

ENVASADO EN ATMÓSFERA MODIFICADA DE PIMIENTO DE CARNE GRUESA

V. H. Escalona, E. Aguayo y F. Artés*

RESUMEN

Se ha estudiado la influencia de la composición gaseosa sobre la calidad comercial de pimientos rojos «Lamuyo» y «California» durante 14 y 21 días a 5 y 8 °C en atmósfera controlada (AC) y mediante envasado en atmósfera modificada (EAM). Se determinaron la tasa respiratoria y la emisión de etileno bajo aire y AC (5 kPa O₂ y 5 kPa CO₂) y la composición gaseosa, alteraciones fisiológicas, podredumbres, deformación y atributos sensoriales (apariciencia, sabor y textura) bajo EAM. La actividad respiratoria de los pimientos «Lamuyo» en aire fue de 15 a 22 mg CO₂ kg⁻¹h⁻¹ mientras que en AC fue de 10 a 15 mg CO₂ kg⁻¹h⁻¹ a 8 °C, siendo menor en «California» y reduciéndose con el descenso de la temperatura a 5°C. La emisión de etileno fue inferior a 0,05 µl C₂H₄ kg⁻¹h⁻¹ en todos los casos. El EAM redujo las pérdidas de peso aunque los moderados contenidos en O₂ y CO₂ (8-12 kPa O₂ y 6-9 kPa CO₂) no impidieron un leve desarrollo de podredumbres tras 21 días a 5 °C. La calidad de los frutos conservados bajo EAM fue adecuada para su comercialización y ligeramente superior que en aire. En ningún momento se manifestaron daños por frío sobre los pimientos por lo que los frutos rojos de ambos cultivares pueden beneficiarse de la temperatura de 5 °C.

Palabras clave: actividad respiratoria, emisión de etileno, podredumbres, pérdidas de peso, calidad sensorial.

SUMMARY

The effects of controlled and modified atmosphere (CA and MA) on the commercial quality of «Lamuyo» and «California» cvs red bell peppers during 14 and 21 days at 5 and 8 °C were studied. The respiration rate and ethylene emission under air or CA (5 kPa O₂ and 5 kPa CO₂), as well as changes in gas composition, deformation, physiological disorders, decay and sensorial attributes (appearance, flavour and texture) under MA were evaluated. At 8 °C in air the respiration rate of «Lamuyo» bell peppers was 15 to 22 mg CO₂ kg⁻¹h⁻¹ and under CA 10 to 15 mg CO₂ kg⁻¹h⁻¹. The respiration rate was slightly lower in «California» at 5 °C. In all conditions the ethylene emission was lower than 0.05 µl C₂H₄ kg⁻¹h⁻¹. After 21 days at 5°C under MA (8-12 kPa O₂ y 6-9 kPa CO₂), water loss decreased although moderate levels of O₂ and CO₂ did not avoid a slight decay development. Quality of MA stored bell pepper was suitable for commercial purposes and slightly better than in air. No symptoms of chilling injury developed at any moment and red bell pepper fruits of both cultivars stored at 5°C obtained the beneficial effect of that low temperature.

Key words: respiratory activity, ethylene emission, decay, weight loss, sensorial quality.

1. COMPORTAMIENTO DEL PIMIENTO EN LA POSRECOLECCIÓN

El pimiento de carne gruesa para fresco es un importante cultivo en España con 22.354 ha y 890.999 ton en 1998 (INE, 2003), siendo las principales regiones productoras Almería y Murcia (Maroto, 1995). Se exporta un 30% principalmente a países como Alemania, Francia, Holanda y el Reino Unido (Namesny, 1999).

Durante el almacenamiento frigorífico del pimiento un 40% de las pérdidas son originadas por hongos como *Alternaria alternata*, *Rhizopus stolonifer* y *Botrytis cinerea* y bacterias como *Erwinia carotovora* (Bussel y Kenigsberger, 1975; Artés y Escriche, 1983; Namesny, 1999). Además los pimientos son sensibles a los daños por frío (DF) que suelen aparecer tras 10 a 15 días a temperaturas de almacenamiento inferiores a 7 °C, mientras las temperaturas superiores favorecen la pérdida de agua, la maduración y el crecimiento microbiano (Namesny, 1999). Los pimientos verdes pueden ser conservados a 8 °C durante 2 semanas sin desarrollar DF e incluso cambian de color (Lurie et al., 1994). Tras una semana a 2 °C un 20% de los pimientos «Lamuyo» verdes pre-

sentaron picado sobre la superficie (Serrano et al., 1997). Para retardar este daño se han usado envolturas plásticas (copolímeros) individuales sobre frutos verdes, pero tras 7, 14 y 21 días a 1, 4 y 7 °C no se redujeron los DF sobre el pericarpio y las semillas (Miller y Risse, 1986). En cambio, los pimientos rojos presentan mayor tolerancia a los DF como el picado superficial a 1 °C durante dos semanas (Lin et al., 1993), y los pimientos «Lamuyo» rojos no tuvieron este problema tras 6 semanas a 2 °C (Serrano et al., 1997). Sin embargo no hemos encontrado referencias a este respecto sobre la variedad «California».

La elevada perecibilidad de los pimientos recolectados se debe a su alta tasa de transpiración haciendo que su

* Grupo de Postrecolección y Refrigeración. Departamento de Ingeniería de Alimentos. Universidad Politécnica de Cartagena. Paseo Alfonso XIII, 48. 30203 Cartagena, Murcia, España. Teléfono: 34-968-325510. Fax: 34-968-325433. E-mail: fr.artes@upct.es.

vida comercial no supere las 2 a 4 semanas a 8 °C (Kader, 2002a) a causa del arrugamiento de la piel y del ablandamiento de la pulpa, siendo inaceptable un 5% de pérdidas (Artés y Escriche, 1983). En efecto, la deshidratación acelera la senescencia de los pimientos al reducir el potencial de agua celular, el contenido de pectinas insolubles e incrementar el de pectinas solubles en la pared celular (Lurie et al., 1986). Este problema se reduce cuando los frutos se conservan bajo elevada humedad relativa (HR) o envasados en plásticos con o sin perforaciones (Bussel y Kenigsberger, 1975; Artés y Escriche, 1983; Lurie et al., 1986; Lownds et al., 1993). Una baja respiración y emisión de etileno fue primordial para mantener la calidad de pimientos tipo «California» verdes (Luo y Mikitzel, 1996). Por tanto, las atmósferas controladas (AC) o el envasado en atmósfera modificada (EAM) pueden frenar el marchitamiento y sus efectos asociados, así como las podredumbres de los pimientos recolectados (Artés, 2000).

Bussel y Kenigsberger (1975) seleccionaron una película plástica para generar una atmósfera de 4-8 kPa O₂ y 2-8 kPa CO₂ a 13 °C, y una atmósfera controlada (AC) con bajo O₂ (3-5 kPa) y moderado CO₂ (5 kPa) entre 5 y 10 °C mostró un leve efecto positivo para la conservación del pimiento (Cantwell, 2001). Las atmósferas con 5 a 10 kPa CO₂ aumentaron los DF en pimientos durante 21 días a 5 °C más 5 días a 15°C, pero los niveles de 2 a 5 kPa CO₂ redujeron en cierta medida estos daños (Morris y Kader, 1977, citado por Namesny, 1999).

En pimientos rojos conservados 15 días a 8 °C, las podredumbres disminuyeron cuando la HR aumentó del 85 a 100%. Por otra parte, una AC de 3 kPa O₂ y 3 kPa CO₂ redujo las podredumbres en comparación con frutos almacenados en aire (Polderdijk et al., 1993). El EAM con 5 kPa O₂ y 10 kPa CO₂ redujo las podredumbres en pimiento «Júpiter» conservado 6 semanas a 13 °C (Brackett, 1990). Las películas plásticas, además de proveer de protección contra las pérdidas de agua mantienen una apariencia atractiva del pimiento (Bussel y Kenigsberger, 1975).

Con el fin de prolongar la conservación con buena calidad de pimientos rojos de las variedades más cultivadas en España,

«Lamuyo» y «California», se ha estudiado su comportamiento bajo dos temperaturas de conservación y diferentes composiciones gaseosas en AC y EAM.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Preparación de la materia prima

Los pimientos (*Capsicum annum* L.) tipo Lamuyo cultivar «Herminio» y tipo California cultivar «Orlando» se recolectaron manualmente durante julio en un invernadero en San Cayetano (San Javier, Murcia) y se transportaron el mismo día unos 30 km hasta el laboratorio donde se conservaron a 8 °C. La selección y preparación de la materia prima se realizó al día siguiente en una cámara a 8 °C y 70% HR. Se seleccionaron frutos maduros (95% o más de color rojo) sin defectos ni alteraciones. En «Herminio» los frutos seleccionados tuvieron un peso individual de 213 ± 1,8 g (media ± error estándar) y un diámetro ecuatorial y longitudinal de 8,3 ± 0,18 cm y de 11,8 ± 2,9 cm respectivamente. En el caso de «Orlando» el peso de los frutos fue de 189 ± 9,2 g con un diámetro ecuatorial y longitudinal de 8,6 ± 0,2 cm y de 8,6 ± 0,17 cm respectivamente. A continuación los frutos se limpiaron individualmente con un paño humedecido en una disolución de 100 mg l⁻¹ de NaOCl para eliminar restos de suciedad y posibles microorganismos patógenos.

2.2. Determinación de la tasa respiratoria y de la emisión de etileno en aire y AC

Los pimientos se conservaron 21 días a 5 y 8 °C en el interior de frascos de vidrio de 2,6 l provistos de cierre hermético, dentro de los cuales circulaba una corriente continua de 1-2 l h⁻¹ de aire, mediante un compresor, o una mezcla de 5 kPa O₂ y 5 kPa CO₂ obtenida con un mezclador de gases (Flowboard, Davis, CA, EE.UU.) ambas con un 95% HR, según el método descrito por Artés (1976) y Kader (2002b). Bussel y Kenigsberger (1975), en pimientos verdes utilizaron un flujo de aire de 2,4 l h⁻¹. Las temperaturas y AC se seleccionaron de las recomendaciones de Cantwell (2001). Se emplearon 4 fras-

cos por mezcla gaseosa (con 4-6 frutos por repetición).

Para determinar la tasa respiratoria (mg CO₂ kg⁻¹h⁻¹) y la emisión de etileno (µl C₂H₄ kg⁻¹h⁻¹), se siguió el método estático cerrando los recipientes herméticamente durante 1 a 2 h. Al finalizar este período se tomaron muestras de 0,5 ml del espacio de cabeza y se analizaron en un cromatógrafo de gases (CG) (Shimadzu GC-14, Tokio, Japón) provisto de detector de conductividad térmica (TCD) para determinar el CO₂ acumulado y de 1 ml para el etileno en otro CG (Hewlett Packard 5730A) con un detector de ionización de llama (FID). Una vez realizadas las medidas se restablecía el flujo gaseoso. Las determinaciones fueron periódicas y se prolongaron durante 14 días.

2.3. EAM utilizando bolsas de polipropileno

Para diseñar el envase, se calculó la relación óptima entre cantidad de pimiento, características de la película plástica y dimensiones del envase para generar una mezcla gaseosa óptima durante la conservación. En primer lugar se determinó la tasa respiratoria del pimiento en AC, base sobre la cual se diseñó el envase para el EAM.

Los cálculos para predecir las concentraciones de O₂ y CO₂ en el interior del envase se realizaron siguiendo el modelo planteado por Artés (1976, 1993) y Gariépy et al. (1986). Se asumió un cociente respiratorio (relación entre el CO₂ emitido y el O₂ consumido en la respiración) igual a la unidad. Se aplicó la siguiente fórmula para calcular la concentración de O₂ y CO₂ esperada en el interior del envase.

$$RO_2 \times M = S \times PO_2 \times (0,21 - y) \times 1/24$$

$$y = 0,21 - \frac{RO_2 \times M \times 24}{S \times PO_2} \quad (1)$$

$$RCO_2 \times M = S \times PCO_2 \times z \times 1/24$$

$$z = \frac{RCO_2 \times M \times 24}{S \times PCO_2} \quad (2)$$

En donde:

- R (O₂ o CO₂): tasa respiratoria en O₂ consumido o CO₂ emitido [ml/kg h].

- M: masa de producto alojado en el envase [kg].
- S: superficie total del envase [m²].
- P (O₂ o CO₂): permeabilidad al O₂ o al CO₂ de la película plástica [ml/m² d atm].
- 0,21: expresión decimal de la concentración de O₂ atmosférico.
- y: expresión decimal de la concentración de O₂ en el interior del envase
- z: expresión decimal de la concentración de CO₂ en el interior del envase.
- 1/24: conversión de horas a días [d/h].

La fabricación de las bolsas (25 × 35 cm) se efectuó con un polipropileno orientado (PPO) de 35 μm, con tratamiento antivaho y una permeación a los gases de 2.000-3.000 ml O₂ m⁻² d⁻¹ y de 7.000-8.000 ml CO₂ m⁻² d⁻¹ a 23 °C (Plásticos del Segura, Murcia, España). Las bolsas con tres frutos (600-650 g) en su interior se termosellaron con una selladora (Parker, model IS/300H) para generar una atmósfera modificada pasiva. Siguiendo las expresiones (1) y (2) y considerando una tasa respiratoria de 4-5 ml CO₂ kg⁻¹h⁻¹ a 5 °C obtenidas previamente bajo AC, las concentraciones esperadas en el interior de las bolsas fueron 5-7 kPa O₂ y 5-7 kPa CO₂ que se encuentran en el rango de las recomendadas para la conservación del pimiento (Cantwell, 2001). En la práctica este rango sólo es orientativo, puesto que son numerosos los factores que afectan la concentración final en el interior del envase como el volumen libre inicial, las variaciones de la actividad respiratoria entre frutos, temperatura, falta de uniformidad en el polímero plástico, condensaciones, etc.

En las muestras testigo se emplearon bolsas de PPO con 10 perforaciones de 0,7 mm, para asegurar una atmósfera de aire (≤ 0,5 kPa CO₂ y 21 kPa O₂). La conservación se prolongó 14 y 21 días a 5 °C, seleccionándose esta temperatura por sus beneficios para prolongar la vida útil del pimiento según lo observado previamente bajo AC.

Cada dos días se determinaron las concentraciones de O₂ y CO₂ dentro de las bolsas tomando 0,5 ml e inyectándolos en un CG (Perkin Elmer Autosystem, Connecticut, EE.UU.) provisto de TCD y 1 ml para C₂H₄ en un CG HP 5730A con FID.

Las evaluaciones de los atributos físicos y químicos de calidad se realizaron una vez finalizado cada periodo de conservación mediante los siguientes análisis.

Resistencia a la compresión (RC): Como indicador de la turgencia se determinó la deformación sobre la zona del hombro aplicada longitudinalmente al fruto mediante una prensa Lloyd (LR10K Fareham, Hants, Reino Unido) con un plato y una fuerza máxima equivalente a una deformación de 5 mm y una velocidad de 100 mm min⁻¹.

Atributos químicos: Los frutos se trituraron con una licuadora (Moulinex, Barcelona, España) y en el zumo obtenido se analizaron los sólidos solubles totales (SST), pH y acidez titulable (AT). Los SST se determinaron con un refractómetro (Atago N1, Tokio, Japón) a 20 °C y se expresaron en °Brix y el pH utilizando un pH-metro (Crison 501, Barcelona, España). La AT se expresó como g de ácido cítrico/100 ml por valoración de 10 ml de zumo con NaOH 0,1N a pH 8,1 (AOAC, 1984).

Pérdidas de peso, alteraciones fisiológicas y podredumbres: Las pérdidas de peso se determinaron con una balanza (Mettler PC 4400, Suiza) de 0,1 g de precisión y se expresaron en porcentaje respecto al peso fresco inicial. Además, se determinaron las podredumbres y alteraciones mediante una escala de 5 puntos en donde 1 correspondió a sano; 2, leve (< 10% de la superficie); 3, moderado (10-25%); 4, severo (> 25-50%) y 5, extremo (> 50%). Los pimientos con valores iguales o superiores a 3 se consideraron no comercializables.

Atributos sensoriales: La apariencia y la textura fueron evaluadas por un panel entrenado formado por 5 personas, al inicio y una vez finalizada la conservación con una escala de 9 puntos en donde 1, correspondió a extremadamente mal o, en el caso de la textura, muy blanda; 3, levemente mal o textura blanda; 5, aceptable o moderada textura; 7, bueno y 9; excelente. Los valores inferiores a 5 se consideraron no aptos para comercializar el producto. Esta escala reflejó, en el sabor, la intensidad del atributo siendo el valor 1, ausencia

de sabor; 3, baja intensidad; 5, moderado; 7, alto y 9, intenso (adaptadas de Kader et al., 1973; Lipton, 1980).

Análisis estadístico: Se utilizó un análisis de la varianza simple (p ≤ 0,05) con 5 repeticiones por tratamiento, siendo un envase la repetición. Cuando existieron diferencias significativas entre tratamientos éstas se sometieron a una prueba de rango múltiple de mínimas diferencias significativas (LSD).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Evolución de la tasa respiratoria y de la emisión de etileno

La actividad respiratoria en «Herminio» a 8 °C fue no climatérica y superior en aire (15-22 mg CO₂ kg⁻¹h⁻¹) que en AC (10-15 mg CO₂ kg⁻¹h⁻¹). Un comportamiento similar se obtuvo a 5 °C con valores menores bajo AC (7-11 mg CO₂ kg⁻¹h⁻¹). Al reducirse la temperatura de 8 a 5 °C disminuyó la respiración un 15-20%. Al término de la experiencia aumentó la respiración en aire debido probablemente al inicio de podredumbres (figura 1).

La actividad respiratoria de los pimientos «Orlando» fue también no climatérica y ligeramente inferior que la de los «Herminio». A 8 °C, los «Orlando» conservados en aire registraron 14-20 mg CO₂ kg⁻¹h⁻¹ en comparación con los 7-10 mg CO₂ kg⁻¹h⁻¹ bajo AC. Al descender la temperatura a 5 °C la respiración disminuyó un 45% empleando AC (figura 2). El principal efecto de la AC sobre la calidad de los pimientos fue la disminución de la actividad metabólica que permitiría preservar su calidad con una temperatura mayor durante la cadena de frío en la distribución y venta.

Nuestros datos se encuentran en el orden de magnitud de los obtenidos por Lurie et al. (1986) en pimientos «Maor» verdes y rojos con una actividad respiratoria de 15 a 26 mg CO₂ kg⁻¹ h⁻¹ a 17 °C. Según Bussel y Kenigsberger (1975), los pimientos verdes durante 10 días a 25 °C mostraron un comportamiento respiratorio no climatérico que declinó gradualmente de 35 a 10 mg CO₂ kg⁻¹h⁻¹, con un incremento de la respiración en frutos con podredumbres. En pimientos verdes variedad «Júpiter»

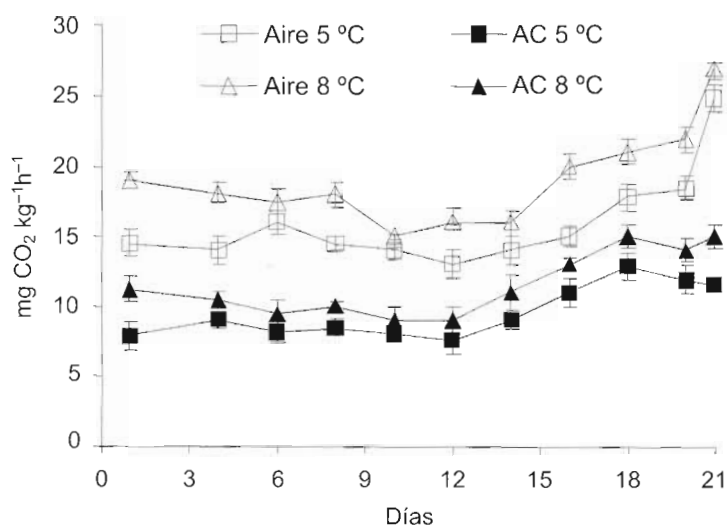


Fig. 1. Tasa respiratoria de pimientos «Herminio» conservados en aire y atmósfera controlada (AC) durante 21 días a 5 y 8 °C. Los valores corresponden a la media ($n=4$) \pm error estándar.

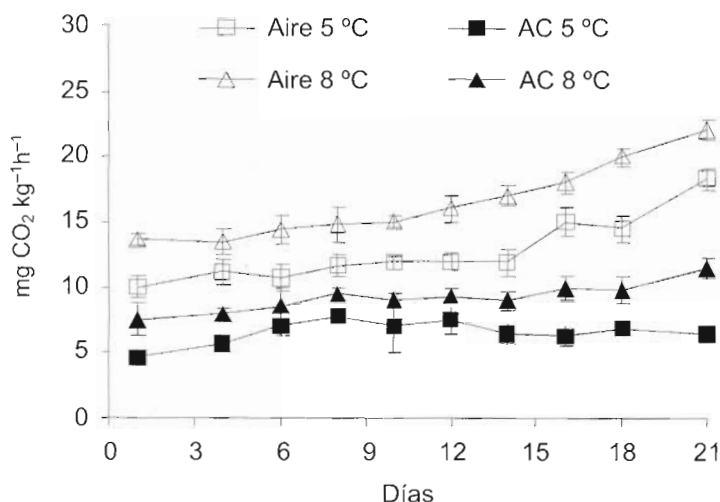


Fig. 2. Tasa respiratoria en pimientos «Orlando» conservados en aire y atmósfera controlada (AC) durante 21 días a 5 y 8 °C. Los valores corresponden a la media ($n=4$) \pm error estándar.

almacenados 1 día a 20 °C a 1,5, 5, 10 kPa O₂ y aire se observó el efecto residual de las atmósferas de bajo O₂ (1,5-5 kPa), al disminuir la respiración de los frutos al ser transferidos a aire durante 24 h, aunque con 10 kPa no hubo efecto (Rahman et al., 1993).

La emisión de etileno en ambos cultivares fue menor de 0,05 μ l C₂H₄ kg⁻¹h⁻¹ tanto en aire como en AC a 5 y 8 °C, confirmando lo observado por Lurie et al. (1986), menor a 0,05 μ l C₂H₄ kg⁻¹h⁻¹ a 17 °C pero que aumentó durante la senescencia, y fue más alta en frutos rojos que verdes. Según Lin et al. (1993), este incremento afecta a los pimientos cosechados según su madurez

cuando la conservación se prolonga de 1 a 2 semanas a 1 °C estando acompañado además por una mayor producción de CO₂. Durante este periodo, los frutos maduros y rojos «Visión» y «Doria» no manifestaron DF pero sí una estimulación de 6,5 veces en la emisión de C₂H₄ y de 1,4 veces en la producción de CO₂.

3.2. EAM en bolsas de polipropileno

Composición gaseosa: En las bolsas de OPP con pimientos «Herminio» entre los días 9 y 14 se alcanzaron 8-9 kPa O₂ y 8-8,5 kPa CO₂, mientras con

«Orlando» se registraron 11-12 kPa O₂ y 6,5-7 kPa CO₂ (figura 3). Estas diferencias de la composición gaseosa se deben a la mayor intensidad respiratoria y peso de los frutos «Herminio». Después de 21 días a 5 °C no se obtuvo un equilibrio definitivo de la atmósfera por el comienzo de podredumbres que incrementó el consumo de O₂ y la emisión de CO₂. La concentración de C₂H₄ fue inferior a 0,2 μ l l⁻¹ en ambos tratamientos.

Resistencia a la compresión: La RC registró valores de 26-27 N en «Herminio» sin diferencias significativas entre aire y EAM tras 14 y 21 días a 5 °C (tabla 1). Estas mínimas diferencias se atribuyen a la elevada HR en el interior de las bolsas, incluso en el testigo. Según Lurie et al. (1986) existe una alta correlación entre pérdidas de peso y comienzo de la senescencia en pimientos verdes y rojos. Esta alta HR puede condensar sobre los pimientos debido a pequeños cambios de temperatura y ocasionar un aumento de las podredumbres (Rodov et al., 1995).

En frutos «Orlando», los valores iniciales de 27,8 N se mantuvieron tras 14 días en ambos tratamientos. Al término de la conservación los pimientos mostraron menor resistencia bajo aire y AC (tabla 2). En pimientos «Mazurka» rojos tras 15 días a 8 °C, las pérdidas de peso y el ablandamiento aumentaron al disminuir la HR de 100 a 85%, sin diferencias entre una AC de 3 kPa O₂ y 3 kPa CO₂ y aire (Polderdijk et al., 1993).

Atributos químicos: En «Herminio» los SST fueron de 7-7,3 °B tras 14 días a 5 °C bajo aire y EAM (tabla 1). Tras 21 días este parámetro disminuyó significativamente a 6,1-6,3 °B en ambos tratamientos, muy probablemente por su consumo en la respiración.

En este mismo periodo, la reducción significativa de la acidez en los pimientos EAM desde 2,3 a 1,7% fue inesperada puesto que en este tratamiento el consumo energético sería menor que en aire tal como se observó al estudiar la respiración en la figura 1. Este resultado provocó el aumento significativo del pH en EAM.

Después de 21 días, los frutos «Orlando» almacenados en aire y EAM mantuvieron los SST en 6,6-7° Brix y

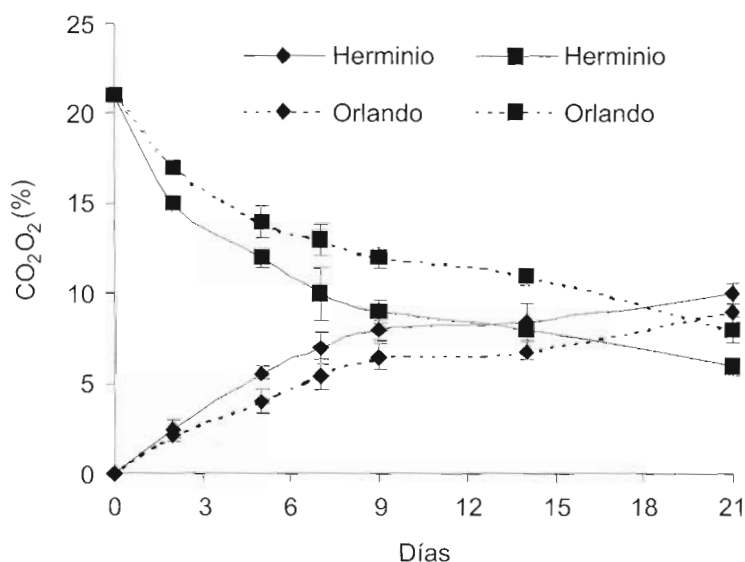


Fig. 3. Composición gaseosa en el interior de bolsas con pimientos «Herminio» y «Orlando» durante 21 días a 5 °C (■: O₂, ◆: CO₂). Los valores corresponden a la media (n = 5) ± error estándar.

TABLA 1
Resistencia a la compresión (RC), sólidos solubles totales (SST), pH y acidez titulable (AT) en pimientos «Herminio» bajo aire y atmósfera modificada (AM) al inicio y después de 14 y 21 días a 5 °C

Tratamientos	RC (N)	SST (°Brix)	pH	AT (g ác. cít/100 ml)
Inicial	25,8 ± 1,3 a ^z	7,3 ± 0,2 a	5,1 ± 0,1 c	2,3 ± 0,1 a
14 d				
Aire ^y	26,8 ± 1,5 a	7,1 ± 0,3 ab	5,2 ± 0,1 b	2,1 ± 0,1 a
AM	26,4 ± 1,5 a	7,0 ± 0,3 ab	5,5 ± 0,1 a	1,7 ± 0,1 b
21 d				
Aire	26,5 ± 1,7 a	6,3 ± 0,3 bc	5,3 ± 0,1 b	1,7 ± 0,1 b
AM	27,0 ± 1,7 a	6,1 ± 0,3 c	5,5 ± 0,1 a	1,5 ± 0,1 c

^z Las letras comparan en cada columna los valores al inicio y término de cada periodo de conservación. Letras distintas indican diferencias significativas (p ≤ 0,05) según la prueba LSD. Los valores corresponden a la media (n = 5) ± error estándar.

^y Para la identificación de los tratamientos ver la sección de materiales y métodos.

el pH en 4,9-5,3 (tabla 2). En EAM, la acidez inicial del 2,2% descendió después de 14 días hasta el 1,8%. Este descenso coincide con el observado en «Herminio». Sin embargo, en aire no se registraron variaciones de este parámetro a lo largo de la conservación.

Pérdidas de peso, alteraciones fisiológicas y podredumbres: Las pérdidas de peso en ambos cultivares fueron inferiores al 0,1% al término de cada periodo de conservación tanto en aire como en EAM, sin síntomas de deshidratación. Según Bussel y Kenigsberger (1975), los primeros signos de arrugamiento en pimientos ocurren a partir del 5% de pérdidas de peso, reduciéndose

este deterioro al descender la temperatura de 12 a 7 °C. Estos autores destacan como principal beneficio del empleo de envases de polietileno (14-18 kPa O₂ y 1,5-3 kPa CO₂) la disminución de las pérdidas de peso, sin encontrarse diferencias entre 7, 12 y 25 °C.

Tanto en «Herminio» como en «Orlando» no se observaron DF registrándose un desarrollo de podredumbres de intensidad leve siendo el número de frutos afectados algo inferior en EAM, aunque ambos tratamientos pudieron ser comercializados (tabla 3). A partir del noveno día de conservación, el equilibrio gaseoso con moderado O₂ no retardó el desarrollo de los microorganismos. Los géneros causantes de este deterioro fueron *Alternaria*, *Botrytis*, *Rhizopus* y *Erwinia*.

Según Serrano et al. (1997), los pimientos «Lamuyo» rojos son más resistentes que los verdes a DF, como el picado superficial, tras 6 semanas a 2 °C. Estos pimientos verdes mantenidos bajo 16,1 kPa O₂ y 4,5 kPa CO₂ tuvieron menos del 10% de picado, mientras que con 18,5 kPa O₂ y 0,2 kPa CO₂ fueron del 40% y en aire el 60% de picado. Por tanto la leve reducción en la concentración de O₂ y el incremento de CO₂ frenaron este desorden.

Rodov et al. (1995) señalaron que la modificación de la atmósfera tuvo un mínimo o negativo efecto sobre el control de las podredumbres de pimientos «Maor» rojos tras 2-3 semanas a 8 °C. Dichos investigadores emplearon polietileno de baja densidad con diferentes espesores obteniendo 18-19 kPa O₂ y

TABLA 2
Resistencia a la compresión (RC), sólidos solubles totales (SST), pH y acidez titulable (AT) en pimientos «Orlando» bajo aire y atmósfera modificada (AM) al inicio y después de 14 y 21 días a 5 °C

Tratamientos	RC (N)	SST (°Brix)	pH	AT (g ác. cít/100 ml)
Inicial	27,8 ± 1,6 a ^z	6,8 ± 0,2 a	4,9 ± 0,0 a	2,2 ± 0,1 a
14 d				
Aire ^y	30,4 ± 1,7 a	7,0 ± 0,2 a	5,0 ± 0,0 a	2,1 ± 0,1 a
AM	27,7 ± 1,7 b	6,9 ± 0,2 a	5,1 ± 0,0 a	1,8 ± 0,2 b
21 d				
Aire	25,7 ± 1,7 b	7,0 ± 0,2 a	5,1 ± 0,0 a	2,1 ± 0,1 a
AM	24,5 ± 1,7 b	6,6 ± 0,2 a	5,3 ± 0,0 a	1,7 ± 0,2 b

^z Las letras comparan en cada columna los valores al inicio y término de la conservación. Letras distintas indican diferencias significativas (p ≤ 0,05) según la prueba de LSD. Los valores corresponden a la media (n = 5) ± error estándar.

^y Para la identificación de los tratamientos ver la sección de materiales y métodos.

TABLA 3
Desarrollo de podredumbres (intensidad y porcentaje en número de frutos) sobre pimientos «Herminio» y «Orlando» bajo aire y atmósfera modificada (AM) después de 14 y 21 días a 5 °C

Días a 5 °C	Intensidad	«Herminio»		«Orlando»	
		Aire ^y	AM	Aire	AM
14	2 (leve)	20	15	17	15
21	2 (leve)	25	20	25	19

Los valores corresponden a medias (n = 5).

^y Para la identificación de los tratamientos ver la sección de materiales y métodos.

1,5-2 kPa CO₂ con 20 mm, 10-13 kPa O₂ y 4-5 kPa CO₂ con 40 mm y 5-6 kPa O₂ y 8-10 kPa CO₂ con 80 mm. Bajo este último tratamiento se logró una ligera disminución de las podredumbres, aunque estos autores en otras experiencias no publicadas encontraron un incremento del problema durante la comercialización de los frutos atribuible a la elevada concentración de CO₂. Según Bussel y Kenigsberger (1975), las condensaciones que ocurren en el interior de los envases generan condiciones óptimas para el desarrollo de podredumbres.

Atributos sensoriales: En pimientos «Herminio» se obtuvo una apariencia similar a la inicial tras 21 días a 5 °C bajo EAM, aunque en los testigos la puntuación fue menor pero superior al límite aceptable (tabla 4). En este mismo periodo se obtuvo una leve pérdida de sabor desde un valor inicial de 7,3 hasta 6,2 en EAM, mientras en el testigo descendió hasta 5,0. No se observaron diferencias de textura entre tratamientos, disminuyendo desde 8,0 (inicial) hasta 6,2-6,5 finalizada la experiencia. Tras 21 días a 5 °C, ambos tratamientos superaron los límites mínimos de comercialización, pero la mejor calidad se obtuvo en frutos EAM.

Nuestros resultados concuerdan con los de Ben-Yehoshua et al. (1983), en que tras 4 semanas a 8 y 17 °C, los pimientos verdes «Maor» envasados individualmente en un polietileno de alta densidad presentaron poco ablandamiento y mínimos cambios en el contenido de pectinas de la pared celular, atribuido a la atmósfera saturada en agua presente alrededor de los frutos

La buena apariencia inicial de los pimientos «Orlando» (7,7) se mantuvo hasta 14 días en ambos tratamientos (tabla 5). Sin embargo, tras 21 días este

atributo empeoró, en especial bajo aire (5,3) aunque en el mínimo aceptable. La textura y el sabor mantuvieron una puntuación cercana a 7,0 sin diferencias significativas entre tratamientos.

4. CONCLUSIONES

La menor tasa respiratoria de los pimientos conservados bajo 5 kPa O₂ y 5 kPa CO₂ que en aire fue más notable a mayor temperatura, por lo que la aplica-

ción de esta AC resultaría beneficiosa a temperaturas de almacenamiento algo elevadas (8-10 °C) ya que mantendría una respiración semejante a la de 5 °C en aire.

Una conservación a 5 °C con elevada HR prolongó la vida comercial de los pimientos sin DF, por tanto los pimientos rojos de ambas variedades pueden ser almacenados a esta temperatura.

La atmósfera 8-12 kPa O₂ y 6-9 kPa CO₂ bajo EAM no provocó daños fisiológicos a los pimientos y favoreció su conservación al mantener una elevada HR, reduciendo las pérdidas de peso.

Las podredumbres fueron el principal problema que limitó la vida útil de los frutos. Para retardarlas sería conveniente realizar una modificación activa de la atmósfera y estudiar concentraciones de CO₂ más elevadas.

5. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Société Cooperative Agricole GPLM de Francia

TABLA 4
Atributos sensoriales en pimientos «Herminio» bajo aire y atmósfera modificada (AM) al inicio y después de 14 y 21 días a 5 °C

Tratamientos	Apariencia	Sabor	Textura
Inicial	7,5 ± 0,2 a ^z	7,3 ± 0,4 a	8,0 ± 0,2 a
14 d			
Aire ^y	7,0 ± 0,3 ab	7,0 ± 0,5 a	8,0 ± 0,3 a
AM	7,3 ± 0,3 ab	7,2 ± 0,5 a	7,8 ± 0,3 a
21 d			
Aire	5,7 ± 0,3 c	5,0 ± 0,4 c	6,2 ± 0,2 b
AM	7,0 ± 0,3 ab	6,2 ± 0,4 b	6,5 ± 0,2 b

^z Las letras comparan en cada columna los valores al inicio y término de cada periodo de conservación. Letras distintas indican diferencias significativas (p ≤ 0,05) según la prueba LSD. Los valores corresponden a la media (n = 5) ± error estándar.

^y Para la identificación de los tratamientos ver la sección de materiales y métodos.

TABLA 5
Atributos sensoriales en pimientos «Orlando» bajo aire y atmósfera modificada (AM) al inicio y después de 14 y 21 días a 5 °C

Tratamientos	Apariencia	Sabor	Textura
Inicial	7,7 ± 0,3 a ^z	7,3 ± 0,4 a	7,7 ± 0,4 a
14 d			
Aire ^y	7,0 ± 0,3 ab	6,5 ± 0,4 b	7,3 ± 0,4 a
AM	7,2 ± 0,3 ab	7,0 ± 0,4 ab	7,3 ± 0,4 a
21 d			
Aire	5,3 ± 0,3 c	6,4 ± 0,4 b	7,3 ± 0,4 a
AM	6,3 ± 0,3 b	7,0 ± 0,4 ab	7,3 ± 0,4 a

^z Las letras comparan en cada columna los valores al inicio y término de cada periodo de conservación. Letras distintas indican diferencias significativas (p ≤ 0,05) según el test LSD. Los valores corresponden a la media (n = 5) ± error estándar.

^y Para la identificación de los tratamientos ver la sección de materiales y métodos.

la financiación a través de un Contrato de Investigación, y al Proyecto CYTED XI-14 por financiar parcialmente la estancia de V.H. Escalona. Se agradece a SAT San Cayetano la aportación de los frutos y al CEBAS-CSIC el uso de algunas instalaciones.

6. BIBLIOGRAFÍA

- AOAC (1984). Official Methods of analysis. Association of Official Agricultural Chemists. Virginia, EE.UU., pp. 414-420.
- Artés, F. (1976). Estudio y aplicación de membranas de polímeros para generar y estabilizar atmósferas modificadas. Ed. CEBAS, Murcia, 294 p.
- Artés, F. (1993). Diseño y cálculo de polímeros sintéticos de interés para la conservación hortofrutícola en atmósfera modificada. En: *Nuevo Curso de Ingeniería del Frío*. Ed. Colegio Oficial de Ingenieros Agrónomos. Madrid, A. (ed.), Madrid, pp. 427-453.
- Artés, F. (2000). Conservación de productos vegetales en atmósfera modificada. En: Lamúa, M. (ed.), *Aplicación del frío a los alimentos*. Mundi-Prensa. Madrid, pp. 105-125.
- Artés, F. y Escriche, A. (1983). Physiological aspects on the maturation and ripening of «Lamuyo» pepper. *Acta Horticulturae* 138: 313-319.
- Ben-Yehoshua, S., Shapiro, B., Even Chen, Z. y Lurie, S. (1983). Mode of action of plastic film in extending life of lemon and bell pepper fruits by alleviation of water stress. *Plant Physiol.* 73:87-93.
- Brackett, R.E. (1990). Influence of modified atmosphere packaging on the microflora and quality of fresh bell pepper. *J. Food Protect* 53: 255-257.
- Bussel, J., Kenigsbergers, Z. (1975). Packing green bell pepper selected permeability films. *J. Food Sci.* 40: 1300-1303.
- Cantwell, M. (2001). Bell pepper: Recommendations for maintaining postharvest quality. <http://postharvest.ucdavis.edu>.
- Gariépy, Y., Raghavan, G. S. V. y Thériault, R. (1986). Controlled atmosphere storage of celery with the silicone membrane system. *Int. J. Refrig.* 9: 234-239.
- INE (2003). Producción agrícola. Base de datos INEbase. Instituto Nacional de Estadísticas. <http://www.ine.es/inebase>
- Kader, A. A., Lipton, W. J. y Morris, L. L. (1973). Systems for scoring quality of harvested lettuce. *HortScience* 8: 408-409.
- Kader, A. A. (2002a). Postharvest biology and technology: an overview. En: Kader, A. A. (ed.). *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. 3.^a ed. University of California. EE.UU., pp. 39-47.
- Kader, A. A. (2002b). Methods of gas mixing, sampling, and analysis. En: Kader, A. A. (ed.). *Postharvest Technology of Horticultural Crops*. 3.^a ed. University of California. EE.UU., pp. 145-148.
- Lin, W. C., Hall, J. W. y Saltveit, M. E. (1993). Ripening stage affects the chilling sensitive of greenhouse-grown pepper. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 118: 791-795.
- Lipton, W. J. (1980). Interpretation of quality evaluations of horticultural crops. *HortScience* 15: 20-22.
- Lownds, N. K., Banaras, M. y Bosland, P. W. (1993). Relationships between postharvest water loss and physical properties of pepper fruit (*Capsicum annum* L.). *HortScience* 28: 1182-1184.
- Luo, Y. y Mitzel, L. (1996). Extension of postharvest life of bell pepper with low oxygen. *J. Sci. Food Agric.* 70: 115-119.
- Lurie, S., Shapiro, B. y Ben-Yehoshua, S. (1986). Effects of water stress and degree of ripeness on rate of senescence of harvested bell pepper fruit. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 111: 880-885.
- Lurie, S., Ronen, R. y Meier, S. (1994). Determining chilling injury induction in green peppers using nondestructive pulse amplitude modulated (PAM) fluorometry. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 119: 59-62.
- Maroto, J. V. (1995). Pimiento. En: Maroto, J. V. (ed.), *Horticultura Herbácea Especial*. Mundi-Prensa, Madrid España, pp. 400-419.
- Miller, W. R. y Risse, L. A. (1986). Film wrapping to alleviate chilling injury of bell pepper during cold storage. *Hort Science* 21: 467-468.
- Namesny, A. (1999). Pimiento. En: Namesny, A. (ed.), *Postrecolección de Hortalizas* (Hortalizas de fruto). Vol. 3, Ediciones de Horticultura. Barcelona, España, pp. 197-219.
- Polderdijk, J. J., Boerrigter, H. A. M., Wilkinson, E. C., Meijer, J. G. y Janssens, M. F. M. (1993). The effects of controlled atmosphere storage at varying levels of relative humidity on weight loss, softening and decay of red bell peppers. *Scientia Horticulturae* 55: 315-321.
- Rahman, A., Huber, D. y Brecht, J. (1993). Respiratory activity and mitochondrial oxidative capacity of bell pepper fruit following storage under low-oxygen atmosphere. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 118: 470-475.
- Rodov, V., Ben-Yehoshua, S., Fierman, T. y Fang, D. (1995). Modified-humidity packaging reduces decay of harvested red bell pepper fruit. *HortScience* 30: 299-302.
- Serrano, M., Martínez-Madrid, M. C., Pretel, M. T., Riquelme, F. y Romojaro, F. (1997). Modified atmosphere packaging minimizes increases in putrescine and abscisic acid levels caused by chilling injury in pepper fruits. *J. Agric. Food Chem.* 45:

La formación del Consumidor

EL CONSUMO DE ALCOHOL A TRAVÉS DE DISTINTAS BEBIDAS ALCOHÓLICAS

Pedidos: EYPASA.

Precio: 1,20 euros + 4% IVA y gastos de envío.