



## INTRODUCCIÓN

Las exigencias actuales de vida útil de productos cárnicos debe exceder las 5 semanas; entendiéndose por vida útil el máximo tiempo de almacenamiento antes de que la carne pierda su calidad nutricional, sensorial y de seguridad alimenticia al nivel de ser rechazada por los consumidores (Masana *et al.*, 2006). En este sentido, las características microbiológicas y organolépticas del producto son determinantes, donde el color de la carne juega un papel fundamental en la relación calidad-apariencia que el consumidor establece al elegir uno u otro producto (Farber y Dodds, 1995). Así, resulta imprescindible la continua búsqueda de sistemas de envasado de carne innovadores, con el objetivo de colocar un producto cárnico en un mercado ya consolidado.

En la actualidad, una de las alternativas de envasado de carne destinada al mercado minorista es el Envasado en Atmósfera Modificada (MAP, por las siglas en inglés de Modified Atmosphere Packaging), que, términos generales, consiste en envasar alimentos en una atmósfera con composición distinta a la del aire (Farber y Dodds, 1995). De acuerdo con esta definición, varios sistemas de envasado se clasifican como MAP, dentro de los cuales, los más utilizados son el envasado al vacío, con vida útil superior a 70 días (Nissen *et al.*, 1996) y el envasado en atmósfera con alta concentración de O<sub>2</sub> en CO<sub>2</sub>. El primero con el inconveniente de generar un color café oscuro en la carne, de baja aceptación por el consumidor; en el segundo sistema de envasado, si bien mantiene el color de la carne fresca, ésta tiene una limitada vida útil (10 días a 4°C) debido a la alta concentración de oxígeno y el consiguiente desarrollo de la flora aeróbica (Sørheim *et al.*, 1999; Jayasingh *et al.*, 2001).

Otro efecto sobre la calidad de la carne, relacionado con el uso de atmósferas con alto contenido de O<sub>2</sub>, es la oxidación de lípidos, que se asocia al desarrollo de malos olores y sabores, los que generalmente se denominan como rancios. Ese proceso indeseado se inicia a nivel de membrana celular, con un mecanismo autocatalítico en cadena con radicales libres. Se ha encontrado una buena correlación entre la aceptación de la carne por el consumidor y niveles límites de rancidez, expresada a través del consumo de ácido tiobarbitúrico (TBARS) en caracterizaciones fisicoquímicas. Sin embargo, en el mercado nacional el sistema más utilizado en MAP de carne de vacuno consiste en una mezcla con 70% de O<sub>2</sub> y un 30% de CO<sub>2</sub>. De acuerdo a información empírica obtenida en la industria, la carne envasada en esta atmósfera tiene una vida útil en el mercado del "retail" de, aproximadamente 12 días.

Respecto al color rojo de la carne, éste depende fundamentalmente del estado de oxidación de la mioglobina (MB), la cual representa el 80 a 90 % de los pigmentos de la carne (SCF, 2001). La mioglobina es una proteína globular que posee un centro activo protoheme (ferrous protoporphyrin IX), que es responsable del enlace O<sub>2</sub>-MB (Austin *et al.*, 1974), y su función es almacenar y facilitar la difusión del oxígeno desde los capilares a la mitocondria (Austin *et al.*, 1974); por ello es capaz de asociarse y disociarse rápidamente con la molécula de O<sub>2</sub>, en función de la presión parcial a la que esté expuesta la carne (Farber y Dodds, 1995). Esta molécula también posee gran afinidad por otras moléculas biatómicas, como el CO, debido a su forma y polaridad (Blomberg *et al.*, 2005). En la figura 1 se esquematizan los distintos estados de oxidación de esta molécula en función del ligando al que se encuentra unida.

Una alternativa para mejorar tanto la calidad organoléptica como la vida útil microbiológica de la carne es el uso del CO en atmósferas modificadas (Sørheim *et al.*, 1997; Otwell *et al.*, 2006). El uso de este gas en mezclas con CO<sub>2</sub> y ausencia de O<sub>2</sub> en MAP, ha sido aceptado por la FDA U.S. y ha demostrado reducir el deterioro por oxidación de lípidos y proteínas, retardar el desarrollo de los microorganismos responsables de la descomposición de la carne y generar un color más estable en el producto (SCF, 2001).

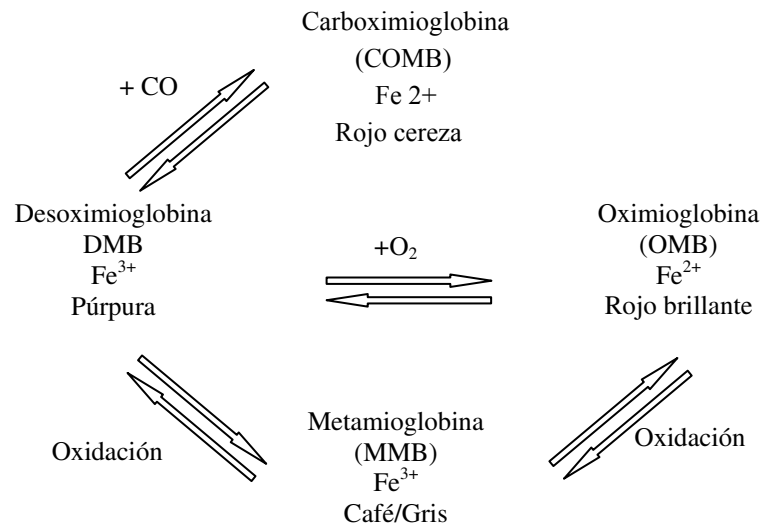


Fig. 1: Esquema que representa el color de la carne en función de los estados de oxidación de la mioglobina.

## MATERIALES Y MÉTODOS

Se utilizaron 458 chuletones peso entre 400 y 500 g

Se utilizó una atmósfera de envasado con 70%  $O_2$  / 30%  $CO_2$ , que fue denominada Atmósfera 0, y que se utilizó como blanco. Esta mezcla es la utilizada por la industria nacional para los productos en MAP. Además, se ensayaron dos atmósferas con diferentes concentraciones de CO en  $CO_2$  y  $N_2$ : la primera compuesta por 0.1% CO / 20%  $CO_2$  / 79.9%  $N_2$  (Atmósfera 1) y la segunda por 0.4% CO / 20%  $CO_2$  / 79.6%  $N_2$  (Atmósfera 2). Las concentraciones de CO utilizadas consideran la normativa impuesta por la FDA (2001), y responden a estudios previos (Sørheim *et al.*, 1997), donde se demostró que para concentraciones menores al 1 % de CO en las atmósferas de envasado, se generan mejoras significativas en el color de la carne envasada en atmósfera anaerobia.

Se utilizaron bolsas tipo pouch T7330B de 30 x 40 cm, proporcionadas por Cryovac, con un espesor de 76  $\mu m$ , velocidad de transferencia de oxígeno (OTR) de 4  $cm^3/(m^2 \text{ día})$ , y una velocidad de transmisión de vapor húmedo (MVTR) de 7.7  $g/m^2/día$ .

También se determinó que el porcentaje de reducción del volumen debido a la disolución de los gases en la atmósfera es de un 6 %, en el caso de la atmósfera con alto nivel de  $O_2$ , y de un 4 % ,

para cualquiera de las atmósferas con bajo nivel de CO. Así, en ambos casos, el volumen de gas contenido es siempre mayor a 3 L, con lo que se evita el colapso de la bolsa. La razón gas/producto en los tres tipos de atmósferas osciló entre 6 y 7.5 L/kg. Para evitar la ruptura de las bolsas por el hueso del chuletón, se utilizaron bandejas de poliestireno espumado marca Linpac 4S, de 26,5 x 18.9 x 1.5 cm; para evitar el aparente exudado se usaron almohadillas absorbentes de la misma marca.

Cada chuletón fue colocado en una bandeja sobre una almohadilla absorbente y depositado dentro de una bolsa pouch, para posterior almacenamiento en un túnel de frío a una temperatura de -30°C durante 1 h. El objetivo de esta etapa de sobreenfriamiento es aumentar la disolución de los gases (CO y CO2) en la carne. En esta etapa, los chuletones fueron dispuestos en cajas de plástico abiertas (20 chuletones/bandeja), y luego apilados en "pallet" para ser depositados en el túnel de frío. Se definió 1 hora como el tiempo necesario de permanencia de los chuletones en el túnel de frío. Este es el tiempo en el cual se congela el 50% del agua en la carne. Los chuletones fueron trasladados a la zona de envasado a una temperatura promedio de 7 °C, donde fueron distribuidos de forma aleatoria en tres grupos. Los dos primeros, de 200 chuletones cada uno, fueron envasados en Atmósfera 1 y Atmósfera 2, y los 50 restantes con Atmósfera 0. ( chuletones fueron utilizados para la caracterización de la materia prima. Todas las cámaras de frío donde se realizó el almacenamiento de las muestras se mantuvieron oscuras.

Á  
ÜÒÙŠVÖÜÙÄÏÖÙŦÙÇ ÞÁÁ  
Á  
Ôæ&c^iã æ& } Á æ[ àq |5\* æ&Á  
Á  
ÇÄ æçÁ^|ÁöçÉÁ^Á } çæ æ[ ÉÁ|Á&^ } ç Áæ&c^iæ [ Á ^5-á| Áæ | àq ÁÇÄ ÉÇÄ [ •d5Áã^ } &æ Á  
•ã } äææçæ Á&|&æ æ&æ&æ &^iæ { à^Áç| ^iã ^ } ç&Ä } d^Áæç 5•-^æÉÁ Áæ ÁÇ 5•-^æ Á  
FÁÇÇ LÉÉ DÄÖ ç Á ^á^æiã ~ á^Áæ[ •Áæç |^•É ~ ^Çæ Á æ[ Áææ ^ } ç^Á•&|ã | •Á } Áæiã |æ |æ  
^•] ^&ææ æ&Ä | Á } æ æ ç Éæ æ | Á | & ) d æ& } Á^ÖUG | ^•^ } ç Á } Áæç 5•-^æÉÁ ÇÄ  
] ^á^Áç } á^Áæ ^Á•æ& } æ&æ^|&^æ& æ } ç Á^Á | Á æ[ | |\* æ æ { [ •ÁÁ^ } ^iæÁ } æ^æ&| Á  
^ } Á|Á•æ | | | Á æ[ àq |5\* æ[ É ~ áæ } á[ Áæ { ä ~ áÁ|Á^æ& æ } ç Á^Á | &ç ç&Á@ | { [ • ] ç&æÄ  
Çæ } Á ç&æ FJFLÖä|ÉFJÍ Á Á ä•^ } Á ç&æ FJÍ DÄV, Á^\*~ } á[ Áæç | Á ~ ^Á ~ á^Áç | æ&Á•ç •Á  
|^~ |ææ | •Á

es la alta concentración de oxígeno utilizada en la Atmósfera 0. En este sentido Zang y Sundar (2005), reportaron que para concentraciones de O<sub>2</sub> por encima del 35% se observó una reducción significativa en el crecimiento microbiano para carne de cerdo envasada en atmósfera modificada. Este resultado coincide a su vez con trabajos publicados anteriormente (Brody, 2000).

El recuento mesófilo anaerobio presentó un comportamiento similar al aerobio (no se muestra). Se descartó algún efecto del CO, para las dos concentraciones utilizadas, sobre el desarrollo de los microorganismos a través del análisis estadístico (p>0.05); este resultado concuerda con estudios anteriores, donde se estableció que en mezclas con altos niveles de CO<sub>2</sub> se enmascara el efecto inhibitorio de bajas concentraciones de CO (Luño *et al.*, 2000).

Caracterización Físico-Química

Los resultados de la caracterización fisico-química, obtenidos para los 65 días de ensayo, demuestran que la composición de los gases de envasado no tiene efecto significativo sobre el exudado, el pH y la humedad en la carne de vacuno envasada en MAP (p>0.05). Para las tres atmósferas ensayadas se observa un aumento del exudado y del pH con el tiempo de envasado (no se muestra).

Sin embargo, se observaron valores significativamente menores (p<0.05) en la capacidad de retención de agua (CRA) en las muestras envasadas en Atmósfera 0 en comparación con las muestras envasadas a distintas concentraciones de CO (Fig. 3).

Si bien es cierto, el factor más influyente en la CRA es el estado fisicoquímico de las proteínas, existe evidencia que la oxidación de los lípidos puede afectar la CRA (Brannan y Decker, 2001). Así, el alto contenido de oxígeno en la Atmósfera 0 favorecería la oxidación de los lípidos de la membrana celular, lo que disminuiría la capacidad de retención de agua a nivel intracelular.

También se generaron niveles significativamente mayores de rancidez (p<0.05) en la carne envasada en Atmósfera 0, tanto en el músculo (Fig. 4) como en la grasa de las mismas muestras (Fig. 5); esto sería producto de los altos niveles de oxígeno presentes en esta atmósfera, que

favorecen la oxidación de lípidos. Esto concuerda con resultados previos (John *et al.*, 2005), donde se compara la oxidación de lípidos en carne envasada en atmósferas con alta y baja concentración de O<sub>2</sub>.

T

T

•

U

€

U

•

Á

