

## **5. AVANCES EN LA INVESTIGACIÓN SOBRE EL ENVASADO DE PRODUCTOS CÁRNICOS EN ATMÓSFERAS MODIFICADAS**

---

*Ana Isabel Andrés Nieto  
Juan Ignacio Gutiérrez Cabanillas  
Vita Parra Testal*

### **1. INTRODUCCIÓN**

Las formas de comercialización de la carne y los productos cárnicos en Extremadura apenas han evolucionado en las últimas décadas, ya que las ventas dominantes continúan siendo en forma de piezas (canales, medias canales, perniles...). Sin embargo, es innegable el hecho de que en los últimos años la población española ha sufrido transformaciones sociodemográficas que han propiciado el cambio en los hábitos de consumo y la proliferación de cadenas de “gran distribución” con su oferta de venta en libre servicio. Es ahora cuando el sector cárnico está experimentando una profunda transformación que afecta a una parte significativa de su producción. Estos cambios han causado una adaptación notable en la venta de carne de cordero y jamón loncheado; los productores buscan responder a una demanda creciente de productos de superior calidad y de mayor valor añadido. Por otra parte, las industrias de la carne de ovino consideran necesario ampliar su gama de productos en el mercado, aumentando por ejemplo la oferta de los productos del despiece de las canales de ovino (el número de salas de despiece de ovino, que en 1999 no superaba el 10% de las salas de despiece totales, está sufriendo un marcado incremento (MAPA, 2001). A todo esto hay que añadir el carácter exportador de carne de ovino, que desde el año 1996 sitúa a España entre los primeros proveedores de carne de ovino de nuestros socios comunitarios (en el

---

## LA AGRICULTURA Y LA GANADERÍA EXTREMEÑAS EN 2007

---

periodo 1997-2002 las exportaciones han aumentado casi un 30%) (MAPA, 2001), lo que hace aún más conveniente, si cabe, la aplicación de sistemas nuevos de conservación de carnes con una óptima calidad, como es el *envasado en atmósferas modificadas o protegidas* (EAM o EAP). En lo que al jamón curado respecta, en el ámbito de una familia española con poder adquisitivo medio, el hecho de comprar una pieza entera (ya sea paleta o jamón) y tener que manipularla en casa para poderla comer resulta cada vez más improbable. Por tanto, resulta muy interesante la presentación de pequeñas cantidades de este producto totalmente preparado para comer, pero sin perder ninguna de las propiedades que lo hacen tan diferente de cara al consumidor. De hecho, los últimos estudios sobre preferencias de consumidores para el caso de jamón curado señalan que el 40% de los mismos consideran que el tipo de envasado de este producto influye de forma bastante importante en la decisión de compra (Resano y col., 2006). Además, el envasado del jamón ibérico supone un importante y necesario aliado de la empresa para la exportación de este producto, ya que en los últimos años el comercio internacional de jamones y productos curados ha experimentado un sensible desarrollo. Según datos del Consorcio Real Ibérico, las exportaciones de ibérico estarían en torno al 5% del total de los jamones exportados en volumen (unas 750 toneladas, aproximadamente 75.000 piezas en 2005).

Por ello, y entre otras razones, el envasado en atmósferas modificadas de productos cárnicos extremeños supone un importante y necesario aliado de las empresas para la comercialización de sus productos.

El envasado en atmósfera protectora o modificada es un sistema que, combinado con las bajas temperaturas de refrigeración, se ajusta mejor a las demandas de los consumidores y tendencias de mercado actuales a las que se ha hecho mención anteriormente. En general el EAP está bastante extendido como método de conservación de la carne fresca refrigerada, representando un 30% de la totalidad de productos vendidos en España (Cofrades y Carballo, 2001) y se espera que en un futuro próximo este porcentaje ascienda a un 50%. El EAP del jamón ibérico no se ha comercializado hasta la fecha según la información de la que disponemos. No obstante, es de esperar que esta forma de presentación y conservación llegue a ser de gran importancia, como así ha sido en otros tipos de jamón curado o incluso otros productos cárnicos curados como chorizo o salchichón. De hecho, en algunos países (Italia, Francia o Alemania), es la forma más importante de comercializar lonchas de jamón ya que confiere una presentación natural, reduciendo su adhesión y el aspecto encerado que adquieren en el envasado al vacío (Arnau, 2006). Sobre las ventajas del envasado en atmósferas modificadas ya se hizo mención en el informe 2006 de esta publicación (Crespo y col., 2006)<sup>1</sup>.

No obstante, el envasado en atmósferas modificadas también plantea una serie de inconvenientes, todos ellos de tipo económico, como la necesidad de ajuste de la com-

<sup>1</sup> La agricultura y la ganadería extremeñas en 2006. Capítulo 5

---

## AVANCES EN LA INVESTIGACIÓN SOBRE EL ENVASADO...

---

posición y cantidad de gases a la materia prima a envasar, la necesidad de inversión en equipos y gases, además de extremar las condiciones higiénicas, lo cual supone un incremento del gasto. Además, al igual que los sistemas tradicionales de comercialización, es necesario el mantenimiento de la "cadena de frío".

Por último, el envasado en atmósferas modificadas de la carne y productos cárnicos se enfrenta al desconocimiento del público acerca de este sistema de conservación, qué es y los beneficios que reporta. Este inconveniente sería, sin embargo, fácilmente subsanable mediante una campaña de información dirigida a los consumidores habituales y potenciales.

### **2. GASES UTILIZADOS EN EL ENVASADO EN ATMÓSFERAS MODIFICADAS**

El envasado en atmósfera protectora consiste en la sustitución de la atmósfera que rodea al producto, aire (78,09% N<sub>2</sub>; 20,95% O<sub>2</sub>; 0,93% Ar; 0,03% CO<sub>2</sub>), por una mezcla de gases que garantice la calidad del producto y consiga alargar su vida útil.

Los gases utilizados para el envasado en atmósfera modificada de la carne fresca son fundamentalmente el oxígeno, el dióxido de carbono y el nitrógeno:

#### **Oxígeno (O<sub>2</sub>)**

La carne fresca se envasa frecuentemente en atmósferas ricas en oxígeno con el fin de estabilizar el color rojo brillante que proporciona la oximioglobina, y que los consumidores encuentran más atractivo y consideran indicativo de calidad. Sin embargo, el oxígeno interviene en otras reacciones químicas como la oxidación de la grasa, por lo que se deben tener ciertas precauciones en su uso y optimizar su proporción en envases con alta proporción de grasa como es el caso del cordero. De igual manera, el contenido en oxígeno debe optimizarse para evitar favorecer el crecimiento de bacterias aerobias alterantes. En el caso de los productos cárnicos curados como el jamón, la proporción de oxígeno residual debe ser el mínimo posible, ya que causa la oxidación del pigmento y la formación de colores marrones que alteran la calidad del producto. Concentraciones de oxígeno, tan bajas como 5% de oxígeno residual, son suficientes para que existan estas reacciones que afectan a la calidad del producto, tanto a la estabilidad oxidativa como al color del jamón (Andrés y col., 2005).

#### **Dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>)**

Posee un efecto bacteriostático e inhibe el crecimiento de microorganismos aerobios, dentro de los que se incluyen los que causan putrefacción de la carne. Por esta razón, la concentración de CO<sub>2</sub> en el envase está directamente relacionada con el tiempo de conservación de los productos envasados. La acción inhibitoria del CO<sub>2</sub> sobre el

## LA AGRICULTURA Y LA GANADERÍA EXTREMEÑAS EN 2007

---

crecimiento de los microorganismos se debe, por una parte, a la disminución del pH que se produce como consecuencia de la combinación del CO<sub>2</sub> con el agua y, por otra a su acción sobre el sistema enzimático de las bacterias, causando daños que pueden llegar a ser letales. Este efecto bacteriostático depende de varios factores: concentración de CO<sub>2</sub>, especie microbiana que se encuentre en el producto, carga bacteriana inicial, temperatura y tiempo de conservación del alimento (Narasimha y Sachindra, 2002).

Este gas tiene la característica de que es muy soluble en agua y grasa, lo cual puede causar problemas de envasado como el colapso de los mismos, por lo que el contenido de CO<sub>2</sub> en el envase debe adecuarse al resto de parámetros de envasado. También puede originar problemas de exudación de la carne fresca, lo que se suele contrarrestar con el uso de absorbentes el fondo del envase.

### Nitrógeno (N<sub>2</sub>)

Es un gas inerte, inodoro, incoloro e insípido, con baja solubilidad en agua y grasa; por tanto, aunque se disuelva en la carne, no juega un papel activo. Se utiliza con productos envasados en atmósferas modificadas para desplazar al oxígeno y retrasar así los procesos de oxidación e indirectamente retardar el crecimiento de bacterias aerobias.

Su uso es conveniente para evitar el “colapso” del envase por la absorción del dióxido de carbono en el tejido.

Otros gases están siendo objeto de interés en la industria alimentaria, como el *óxido de etileno*, *dióxido de nitrógeno*, *ozono*, *óxido de propileno* o *dióxido de sulfuro*, aunque su utilización no está todavía aprobada por razones de seguridad, elevado coste o efectos desconocidos sobre las características organolépticas del producto envasado. Entre los nuevos gases de mayor posibilidad de aplicación en el envasado de carne fresca, destaca el *argón* (Ar), muy similar químicamente al nitrógeno pero con ciertas ventajas que pueden hacerlo preferible a éste. El argón es más denso y más soluble en agua que el nitrógeno e incluso que el oxígeno, por lo que puede ser más efectivo desplazando eficazmente el oxígeno de los receptores celulares y enzimas, y consecuentemente frenando las reacciones oxidativas y la proliferación de microorganismos aeróbicos. La aplicación de argón puede alargar la vida útil de la carne fresca incluso hasta 8-10 días, (Gómez, 2008). De hecho, el argón se está utilizando en más de 200 productos en el Reino Unido, entre ellos en carne fresca (Brydon, 2002).

Los gases utilizados en el envasado en atmósferas modificadas pueden aplicarse de manera individual o en combinación en distintas proporciones, según el efecto requerido y sobre todo dependiendo de las características de la materia prima (flora microbiana que sea capaz de crecer en el producto, la sensibilidad del producto al O<sub>2</sub> y CO<sub>2</sub>, necesidades de mantenimiento de color del alimento...). Ciertamente, el envasado en atmósferas modificadas es muy específico, es decir hay que adaptarlo a la materia prima inicial y sus características como pH, cantidad de pigmentos y de grasa y composición de la misma.

De lo explicado se deduce la importancia de que se realicen trabajos de investigación centrados en el estudio de los factores relacionados con el envasado que pueden optimizar la vida útil de un determinado producto. A continuación se resumen los resul-

tados más relevantes al respecto, obtenidos en dos importantes productos extremeños, el jamón ibérico y la carne de cordero.

### 3. EL ENVASADO EN ATMÓSFERAS MODIFICADAS DE JAMÓN IBÉRICO LONCHEADO

#### 3.1. Efectos sobre el color

Uno de los atributos más importantes en el jamón ibérico y que determina su aceptación por parte del consumidor es el aspecto, y muy especialmente el color de la superficie. En el caso del jamón ibérico loncheado y envasado esto es aun más cierto. Por tanto, encontrar la mezcla de gases adecuada para un mejor y más prolongado mantenimiento del color de la superficie de las lonchas de jamón ibérico es vital para el éxito del sistema de envasado.

En el cuadro 1 se presentan los datos del color medido instrumentalmente ( $L^*$  o luminosidad,  $a^*$  o índice de color rojo y  $b^*$  o índice de color amarillo), de lonchas de jamón ibérico envasadas en distintas mezclas de gases y en vacío y mantenidas en refrigeración durante 4 meses.

El color rojo del jamón ( $a^*$ ) se redujo significativamente en casi todos los lotes durante los 4 meses de almacenamiento, aun cuando este experimento se realizó en oscuridad. La nitrosilmioglobina (NOFe(II)Mb) es el principal pigmento responsable del color de los productos curados. El color de los productos curados es mucho más susceptible a la luz que el de la carne fresca (Andersen y col., 1990). Además, la luz acelera la decoloración en la presencia de oxígeno, incluso de pequeñas cantidades (0,5%) del mismo (Møller y col., 2000), por lo que una condición esencial en el envasado de los productos curados sería la exclusión total del oxígeno, lo cual es realmente difícil con los sistemas de envasado actuales, en los que se estima que el porcentaje de oxígeno residual alcanza un 2-5% (Hutton, 2003). De hecho, en el presente trabajo tampoco se pudo excluir este gas completamente. La nitrosilmioglobina es bastante estable en ausencia de oxígeno pero en presencia del mismo se oxida para formar metamioglobina, de un color marrón grisáceo, de modo que con cantidades crecientes de oxígeno, la oxidación del pigmento aumenta (Andersen & Skibsted, 1992).

El sistema de envasado (vacío vs. atmósferas) ejerció un efecto muy limitado sobre los parámetros de color. Solo tras dos meses de almacenamiento se observaron diferencias significativas para  $a^*$  ( $P=0.012$ ), mostrando los lotes 60/40 y 70/30 un color rojo menos intenso que el resto de los lotes, mientras que el lote 80/20 y argón fueron los que mejor color presentaron tras dos meses. Eso podría explicarse en base a lo observado por Martínez y col. (2005), que vieron que el dióxido de carbono favorecía la oxidación de la mioglobina y la grasa, si bien este trabajo fue realizado en salchichas frescas. Cilla y col. (2006) no encontraron diferencias de color entre jamón curado envasado en vacío y envasado con una mezcla de 80% de  $N_2$  y 20% de  $CO_2$ .

## LA AGRICULTURA Y LA GANADERÍA EXTREMEÑAS EN 2007

**CUADRO 1. Valores de  $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$  (índices de color), en las muestras de jamón loncheado envasado en distintas atmósferas y en vacío y almacenadas en refrigeración durante 4 meses**

Tiempo	lote	$L^*$	$a^*$	$b^*$
<b>0 meses</b>	<b>60/40</b>	35,9	25,4	14,6
	<b>70/30</b>	37,9	26,3 <sup>1</sup>	15,3
	<b>80/20</b>	36,5	28,2 <sup>1</sup>	14,8
	<b>Argón</b>	39,1	26,5 <sup>1</sup>	17,0 <sup>1</sup>
	<b>Vacío</b>	36,4	27,0 <sup>1</sup>	16,1
	<b>EEM</b>	0,7	0,6	0,6
	<b>P</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>
<b>2 meses</b>	<b>60/40</b>	35,6	23,6ab	14,1
	<b>70/30</b>	35,5	22,0b <sup>12</sup>	13,8
	<b>80/20</b>	36,9	26,5a <sup>1</sup>	15,0
	<b>Argón</b>	39,5	26,8a <sup>1</sup>	17,7 <sup>1</sup>
	<b>Vacío</b>	37,3	25,3ab <sup>12</sup>	14,2
	<b>EEM</b>	0,6	0,5	0,5
	<b>P</b>	<b>ns</b>	<b>0,012</b>	<b>ns</b>
<b>4 meses</b>	<b>60/40</b>	33,9	20,5	12,6
	<b>70/30</b>	35,8	19,6 <sup>2</sup>	12,9
	<b>80/20</b>	35,9	20,3 <sup>2</sup>	12,8
	<b>Argón</b>	35,5	20,2 <sup>2</sup>	12,3 <sup>2</sup>
	<b>Vacío</b>	36,1	21,8 <sup>2</sup>	14,8
	<b>EEM</b>	0,6	0,7	0,6
	<b>P</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>	<b>ns</b>

**60/40**=60%N<sub>2</sub> + 40%CO<sub>2</sub>; **70/30**=70 %N<sub>2</sub> + 30%CO<sub>2</sub>; **80/20**=80%N<sub>2</sub>+20%CO<sub>2</sub>; **Argón**= 70%argón + 30%CO<sub>2</sub>; \* **ns**: No significativo estadísticamente. **EEM**: Error Estándar de la Media.

<sup>1</sup> Letras distintas en una misma toma muestras indican diferencias significativas entre lotes (P < 0,050).

<sup>2</sup> Superíndices distintos en el mismo lote indican diferencias significativas entre tomas de muestras (P < 0,050).

**Fuente:** elaboración propia

### 3.2. Efectos sobre el aroma

Diversos estudios apuntan a la gran importancia de la intensidad del aroma sobre la calidad del jamón curado (Buscailhon y col. 1995; Parolari y col. 1994), aunque las piezas con aromas muy rancios se consideran defectuosas tanto por parte de los fabricantes como por los consumidores. De hecho, Ruiz y col. (2002) obtuvieron resultados que demostraron la influencia negativa de la rancidez sobre la aceptabilidad del jamón ibérico.

En los estudios realizados en jamón ibérico por nuestro grupo de investigación, ni la intensidad global del olor ni del aroma se vieron afectados significativamente por el tiempo de almacenamiento en refrigeración durante 4 meses.

Respecto al efecto de los sistemas de envasado (mezclas de gases y vacío) sobre el olor y aroma, las diferencias no fueron muy marcadas. Las muestras envasadas en vacío presentaron un menor aroma rancio y olor rancio durante el almacenamiento en refrigeración (P>0.05). Coincidiendo con este resultado, Cilla y col. (2006) observaron que el envasado

de jamón de cerdo blanco en vacío preservaba mejor el aroma que un envasado con un 80% de nitrógeno y un 20% de dióxido de carbono. Fernández-Fernández y col. (2002) obtuvieron resultados similares para embutidos envasados en vacío y atmósferas modificadas.

### 3.3. Efectos sobre la calidad higiénica

En el cuadro 2 se presentan los resultados obtenidos (valores medios) en el análisis microbiológico a 0, 2 y 4 meses, en las lonchas de jamón envasadas en distintas condiciones (mezclas de gases y vacío) y almacenadas en refrigeración. La calidad microbiológica del producto depende fundamentalmente de la actividad de agua, que en el jamón curado es baja (alrededor de 0,85), así como al efecto bacteriostático de las atmósferas modificadas. De hecho, Devlieghere y Debevere (2004) demostraron que la concentración de dióxido de carbono en la fase acuosa de la carne determina el nivel de inhibición del crecimiento de los microorganismos de la atmósfera utilizada. Así, cuando parte del dióxido de carbono es absorbido por la fase grasa de un alimento, disminuye la proporción del mismo en la fase acuosa y su concentración por lo que puede así esperarse un menor efecto bacteriostático.

En el caso de los *microorganismos aerobios mesófilos*, todas las atmósferas empleadas redujeron el recuento inicial de este tipo de microorganismos. No obstante, las atmósferas produjeron una reducción más marcada, de entre 4 y 6 unidades logarítmicas, mientras que el envasado en vacío sólo de 2 unidades logarítmicas. Similares resultados obtuvieron García-Esteban y col. (2003) en jamón curado procedente de cerdo "blanco", si bien realizaron el experimento en dos meses. Sin embargo, en este trabajo, tras 4 meses de almacenamiento en refrigeración, se observó un aumento de la población microbiana en todos los sistemas de envasado. Este aumento fue más marcado en los lotes 70/30 y argón, lo cual puede estar relacionado con el mayor porcentaje de oxígeno residual presente en estos envases (datos no presentados) en comparación con el resto de envases con gases.

En lo que respecta a *mohos y levaduras*, el recuento se redujo en la misma medida tras 2 meses de almacenamiento, para todas las condiciones de envasado. García-Esteban y col. (2003), tampoco encontraron diferencias respecto a las diferentes atmósferas sobre el recuento de mohos y levaduras. En otros productos curados como cecina, se encontraron resultados similares (Rubio y col., 2006).

Los microorganismos pertenecientes a la familia *Enterobacteriaceae* se consideran indicadores de la higiene e inicialmente estaban presentes en todas las muestras. Cuando analizamos la eficacia de reducción del contenido en *Enterobacteriaceae*, puede observarse que, tras 2 meses, los lotes con gases son más efectivos y produjeron 1-2 reducciones logarítmicas de estos microorganismos frente al envasado al vacío, que no redujo el recuento microbiano. Estos resultados coinciden con Rubio y col. (2006) aunque contrastan con los obtenidos por García-Esteban y col. (2003), que no observaron diferencias entre envasado al vacío y atmósferas con un 80% de nitrógeno y 20% de dióxido de carbono. Respecto al recuento de *Coliformes totales* y *Escherichia coli*, no se apreciaron diferencias entre los distintos sistemas de envasado utilizados. Tampoco en los mencionados estudios en cecina y jamón curado.

## LA AGRICULTURA Y LA GANADERÍA EXTREMEÑAS EN 2007

**CUADRO 2. Valores microbiológicos medios a 0, 2 y 4 meses de almacenamiento según la atmósfera empleada**

Meses	Lote	Aerobios mesófilos (UFC/g)	Mohos y Levaduras (UFC/g)	Enterobacterias (UFC/g)	Coliformes totales (UFC/g)	Escherichia coli (UFC/g)
<b>0</b>	<b>60/40</b>	<1,84x10 <sup>7</sup>	<2,5 x10 <sup>5</sup>	<1,1 x10 <sup>2</sup>	<8,5 x10	Ausencia
	<b>70/30</b>	<1,7 x10 <sup>5</sup>	<3,4 x10 <sup>3</sup>	<1,2 x10 <sup>2</sup>	<5,0 x10	Ausencia
	<b>80/20</b>	<1,7 x10 <sup>5</sup>	<6,1 x10 <sup>3</sup>	<9,0 x10	<6,5 x10	Ausencia
	<b>Argón</b>	<7,6 x10 <sup>6</sup>	<8,4 x10 <sup>3</sup>	<1,4 x10 <sup>2</sup>	<1,0 x10 <sup>2</sup>	Ausencia
	<b>Vacío</b>	<3,9 x10 <sup>5</sup>	<1,1 x10 <sup>3</sup>	<7,5 x10	<1,1 x10 <sup>2</sup>	Ausencia
<b>2</b>	<b>60/40</b>	<5,5 x10 <sup>3</sup>	<1,0 x10	<2,0 x10	Ausencia	Ausencia
	<b>70/30</b>	<6,0 x10	<3,0 x10	Ausencia	Ausencia	Ausencia
	<b>80/20</b>	<2,6 x10 <sup>2</sup>	<4,5 x10	<2,5 x10	<2,0 x10	Ausencia
	<b>Argón</b>	<6,0 x10	<3,0 x10	Ausencia	Ausencia	Ausencia
	<b>Vacío</b>	<3,5 x10 <sup>3</sup>	<5,0 x10	<8,0 x10	<8,5 x10 <sup>2</sup>	Ausencia
<b>4</b>	<b>60/40</b>	<3,4 x10 <sup>4</sup>	<4,3 x10 <sup>3</sup>	<4,0 x 10	<3,4 x10	<3,4 x10
	<b>70/30</b>	<3,3 x10 <sup>4</sup>	<5,9 x10 <sup>3</sup>	<1,0 x 10 <sup>2</sup>	<1,0 x10 <sup>2</sup>	<1,0 x 10 <sup>2</sup>
	<b>80/20</b>	<4,9 x10 <sup>3</sup>	<2,1 x10 <sup>3</sup>	<5,6 x 10	<3,0 x10	<3,0 x10
	<b>Argón</b>	<1,7 x10 <sup>4</sup>	<3,9 x10 <sup>2</sup>	<1,0 x 10 <sup>2</sup>	<2,3 x10	<2,3 x 10
	<b>Vacío</b>	<4,5 x10 <sup>3</sup>	<6,2 x10 <sup>2</sup>	<6,8 x 10	<2,0 x10	<2,0 x 10

60/40=60%N<sub>2</sub> + 40%CO<sub>2</sub>; 70/30=70 %N<sub>2</sub> + 30%CO<sub>2</sub>; 80/20=80%N<sub>2</sub>+20%CO<sub>2</sub>; Argón= 70% argón + 30%CO<sub>2</sub>

Fuente: elaboración propia.

#### 4. EL ENVASADO EN ATMÓSFERAS MODIFICADAS DE CARNE DE CORDERO

##### 4.1. Efectos sobre el color

Uno de los primeros atributos que aprecia el consumidor a la hora de elegir la carne fresca es su aspecto, principalmente su color rojo brillante. De hecho, las atmósferas con las que la carne fresca se suele envasar, tienen elevadas proporciones de oxígeno (>60%), para favorecer la oxigenación del pigmento mioglobina y la formación de oximioglobina, que como se ha mencionado anteriormente, presenta un color rojo brillante. Por lo tanto, una atmósfera de envasado será tanto más adecuada cuanto más tiempo logre prolongar o mantener el color rojo brillante típico de la carne fresca.

El color de la carne es consecuencia, entre otros factores, de su contenido en pigmentos, principalmente mioglobina, y de su forma química (oxigenado –oximioglobina-, oxidado –metamioglobina- o reducido –deoximioglobina-). Las proporciones relativas de las tres formas químicas mioglobínicas afectan al color de la carne fresca. Un color rojizo brillante atractivo se relaciona con la oximioglobina, mientras el color de la deoximioglobina y metamioglobina es más grisáceo y marrónáceo respectivamente. De todas estas formas químicas, la más conveniente es la oximioglobina, responsable del color rosado más atractivo y valorado por el consumidor. Las cantidades relati-



---

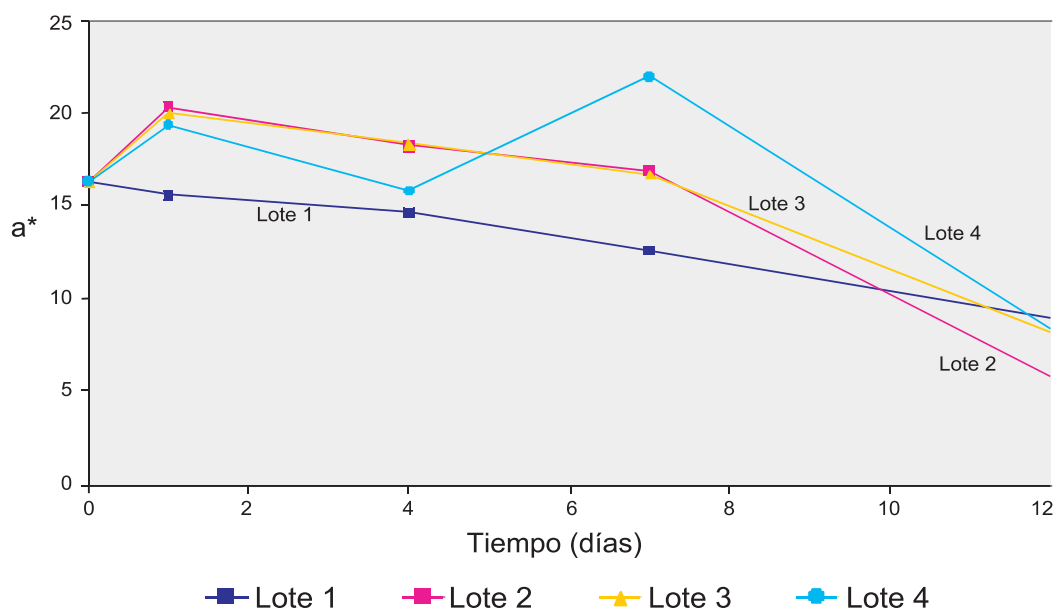
 AVANCES EN LA INVESTIGACIÓN SOBRE EL ENVASADO...
 

---

vas de deoximioglobina, oximioglobina y metamioglobina en la carne de cordero dependen de la actividad enzimática reductora y en último término, de la presencia de oxígeno en la atmósfera que rodea la carne. Es sobre este último aspecto sobre el que el envasado en atmósferas modificadas puede influir.

La evolución de la coordenada de color  $a^*$  (color rojo) en la superficie de la carne de cordero, envasada en distintas mezclas de gases y almacenada en refrigeración durante 12 días, se expone en el gráfico 1.

**GRÁFICO 1: Evolución del color rojo ( $a^*$ ) en la superficie de la carne de cordero envasada en diferentes mezclas de gases y almacenadas en refrigeración durante 12 días**



**Lote 1:** carne no envasada. **Lote 2:** carne envasada con un 70% de O<sub>2</sub> y un 30% de CO<sub>2</sub>. **Lote 3:** carne envasada con un 80% de O<sub>2</sub> y un 20% de CO<sub>2</sub>. **Lote 4:** carne envasada con un 30% de CO<sub>2</sub> y cantidades traza de CO.

**Fuente:** Elaboración propia

La intensidad de color rojo de la carne ( $a^*$ ) inmediatamente antes del envasado, (día 0) fue de  $16,3 \pm 0,6$  (datos no presentados, obtenidos de las medidas en 5 muestras). Tras un día de envasado mostró un incremento en todos los lotes, excepto en el envasado en aire (lote 1). Posteriormente, el color se redujo de forma marcada durante el almacenamiento de la carne en refrigeración, desde valores de 15,6-20,3 en el día 1, hasta 5,8-8,9 tras 12 días de almacenamiento, a excepción del lote 4, envasado con cantidades traza de CO. La disminución del color rojo de la carne se debe a la oxidación de la mio-

---

## LA AGRICULTURA Y LA GANADERÍA EXTREMEÑAS EN 2007

---

globina, formándose metamioglobina de color marrón a medida que se inactiva la actividad enzimática reductora y la presión parcial de oxígeno disminuye (Gill, 1988).

Las diferencias de color rojo entre atmósferas de envasado fueron significativas tras 1, 4 y 7 días, mientras que tras 12 días las diferencias se minimizan. Así, el lote 1 o control, envasado en aire y por tanto con una presión parcial de oxígeno menor a las de los lotes 2 y 3 (70% y 80% de oxígeno respectivamente), presentó los menores valores de color rojo ( $a^*$ ) durante la mayor parte del almacenamiento (día 7). Es bien conocido el efecto de las elevadas presiones parciales de oxígeno (60-80%) sobre la mioglobina, pigmento principal responsable del color de la carne fresca, que se oxigena, formando así oximioglobina de un color rojo brillante. Bajas presiones parciales de oxígeno favorecen la oxidación de la mioglobina, formando metamioglobina de color marrón. En este trabajo, se observa que los lotes 2 y 3, con concentraciones de oxígeno más elevadas, son los que presentaron un color rojo más intenso ( $P < 0.005$ ). Respecto al lote 4, llama la atención el hecho de que contiene proporciones mínimas de oxígeno y mantiene el color, siendo el valor  $a^*$  incluso superior al de los lotes con altas cantidades de oxígeno. Este hecho es debido a la presencia de CO (cantidades traza) en la atmósfera de envasado. El monóxido de carbono se ha utilizado de forma muy efectiva para el mantenimiento del color de la carne fresca debido a la formación de carboximioglobina (Sørheim, Aune y Nesbakken, 1997). La carboximioglobina, de color rojo brillante es más estable a la oxidación que la oximioglobina, lo cual es debido a una asociación más fuerte entre el CO y la molécula de mioglobina. La adición de cantidades traza de CO, contrarresta los cambios indeseables de color de la carne, que pueden ser provocados por elevados niveles de CO<sub>2</sub> (Luño, Roncalés, Djenane y Beltrán, 2000).

Sin embargo, el uso de CO en el envasado de la carne no ha sido aprobado por las agencias reguladoras debido a razones de seguridad, a excepción de en Noruega y recientemente en Estados Unidos. Sin embargo, Sørheim, Nissen y Nesbakken (1999), utilizando una mezcla con 0,3-0,4% CO, determinaron que niveles de hasta 0,5% de CO no suponen un riesgo para la salud. Según estos mismos autores, el consumo de carne envasada con CO, resulta en cantidades despreciables de carboxihemoglobina en la sangre, por lo que es muy improbable que el uso de CO en el envasado de la carne suponga una amenaza para el consumidor (Sørheim, Aune y Nesbakken, 1997).

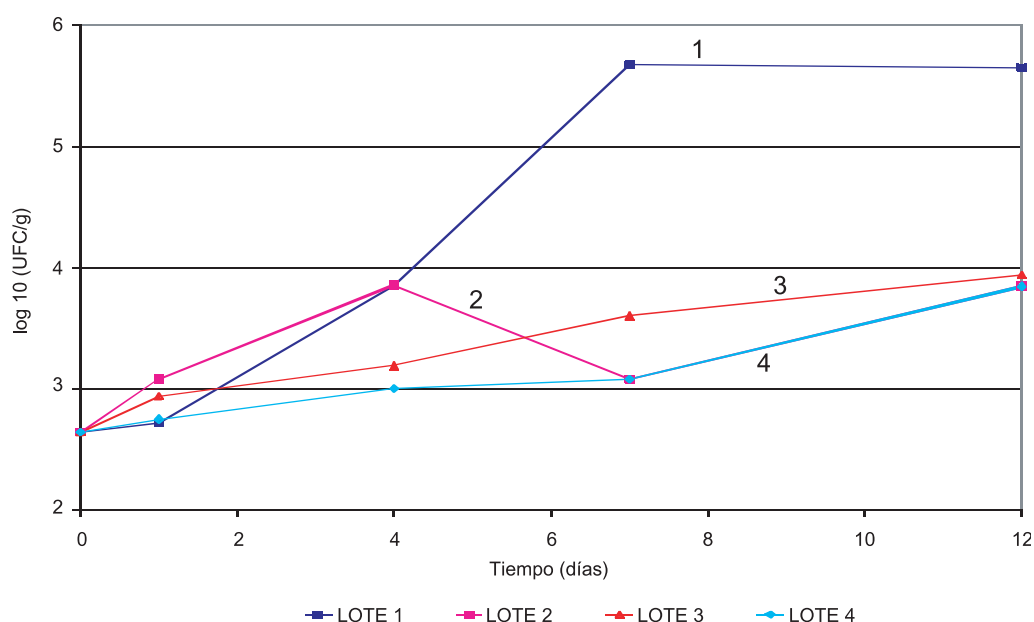
### 4.2. Efectos sobre el aroma

Como se ha comentado anteriormente, la carne fresca (especialmente la carne roja), debe envasarse con elevadas proporciones de oxígeno para favorecer la oxigenación del pigmento, y la formación de oximioglobina. No obstante, estas elevadas cantidades de oxígeno pueden dar lugar a problemas relacionados con la oxidación de las grasas, más aun cuando la materia prima presenta elevados porcentajes de la misma, como es el caso de la carne de cordero. La oxidación de las grasas puede dar lugar a problemas de rancidez que causen el rechazo por parte del consumidor.

### 4.3. Efectos sobre la calidad higiénica

En el gráfico 2 se presenta gráficamente la evolución del recuento de microorganismos aerobios totales ( $\log_{10}$  ufc/g) en muestras de carne de cordero envasada en distintas mezclas de gases y almacenada en refrigeración durante 12 días.

**GRÁFICO 2: Recuentos de aerobios totales ( $\log_{10}$  ufc/g) en la carne de cordero envasada en diferentes atmósferas de gases y almacenada en refrigeración (3°C).**



**Lote 1:** carne no envasada; **Lote 2:** carne envasada con un 70% de O<sub>2</sub> y un 30% de CO<sub>2</sub>; **Lote 3:** carne envasada con un 80% de O<sub>2</sub> y un 20% de CO<sub>2</sub>; **Lote 4:** carne envasada con un 30% de CO<sub>2</sub> y cantidades traza de CO.

**Fuente:** Elaboración propia

El recuento inicial de aerobios totales en las muestras de cordero previo a su envasado, fue del orden de 2  $\log_{10}$  ufc/g, lo cual puede considerarse un recuento considerablemente bajo. El recuento de aerobios totales aumentó progresivamente durante el almacenamiento en refrigeración. No obstante, tras 12 días, no se alcanzaron los niveles de 7  $\log_{10}$  ufc/g, límite establecido a partir del cual se considera una carne como no apta para el consumo (ICMSF, 1984). La vida útil de la carne es inversamente proporcional a la carga microbiana inicial (Kraft, 1986). Cargas microbianas iniciales bajas pueden prolongar la vida útil (Gill, 1996) y esa puede ser la razón por la cual los recuentos finales son tan bajos en este trabajo.

## LA AGRICULTURA Y LA GANADERÍA EXTREMEÑAS EN 2007

---

Respecto al efecto de los gases sobre el recuento de aerobios totales, la evolución del mismo fue similar en todos lotes hasta el día 4 de almacenamiento. Daun y col., (1971) también observaron que el crecimiento microbiano en carne fresca envasada en atmósferas ricas en oxígeno, era similar al de la carne mantenida en aire. No obstante, en este estudio, a partir del día 4, el lote envasado en aire (lote 1) fue el que presentó los recuentos mayores, siendo las diferencias significativas en el día 12 ( $p < 0.05$ ). Los gases de los lotes 2 y 3 inhibieron el crecimiento de los microorganismos aerobios en la misma medida y retrasaron la fase de crecimiento exponencial microbiana. Aunque no de forma significativa ( $p > 0.05$ ), los recuentos de microorganismo aerobios totales del lote 4 fueron menores al resto de los lotes durante todo el almacenamiento, por lo que esta mezcla parece ser más efectiva en este sentido.

Como se ha explicado anteriormente, una de las principales razones de la acción bacteriostática del dióxido de carbono es su capacidad de solubilización en la materia prima principalmente en el agua de la misma (Gill, 1988). Aunque no está claro el nivel mínimo de dióxido de carbono necesario para inhibir significativamente el crecimiento de los microorganismos, parece ser que incrementos de  $\text{CO}_2$  por encima del 30% no producen reducciones bacterianas sustanciales importantes (Gill, 1988). En este estudio, se confirma que niveles de entre 20 y 30% de  $\text{CO}_2$ , son suficientes para inhibir la actividad microbiana aerobia total.

### 5. CONCLUSIONES

De forma general, puede concluirse que el envasado en atmósferas modificadas de carne y productos cárnicos, es un sistema eficaz para prolongar la vida útil en comparación con los sistemas tradicionales de comercialización. En particular, el *color óptimo del jamón ibérico* se reduce durante su almacenamiento, siendo necesario para minimizarlo, la exclusión total de oxígeno en el envase. Un envasado con un 70% de  $\text{N}_2$ +30% de  $\text{CO}_2$  y 60% de  $\text{N}_2$ +40% de  $\text{CO}_2$  provoca una pérdida de color más intensa durante un almacenamiento de 2 meses que otros sistemas de envasado. En las condiciones del presente estudio, un envasado en atmósferas modificadas es más eficaz que el envasado en vacío para frenar el desarrollo microbiano tras 2 meses de almacenamiento.

Además, puede concluirse que envasar las *muestras de cordero* con 70% de oxígeno y 30% de dióxido de carbono; 80% de oxígeno y 20% de dióxido de carbono o con 0% oxígeno, 30% de dióxido de carbono, y cantidades traza de  $\text{CO}$ , es un sistema más adecuado de conservación y comercialización de carne de cordero que la venta tradicional en carnicerías, ya que frena el desarrollo microbiano y mejora el color, por lo menos hasta 7 días de almacenamiento en refrigeración.

## BIBLIOGRAFÍA

- Andrés, A.I., Adamsen, C., Møller, J., Ruiz, J. y Skibsted, L. (2005). *High-pressure treatment of dry-cured Iberian ham. Effect on colour and oxidative stability during chill storage packed in modified atmosphere*. *European Food Research and Technology*, 222 (5-6): 486-492. (2005).
- Arnau, J., (2006). *Aspectos a tener en cuenta en la conservación y consumo del jamón curado en sus distintas formas de presentación*. *Eurocarne*, nº 143, Enero-Febrero.
- Brydon, L. 2002. *Developments in MAP and active packaging*. *Proceedings of Minimal Processing Conference, Sardinia*.
- Buscailhon, S., Touraille, C., Girard, J.P. y Monin, G. (1995). *Relationship between muscle tissue characteristics and sensory quality of dry-cured ham*. *Journal of Muscle Foods*, 6:9-22.
- Cilla, I., Martínez, L., Beltrán, J.A., Roncalés, P. (2006). *Dry-cured quality and acceptability as affected by the preservation system used for retail sale*. *Meat Science*, 73 (4), 581-589.
- Cofrades, S., y Carballo, J. (2001). *Nuevas tecnologías utilizadas en la conservación de la carne y los productos cárnicos*. En : *Enciclopedia de la carne y de los productos cárnicos*, Vol.1 511-536. Editado por Martín Bejarano, Plasencia.
- Crespo, A., Guerrero, P., y González, C. (2006). *Nuevas técnicas de conservación de derivados del cerdo Ibérico*. *La agricultura y la ganadería extremeñas en 2006*, 83-98.
- Daun, H., Solberg, W., Franke, W., & Gilbert, S. (1971). *Effect of oxygen-enriched atmospheres on storage quality of packaged fresh meat*. *Journal of Food Science*, 36, 1011-1014.
- Devlieguere, F., Vermeiren, L. & Debevere, J. (2004). *New preservation Technologies: Possibilities and limitations*. *Internacional Dairy Journal*, 14, 273-285.
- García-Esteban, M., Ansorena, D., Astiasarán, I. (2004). *Comparison of modified atmosphere packaging and vacuum packaging for long period storage of dry-cured ham: effects on colour, texture and microbiological quality*. *Meat Sci.*, 67: 57-63.

---

 LA AGRICULTURA Y LA GANADERÍA EXTREMEÑAS EN 2007
 

---

- Gill, C.O. & Penney, N. (1988). *The effect of the initial gas volume to meat weight ratio on the storage life of chilled beef packaged under carbon dioxide*. Meat Science, 22, 53-63.
- Gill, C.O. (1996). *Extending the storage life of ray chilled meats*. Meat Science, 43, S99-S109.
- Gómez, L. (2008). ALIGAL. *Comunicación personal*.
- Hutton, T. (2003). *Key topics in food science and technology. Food packaging: an introduction*. Gloucestershire: Campden y Chorleywood Food Research Association Group.
- ICMSF (1984). *Microorganismos indicadores*. In Microorganismos de los alimentos 1. Técnicas de análisis microbiológico (p.3). Zaragoza, Spain. Acribia.
- Jeremiah, L.E (2001). *Packaging alternatives to deliver fresh meats during short- or long-term distribution*. Food Research International, 34, 749-772.
- Luño, M., Roncalés, P., Djenane, D., y Beltrán, J. A. (2000). *Beef shelf life in low O<sub>2</sub> an high CO<sub>2</sub> atmospheres containing different low CO concentrations*. Meat Science, 55, 413-419.
- Martínez, L., Djenane, D., Cilla, I., Beltrán, J.A. y Roncalés, P. (2005). *Effect of fdiferente concentrations of carbon dioxide and low concentration of carbon monoxide on the shelf-life of fresh pork sausages packaged in modified atmosphere*. Meat Science, 94, 219-225.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN. (2001). *Boletín mensual de Estadística. Nº 9, Septiembre*. Secretaría General Técnica. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Madrid.
- Møller, J.K.S., Jensen, J.S., Olsen, M.B., Skibsted, L.H. y Bertelsen, G. (2000). *Effect of residual oxygen on colour stability during chill storage of sliced, pasteurised ham packaged in modified atmosphere*. Meat Science, 54, 399-405.
- Narashima Rao, D., y Sachindra, N.M. (2002). *Modified atmosphere and vacuum packaging of meat and poultry products*. Food Reviews International, 18(4), 263-293.
- Ruiz, J., García, C. Muriel, E., Andrés, A.I. y Ventanas, J. (2002a). *Influence of sensory characteristics on the acceptability of dry-cured ham*. Meat Science, 61(4):347-354.

---

AVANCES EN LA INVESTIGACIÓN SOBRE EL ENVASADO...

---

- Sørheim, O., Aune, T., y Nesbakken, T. (1997). *Technological, hygienic and toxicological aspects of carbon monoxide used in modified-atmosphere packaging of meat*. Trends in Food Science & Technology, 8(9), 307-312.
- Sørheim, O., Nissen, H., & Nesbakken, T. (1999). *The storage life of beef and pork packaged in an atmosphere with low carbon monoxide and high carbon dioxide*. Meat Science, 52, 157–164.

