

INVESTIGACION

Efecto del CO₂ en la atmósfera de almacenamiento sobre la fisiología de la aceituna de molino

Por J.M^a García Martos

Instituto de la Grasa y sus Derivados (C.S.I.C.). Avda. Padre García Tejero 4. 41012 Sevilla. España.

RESUMEN

Efecto del CO₂ en la atmósfera de almacenamiento sobre la fisiología de la aceituna de molino.

Aceitunas (*Olea europaea*) destinadas a la producción de aceite, se han conservado con refrigeración a 5 °C y en cuatro diferentes atmósferas (%CO₂/%O₂/%N₂: 0/21/78; 5/20/75; 10/19/71 y 20/17/63). A 5 °C el enriquecimiento de la atmósfera de conservación con una concentración igual o superior al 5% de CO₂ provocó un aumento proporcional de la incidencia de desórdenes fisiológicos. Esta incidencia tuvo una relación estrecha con la presencia de podredumbre en el fruto. La simple refrigeración a 5 °C permitió retener durante 60 días el grado de maduración de las aceitunas. Sin embargo, un periodo de almacenamiento más prolongado a 5 °C provocó en los frutos una notable incidencia de lesiones por frío.

PALABRAS -CLAVE: Aceituna - Almacenamiento - Anhídrido carbónico - *Olea europaea* - Refrigeración.

SUMMARY

Effect of CO₂ in storage atmosphere on mill olive fruit physiology.

Olive fruits (*Olea europaea*) used for oil production were stored at 5 °C and four different atmospheres (%CO₂/%O₂/%N₂: 0/21/78; 5/20/75; 10/19/71 and 20/17/63). At 5 °C the enrichment of the storage atmosphere with ≥ 5% CO₂ concentrations produced a proportional increase of the physiological disorder occurring in stored fruits. This occurrence had a strong relationship with the appearance of fruit decay. Simple refrigeration at 5 °C was sufficient to maintain the same degree of ripening of olive fruits for 60 days. However, a longer period of storage at 5 °C originated a remarkable incidence of chilling injuries in the fruits.

KEY-WORDS: Carbon dioxide - *Olea europaea* - Olive - Refrigeration - Storage.

1. INTRODUCCION

La conservación en fresco de la aceituna de molino ha sido un tema escasamente abordado por la literatura científica, debido a que siempre se ha considerado de dudosa rentabilidad (Martínez Moreno, 1975). Sin embargo, el hecho de que cada vez vaya cobrando mayor importancia la calidad del producto frente al coste, hace que se haga más interesante el preservar la calidad fisiológica de la aceituna con vistas a la obtención de un aceite de oliva virgen extra. En Italia el coste de producción del aceite de oliva virgen extra es aproximadamente el doble al de oliva virgen lampante. En España, en cambio, es prácticamente el mismo, ello demuestra que no hay una especial preo-

cupación en la industria española por obtener un aceite de calidad (Olivae, 1991).

Los estudios realizados hasta la fecha han sido básicamente de tipo empírico. Se han ensayado diferentes métodos como sumergir el fruto en salmuera o emplear atmósferas de almacenamiento distintas del aire, para la conservación del fruto intacto o de la pasta resultante de su molienda.

La utilización de salmueras permite conservar adecuadamente el fruto pero confiere al aceite un atributo sensorial peculiar que no es recomendable (Rodríguez de la Borbolla *et al.* 1958).

Entre las diferentes atmósferas de conservación ensayadas fue la que contenía CO₂ la que aportó mejores resultados (Cantarelli 1965, Petruccioli *et al.* 1970 y García Grau 1990). Sin embargo, se echa de menos un estudio sistemático en que se controle la atmósfera de CO₂ empleada y el efecto que produce en el fruto la presencia de concentraciones crecientes de este gas en su atmósfera de conservación.

En general, la técnica más empleada para la conservación de productos agrícolas es la refrigeración. Este sistema se basa en la ralentización que la baja temperatura provoca en los mecanismos enzimáticos responsables de la maduración y la senescencia, asimismo, evita o disminuye la acción patógena de los microorganismos (Kader 1985). Maxie (1964) encontró que 5°C era la temperatura ideal para la conservación de la aceituna de mesa. Por encima de ésta no se detenía con efectividad el avance de la maduración del fruto y con una temperatura más baja se corría el riesgo de la aparición de daños fisiológicos inducidos por frío. Estas lesiones, como describieran en 1964 Woskow y Maxie, comienzan con el pardeamiento de la epidermis de la zona adyacente a la intersección del pedicelo con el fruto, como respuesta al colapso de las células situadas inmediatamente por debajo en la zona externa del mesocarpio. Posteriormente el deterioro se va extendiendo por toda la superficie de la aceituna dándole un aspecto típico de fruto hervido. La aceituna de molino parece mostrarse más sensible al frío que la aceituna de mesa. La utilización de atmósferas modificadas o controladas para la conservación de productos agrícolas va asociada normalmente al empleo de la refrigeración. El CO₂ bloquea el ciclo de Krebs inhibiendo el enzima succínico deshidrogenasa, ello

hace que su uso sea peligroso para la integridad fisiológica del fruto, ya que la acumulación de succínico es tóxica para la célula (Kader, 1985). De tal manera que, aunque haya una gran variabilidad en la tolerancia al CO_2 según la especie o la variedad que se quiera conservar, siempre habrá una concentración de CO_2 que resulte tóxica para cada fruto (Streif 1985).

En el presente trabajo se estudiará el efecto que concentraciones crecientes de CO_2 ejercen sobre los parámetros que definen el estado fisiológico y el grado de maduración de aceitunas de molino almacenadas a 5 °C. Dejando, por razones de espacio, para una segunda comunicación, la descripción del mismo efecto sobre la calidad de los aceites que posteriormente se obtuvieron de estos frutos.

2. PARTE EXPERIMENTAL

2.1. Material biológico

Aceitunas (*Olea europaea* cv. "Picual") destinadas a la producción de aceite, con un grado de maduración correspondiente al viraje de verde a morado, fueron suministradas por la Almazara Experimental del Instituto de la Grasa.

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.

2.3. Evaluación de pérdidas

En el fruto conservado pueden distinguirse dos tipos de deterioro: Los desórdenes fisiológicos que experimenta como consecuencia de una mala adaptación de su propio metabolismo a las condiciones de postrecolección a las que ha sido sometido (fundamentalmente al frío) y la podredumbre producida por la acción parasitaria de los microorganismos. Ambos fueron cuantificados separadamente por quintuplicado en muestras de 20 aceitunas, tomadas aleatoriamente de cada tratamiento. Cada fruto fue analizado individualmente y clasificado como: sano si no exhibía ninguna lesión; dañado si tenía algún desorden fisiológico o lesión mecánica y podrido si presentaba indicios de infección por microorganismos.

2.4. Color

Tomando los frutos al azar se realizaron, con un colorímetro Minolta, 60 determinaciones de color por cada tratamiento, usando la escala de color de los números L^* , a^* y b^* . El descenso en los valores de la expresión $L^*(b^*-a^*)/100$, indica el paso del color verde-amarillento brillan-

te correspondiente al comienzo de la maduración de la aceituna al color rojo-azulado mate del fruto maduro. El color pardo provocado por desórdenes fisiológicos ocupa un lugar intermedio en este proceso.

2.5. Dureza

La determinación de la dureza del fruto, medida como resistencia a la deformación de su piel y expresada en Newtons, fue realizada sobre las mismas aceitunas en las que se determinó el color, utilizando para ello un penetrómetro de bolsillo «Zwick».

2.6. Humedad

La determinación de la humedad del fruto, medida por su pérdida de peso, fue llevada a cabo por triplicado manteniendo muestras de aceitunas de cada tratamiento con un peso inicial de 30 g a 110 °C en una estufa de aire hasta que el peso adquiriera un valor constante (tiempo aproximado 24 horas). Se expresa en %.

2.7. Tratamiento estadístico

Les fue realizado el análisis de varianza a todos los datos. El valor de diferencia significativa mínima (LSD) con un nivel de significación del 5 % para la comparación de medias fue determinado aplicando el test de rango múltiple de Duncan.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

3.1. Desórdenes fisiológicos

La incidencia de daños por frío resultó ser función del contenido en CO_2 de la atmósfera de almacenamiento (Fig. 1). Kader *et al.* (1990) han descrito que aceitunas de la variedad "Manzanillo" se conservaban a 5 °C en atmósfera de aire hasta 12 semanas sin presentar daños debidos a la baja temperatura. En nuestro caso, utilizando las mis-

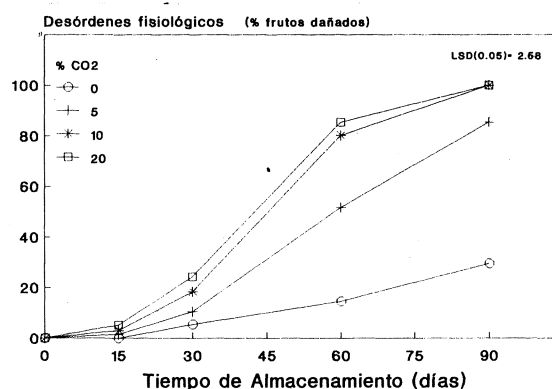


Fig. 1
Evolución de la incidencia de desórdenes fisiológicos (% de frutos dañados) en aceitunas de molino conservadas a 5 °C en atmósferas enriquecidas con concentraciones crecientes de CO_2 .

mas condiciones de temperatura y atmósfera, se obtuvo, ya a los 60 días de almacenamiento, una incidencia en este tipo de lesiones que superó el 10%.

La presencia de CO₂ parece hacer más sensible al fruto a la acción del frío. En la variedad "Manzanillo" Kader *et al.* (1990) encontraron lesiones por frío tras 6 semanas de almacenamiento a 5 °C con atmósferas que contenían concentraciones de CO₂ desde el 5 al 15%. Sin embargo, anteriormente Woskow y Maxie (1964), utilizando otra aceituna de mesa, la variedad "Mission", igualmente a 5 °C no encontraron señales de daños por frío en el fruto almacenado durante 10 semanas en presencia de un 10% de CO₂. En aceituna de molino los desórdenes fisiológicos provocados por la presencia de concentraciones iguales o superiores al 5% de CO₂ a 5 °C en la atmósfera de conservación, se hicieron patentes a partir de los 30 días de almacenamiento, mostrándose más sensible que las aceitunas de mesa a este tipo de tratamiento.

3.2. Pérdidas por podredumbre

A 5 °C la presencia creciente de CO₂ en la atmósfera de almacenamiento coincidió con un aumento en la incidencia de podredumbre entre los frutos (Fig. 2), contrariamente a lo que cabría esperar, dado que el CO₂ tiene un efecto fun-

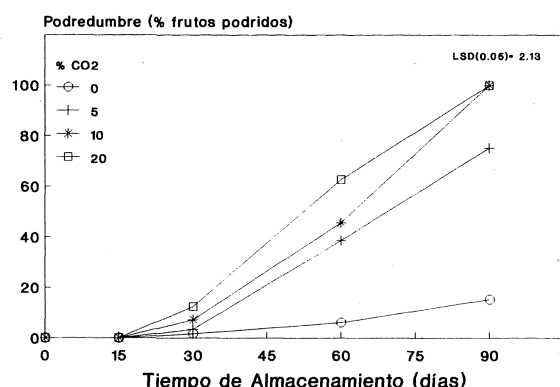


Fig. 2

Evolución de la incidencia de podredumbre (% de frutos podridos) en aceitunas de molino conservadas a 5°C en atmósferas enriquecidas con concentraciones crecientes de CO₂.

goestático que actúa sinérgicamente con el frío (Agar *et al.* 1990).

El parecido entre las Figuras 1 y 2 sugiere que la aparición de desórdenes fisiológicos se vió continuada por una infección fúngica. Estos microorganismos parásitos proliferaron preferentemente en los tratamientos que presentaron mayor cantidad de daños por frío, por consiguiente, en relación directa con la presencia creciente de CO₂ en la atmósfera de conservación.

3.3. Evolución del color de la piel

La evolución del color transcurrió en consonancia con el desarrollo de los desórdenes fisiológicos provocados por el CO₂ a 5 °C (Fig. 3). El pardeamiento sufrido por los frutos

originó los descensos bruscos que se observan en las gráficas y las diferencias entre los tratamientos, correspondiendo la mayor pérdida de color a las aceitunas que se almacenaron en atmósferas con concentraciones superiores de CO₂ (10% y 20%). En un lugar intermedio se encuentran los frutos que se almacenaron con un 5% de CO₂, mientras que las aceitunas conservadas en aire sólo se diferenciaron significativamente de los valores iniciales con posterioridad a los 60 días de almacenamiento, cuando se hizo patente la presencia de desórdenes fisiológicos en estas aceitunas.

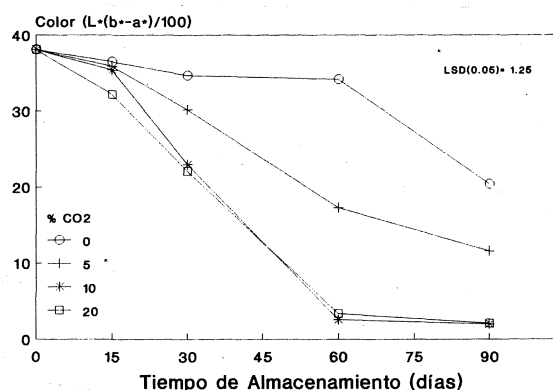


Fig. 3

Evolución del color de aceitunas de molino conservadas a 5°C en atmósferas enriquecidas con concentraciones crecientes de CO₂.

3.4. Evolución de la dureza del fruto

La evolución de la dureza del fruto a lo largo del periodo de conservación con los diferentes tratamientos ensayados se recoge en la Tabla I. Durante los primeros 30 días de almacenamiento no se distinguen diferencias notables entre los tratamientos ensayados; pero a partir de este momento se detecta una clara diferenciación entre las aceitunas que fueron almacenadas en presencia o ausencia de CO₂. Los frutos conservados en atmósfera de aire mantuvieron un lento, pero significativo, descenso de su textura media durante todo el periodo estudiado, perdiendo finalmente sólo un 7.5% de su valor inicial. Por contra, los almacenados con CO₂ sufrieron después de ese punto una aceleración en el descenso de los valores de dureza, perdiéndose al final del proceso un 30% de la textura inicial. Este fenómeno fue provocado por el aumento en la incidencia de desórdenes fisiológicos y podredumbre.

3.4. Evolución de la humedad

En la Tabla II se describe la evolución de la humedad presentada por los frutos. Puede observarse como las diferencias entre los valores iniciales y finales fueron muy exiguas, en el peor de los casos (20% CO₂) no se llega a perder en valores absolutos ni un 3% de humedad. Sin embargo, debe constatar que el tratamiento con 20% de CO₂ presentó a lo largo del proceso una pérdida de agua significativamente mayor al resto. Probablemente, este

hecho fue también consecuencia de las patologías observadas, que tuvieron su expresión máxima en este tratamiento. Por otra parte sólo tras 90 días de almacenamiento se observó una pequeña, pero significativa, diferencia en favor de las aceitunas almacenadas en atmósfera de aire.

Tabla I
Evolución de la dureza (Newtons) de aceitunas almacenadas a 5 °C en atmósferas con diferentes concentraciones de CO₂

Tiempo de almacen. (días)	Dureza (Newtons) % CO ₂			
	0	5	10	20
0	9.3 aA	9.3 aA	9.3 aA	9.3 aA
15	9.1 aB	9.2 aA	9.2 aA	9.1 aB
30	9.0 aB	8.9 aB	9.0 aB	8.9 aC
60	8.8 aC	8.3 bC	8.1 cC	8.3 bD
90	8.6 aD	6.4 bD	6.5 bD	6.5 bE

Cada valor representa la media de 60 determinaciones.

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

Tabla II
Evolución de la humedad presente en aceitunas almacenadas a 5 °C en atmósferas con diferentes concentraciones de CO₂

Tiempo de almacen. (días)	Humedad (%) % CO ₂			
	0	5	10	20
0	66.2 aA	66.2 aA	66.2 aA	66.2 aA
15	65.7 aB	65.8 aB	65.7 aB	65.2 bB
30	65.5 aB	65.5 aC	65.5 aB	65.0 bB
60	65.0 aC	64.8 aD	64.9 aC	64.1 bC
90	65.0 aC	64.4 bE	64.4 bD	63.4 cD

Cada valor representa la media de tres determinaciones.

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

4. CONCLUSIONES

La refrigeración a 5 °C no provoca desórdenes fisiológicos patentes (incidencia mayor al 10%) en la aceituna de molino hasta después de 60 días de almacenamiento.

A 5 °C el enriquecimiento en CO₂ de la atmósfera de conservación con una concentración igual o superior al 5% provoca un aumento de la incidencia de desórdenes fisiológicos, ya sea por toxicidad directa de dicho gas o haciendo aumentar la sensibilidad del fruto a la baja temperatura.

La incidencia de podredumbre guarda relación con la presencia de desórdenes fisiológicos en el fruto.

La refrigeración a 5 °C permitió conservar prácticamente durante 60 días los valores iniciales de color y dureza de los frutos almacenados en atmósfera de aire, reteniendo, por tanto, eficazmente la maduración de los mismos.

BIBLIOGRAFIA

- Agar, T.I., García, J.M., Miedtke, U. y Streif, J., (1990).— «Effects of high CO₂ and low O₂ concentrations on the growth of *Botrytis cinerea* at different temperatures».— *Gartenbauwissenschaft* **55**, 219-222.
- 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.
- Kader, A.A., (1985).— «A summary of CA requirements 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.
- Martínez Moreno, J.M. (1975).— «Introducción». —En: «Manual de Elaiotecnía».— FAO/INIA (Ed.). Editorial Agrícola Española. Córdoba, España, pp. 13-25.
- 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.
- Olivae, (1991).— «Situación y evolución del mercado internacional de aceite de oliva».— *Editorial de economía* **36**, 7-10.
- Petrucchioli, 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.
- Rodríguez de la Borbolla, J.M., Gómez, C., González, F. y Fernández, M.J. (1958).— «Conservación de Aceitunas de Molino».— *Sindicato Nacional del Olivo* (Ed.).— Córdoba. España.
- Streif, J. (1985).— «Qualitätsprobleme bei Apfelflagerung».— *Obstbau* **10**, 177-179.
- Woskow, M. y Maxie, E.C., (1964).— «Cold storage studies with olives». —En: «The 43th Annual Technical Report of the California Olive Association».— Davis (Cal.) USA. pp. 6-8.

(Recibido: Junio 1992)