



Facultad de Veterinaria  
Universidad Zaragoza



# Trabajo Fin de Grado en

## Ciencia y Tecnología de los Alimentos

Efecto del uso de monóxido de carbono en la  
conservación de carne fresca de cerdo

Effect of carbon monoxide over preservation of fresh  
pork meat

Autor/es

Eva Sediles Pardos

Director/es

Dr. Juan B. Calanche Morales

Dr. José A. Beltrán Gracia

Facultad de Veterinaria

2020-2021

# ÍNDICE

RESUMEN .....	2
ABSTRACT .....	2
1. INTRODUCCIÓN .....	3
1.1 SECTOR CÁRNICO .....	3
1.2 EL COLOR .....	7
1.3 ATMÓSFERAS PROTECTORAS .....	7
2. JUSTIFICACIÓN .....	8
3. OBJETIVOS .....	9
3.1. OBJETIVO GENERAL .....	9
3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	9
4. METODOLOGÍA .....	9
4.1. ANÁLISIS QUÍMICO .....	10
4.2. ANÁLISIS FÍSICO .....	11
4.3. ANÁLISIS SENSORIAL .....	13
4.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO .....	15
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	16
5.1. ENVASADO CON MONÓXIDO DE CARBONO .....	16
5.2. PRETRATAMIENTO CON MONÓXIDO DE CARBONO .....	22
6. CONCLUSIONES .....	26
6.1 ENVASADO CON MONÓXIDO DE CARBONO .....	26
6.2. PRETRATAMIENTO CON MONÓXIDO DE CARBONO .....	26
6.3. CONCLUSIÓN GLOBAL .....	27
7. VALORACIÓN PERSONAL .....	27
8. BIBLIOGRAFÍA .....	28
9. ANEXO .....	30

## RESUMEN

La industria alimentaria está en constante búsqueda de métodos que aumenten la vida útil del producto tanto como sea posible asimismo manteniendo un aspecto apetecible para el consumidor. Las atmósferas modificadas nos permiten prolongar la vida útil. Sin embargo, la adición de monóxido de carbono (CO) en la mezcla de gases nos permite disminuir el porcentaje de oxígeno y mantener más tiempo el color, siendo el aspecto visual el principal atributo en que se fijan los consumidores a la hora de elegir un producto.

El objetivo de este trabajo fue determinar el efecto de pretratamientos con CO de duración variable y posterior envasado en atmósferas protectoras, así como determinar el efecto del envasado con distintas cantidades de CO, sobre la calidad de los filetes de lomo de cerdo al final de su vida útil.

Para ello, se llevaron a cabo dos tipos de estudios con uso experimental de CO. El primer estudio constó de muestras envasadas con distintas atmósferas: estándar, con 0,2% CO, con 0,5% CO y otra con 69,5% Argón. El segundo estudio consistió en un tiempo de tratamiento con 95% Argón y 5% CO, y posterior envasado en 70% O<sub>2</sub> y 30% CO<sub>2</sub>. Las variables fueron: sin pretratamiento, pretratamiento de 1 hora y de 2 horas.

Para determinar la calidad de los filetes se realizaron tres tipos de análisis: químico, físico y sensorial. Se cuantificó la oxidación lipídica mediante la determinación de las sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico, se midió el color mediante un colorímetro Minolta utilizando el sistema CIE L\*a\*b y para la valoración sensorial se utilizó el método de Referencia.

Según los resultados obtenidos, las muestras tratadas con CO durante 2 horas fueron las más adecuadas para conservar el color y las propiedades organolépticas de la carne fresca. Sin embargo, no sería apto como método antioxidante.

## ABSTRACT

The food industry is in constant search of methods that increase the shelf life of the product as much as possible while a palatable appearance for the consumer. Modified atmospheres let us to extend the useful life. However, the addition of carbon monoxide (CO) in the gas mixture allows us to reduce the percentage of oxygen and maintain the colour for longer, being the visual aspect the main attribute that consumers pay attention to when choosing a product.

The purpose of this essay is to determine the effect of pre-treatments with CO of variable duration and subsequent packaging in standard protective atmospheres, as well as to determine the effect of packaging with different amounts of CO, on the quality of the loin fillets at the end of their shelf life.

For this, two types of studies with experimental use of CO were carried out. The first study consisted of samples packaged with different atmospheres: standard atmosphere, with 0.2% CO, with 0.5% CO and another with 69.5% Argon. The second study consisted of a treatment time with 95% Argon and 5% CO, and subsequent packaging in 70% O<sub>2</sub> and 30% CO<sub>2</sub>. The variables were: no pre-treatment, 1 hour pre-treatment and 2 hours.

To determine the quality of the fillets, three types of analysis were followed out: chemical, physical and sensory. Lipid oxidation was quantified by determining thiobarbituric acid reactive substances (TBARS), instrumental colour measurement was carried out using a Minolta colorimeter by the CIEL\*a\*b system and the Reference method was used for the sensory evaluation.

According to the results obtained, the samples treated with CO for 2 hours were the most suitable for preserving the colour and organoleptic properties of fresh meat. However, it would not be suitable as an antioxidant method.

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 SECTOR CÁRNICO

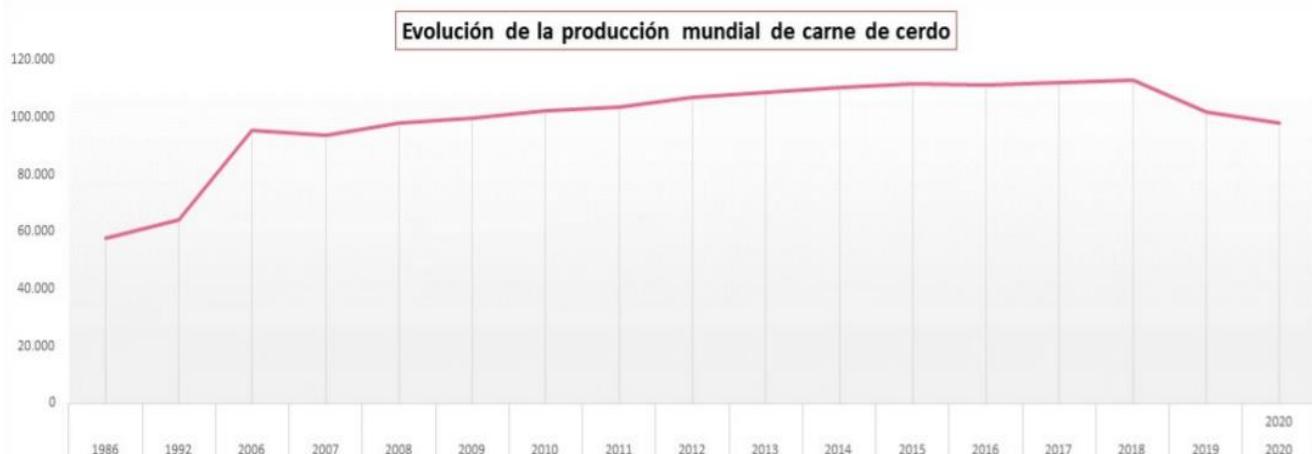
La carne fresca tiene una vida útil corta. Por lo tanto, en cuanto al envasado se refiere, hay dos decisiones importantes a tomar: los materiales y la atmósfera. La elección de ambos depende de distintos factores como: el color, la estabilidad de este, las condiciones de almacenamiento, la calidad higiénica y el grado de procesado.

Varios estudios han demostrado que las tres características sensoriales de la carne que los consumidores valoran más son: el color, el flavor y la textura. Entre todos los atributos sensoriales de la carne, el color se considera una de las características físicas más importantes, porque una vez que el color se considera inaceptable, todos los demás atributos sensoriales tienen menos importancia para los consumidores (Šuput *et al.*, 2013). En la carne envasada el color gana más protagonismo ya que es el factor que mejor, más bien el único, que se puede valorar en un producto dentro del envase.

Además, en los últimos años la población se ha concienciado más respecto a lo que come, buscando información y analizando el etiquetado. Ha aumentado la demanda de productos saludables y de calidad. Según el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA), 7 de cada 10 consumidores consultan el etiquetado de los alimentos siempre o casi siempre. Sobre todo, buscan información relativa a la conservación y vida útil del producto.

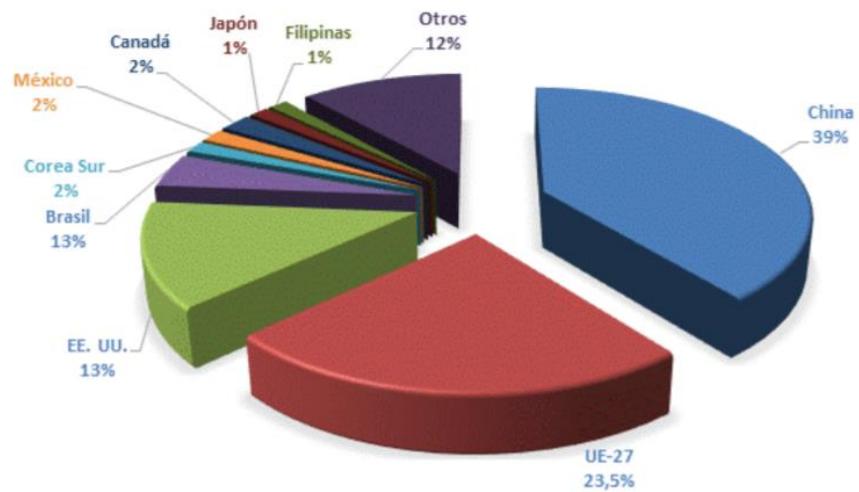
Dentro de este sector, la producción de porcino tiene gran importancia e impacto económico tanto a nivel mundial como a nivel europeo y nacional. A continuación, se recogen los últimos datos de producción de porcino para ver ese impacto.

La producción de carne de cerdo ha aumentado a nivel mundial como consecuencia de un aumento de población en los países desarrollados. Sin embargo, ha habido un ligero descenso de producción que coincide con la pandemia mundial de la Covid-19.



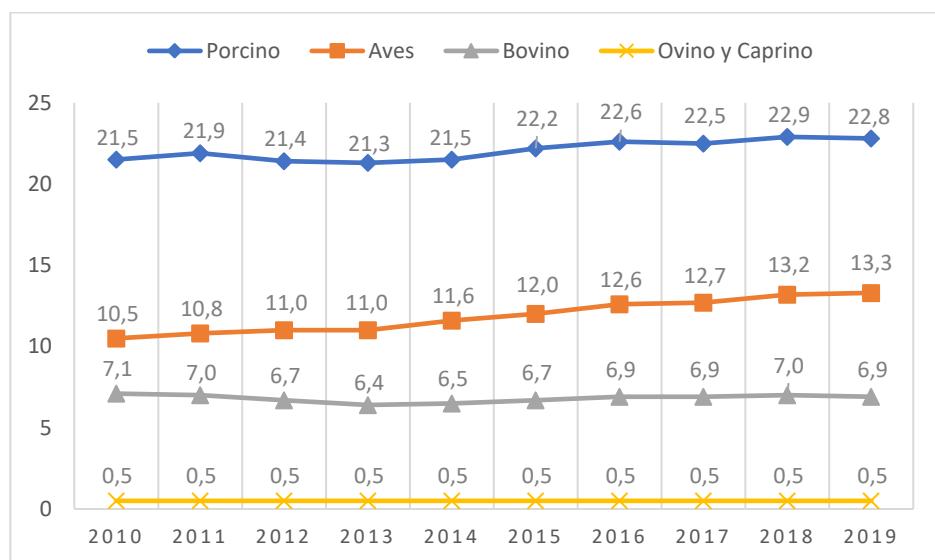
**Figura 1. Evolución de la producción mundial de carne de cerdo (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2021).**

La figura 2 representa los porcentajes de producción porcina a nivel mundial. Los principales productores mundiales de carne de cerdo, según el MAPA, son China con 38.000 toneladas, la Unión Europea (UE-27) con 23.037 toneladas, y Estados Unidos (EE. UU.) con 12.778 toneladas (MAPA, 2021).



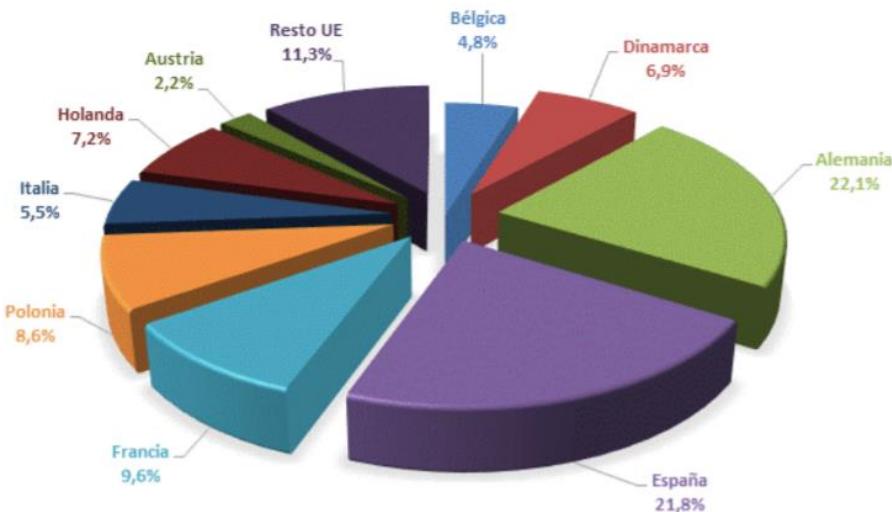
**Figura 2. Principales países productores de carne de cerdo en el año 2020 (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2021).**

A nivel europeo, destaca la producción porcina notablemente respecto al resto de especies como se puede observar en la figura 3. La diferencia entre porcino y aves es de casi 10 millones de toneladas, según los últimos datos recogidos en 2019 por Eurostat.



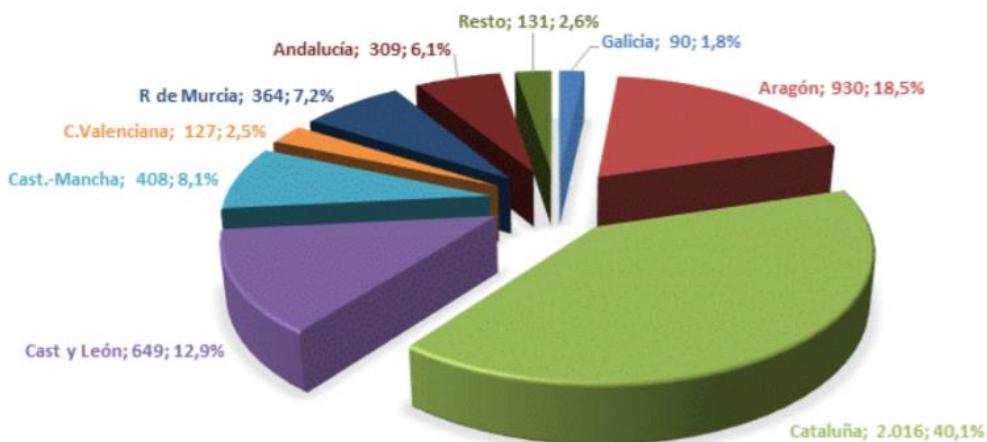
**Figura 3. Gráfica comparativa de la producción de carne según la especie en la Unión Europea entre 2010 y 2019 (Eurostat, 2021).**

Dentro de la Unión Europea, los principales productores son Alemania y España, con 5.101 y 5.024 toneladas respectivamente.



**Figura 4. Producción de carne de cerdo en la unión europea durante el año 2020 (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2021)**

En España, el principal productor porcino es Cataluña con 2.016 toneladas, seguido de lejos por Aragón con 930 toneladas. Entre ambas comunidades abarcan más de la mitad de la producción nacional.



**Figura 5. Distribución de la producción de carne de cerdo por comunidades autónomas en el año 2020 (Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 2021).**

## 1.2 EL COLOR

El color de la carne es el resultado de cambios en el estado químico de la mioglobina (Mb), proteína sarcoplasmática, y de los procesos post-mortem. En la carne fresca, la mioglobina se presenta en muchas formas, las más importantes son la desoximoglobina (DMb), la oximoglobina (OMb) y la metamioglobina (MMb). La forma oximoglobina confiere un color rojo brillante sinónimo de frescura y los consumidores lo encuentran atractivo, mientras que la forma oxidada, metamioglobina, se traduce en un color marrón, el hierro  $\text{Fe}^{2+}$  se ha oxidado a hierro  $\text{Fe}^{3+}$ . La desoximoglobina es una forma de mioglobina que contiene hierro ferroso, en este caso, el color de la carne es rojo violáceo.

La formación de metamioglobina depende de muchos factores, incluida la presión parcial de oxígeno, la temperatura, el pH, la reducción de la actividad de la carne y, en algunos casos, la presencia y el crecimiento de microorganismos. A una baja presión parcial de  $\text{O}_2$  en la atmósfera, la desoximoglobina comienza a oxidarse a metamioglobina, en el interior y en la superficie. Por consiguiente, reducir la metamioglobina es esencial para la estabilidad del color de la carne (Surendranath y Poulson, 2013).

## 1.3 ATMÓSFERAS PROTECTORAS

Las percepciones y evaluaciones de los consumidores del color de la carne influyen en la decisión de compra, y pueden verse afectadas por el tipo envasado que se utilicé. Por esa razón, la industria alimentaria está en constante búsqueda de métodos que prolonguen la vida útil del producto tanto como sea posible manteniendo un aspecto apetecible para el consumidor (Grebitus *et al.*, 2018). Las atmósferas protectoras nos permiten aumentar la vida útil. En el sector cárnico los gases que se suelen emplear en las atmósferas controladas son dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ), oxígeno ( $\text{O}_2$ ) y nitrógeno ( $\text{N}_2$ ).

El envasado en atmósfera protectora con contenidos de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) entre 20 y 40% es un método eficaz para prolongar la vida útil de la carne durante su almacenamiento, lo que facilita el envío de productos frescos a mercados más lejanos. A corto plazo, el oxígeno ( $\text{O}_2$ ) es eficaz para mantener un atractivo color en las carnes rojas. Sin embargo, una exposición prolongada al oxígeno deriva en decoloración de la carne y la formación irreversible de metamioglobina (Wilkinson *et al.*, 2006).

En respuesta al problema citado anteriormente apartado, la incorporación de monóxido de carbono (CO) en la mezcla de gases permitiría disminuir el porcentaje de oxígeno y mantener más tiempo el color. En estas condiciones, el  $\text{O}_2$  residual no es problemático para el color de la carne, ya que la afinidad de mioglobina por el CO es mayor que su afinidad por el  $\text{O}_2$ .

Pero el uso del monóxido de carbono ha resultado ser un tema de controversia entre diferentes países al prohibir o aceptar éste en los alimentos, por ejemplo, en la Unión Europea no permite su uso. Otros países como Estados Unidos o Noruega opinan distinto. La Food and Drug Administration (FDA) asegura que a las concentraciones en que se encuentra el CO en las atmósferas modificadas, generalmente menores de 1% (entre 0,3 y 0,5%), no supone un riesgo para la salud. Según Wilkinson *et al.* (2006), el uso de CO para envasar carne en Noruega se lleva realizando desde 1985, aproximadamente se vende el 60% de las atmósferas modificadas con un 0,4% de CO pero en la actualidad esta práctica se ha abandonado por que la Legislación alimentaria en Noruega se ha adaptado a la de la Unión Europea.

## 2. JUSTIFICACIÓN

En los últimos 30 años las atmósferas controladas han ganado popularidad y se han realizado numerosos estudios al respecto con el fin de mejorar la conservación de la carne fresca, aumentar su vida útil y el atractivo del producto.

Visto que en la mayoría de los países no está permitido su uso por riesgo a que sea nocivo para el consumo humano, resulta interesante estudiar si, en cantidades reducidas, el monóxido de carbono (CO) es realmente útil para prolongar la vida útil de la carne fresca y cómo varían las características de esta.

Debido a esto y en referencia al apartado anterior, el uso experimental de monóxido de carbono podría favorecer la estabilidad del color y por ende mejorar el aspecto de la carne envasada haciéndola más atractiva para el consumidor. Es por eso por lo que se ha decidido realizar este estudio, para evaluar su efecto y estudiar qué tipo de tratamiento es más beneficioso para mejorar la calidad y aumentar la vida útil del producto.

## 3. OBJETIVOS

### 3.1. OBJETIVO GENERAL

El objetivo general fue estudiar el efecto del uso de CO sobre la calidad fisicoquímica y sensorial de filetes de lomo de cerdo envasados en atmósferas protectoras.

### 3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Los objetivos específicos fueron principalmente dos:

- Evaluar el efecto de pretratamientos de duración variable con CO y posterior envasado en atmósferas protectoras en la calidad de filetes de lomo de cerdo al final de su vida útil.
- Establecer el efecto del envasado en atmósferas protectoras, con distintas concentraciones de CO, sobre la calidad de filetes de lomo de cerdo al final de su vida útil.

## 4. METODOLOGÍA

Se realizaron dos tipos de estudios con uso experimental de Monóxido de Carbono (CO).

El primer estudio consistió en cuatro muestras envasadas en bandeja con distintas atmósferas protectoras:

1. Envasado con 70% O<sub>2</sub> y 30% CO<sub>2</sub> (denominada “atmósfera estándar”).
2. Envasado con 69,8% O<sub>2</sub> 30% CO<sub>2</sub> y 0,2% CO (denominada “0,2 CO”).
3. Envasado con 69,5% O<sub>2</sub> 30% CO<sub>2</sub> y 0,5% CO (denominada “0,5 CO”).
4. Envasado con 69,5 Ar 30% CO<sub>2</sub> y 0,5% CO (denominada “Argón”).

El segundo estudio consistió en un tiempo de exposición con 95% Argón y 5% CO, y posterior envasado en una atmósfera protectora estándar (70% O<sub>2</sub> y 30% CO<sub>2</sub>). Los tiempos de exposición fueron los siguientes:

- T0: tiempo de tratamiento de 0 horas (denominado “Referencia”).
- T1: tiempo de tratamiento de 1 hora (denominado “1 hora”).
- T2: tiempo de tratamiento de 2 horas (denominado “2 horas”).

Para cuantificar la calidad de los filetes de lomo se realizaron 3 tipos de análisis para ambos estudios: Se realizó la medida instrumental del color mediante un colorímetro Minolta utilizando el sistema CIE L\*a\*b. Se llevó a cabo la medida de la oxidación lipídica mediante la determinación de las sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS), de acuerdo con el método descrito por Pfalzgraf *et al.* (1995). Así mismo, se llevó a cabo una valoración sensorial de las muestras utilizando un panel de jueces entrenados que cuantificaron las características sensoriales de la carne mediante el método de comparación con una referencia.

En los siguientes subapartados se describe con detalle cada uno de los análisis llevados a cabo.

#### 4.1. ANÁLISIS QUÍMICO

El primer análisis realizado fue la medida de la oxidación lipídica mediante la determinación de las sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS), de acuerdo con el método descrito por Pfalzgraf *et al.* (1995). Los reactivos empleados en este análisis fueron ácido tricloroacético (TCA), ácido tiobarbitúrico (TBA) y un compuesto análogo del malonaldehido (TMP).

Esta técnica se basa en la reacción colorimétrica del ácido tiobarbitúrico con el TMP dando lugar a un color rosa, cuya intensidad depende de la concentración de éste, siendo proporcional a la absorbancia. Es por eso, que este método requiere de una curva patrón formada por 10 puntos con las siguientes cantidades de TMP: 0 µl (blanco), 10 µl, 20 µl, 30 µl, 40 µl, 50 µl, 60 µl, 70 µl, 80 µl, 90 µl y 100 µl. Una vez preparada la curva, los tubos se mantuvieron en un baño de agua termostático (Grant W14, Cambrige, UK) a 100°C durante 30 minutos. Después se midió la absorbancia en un espectrofotómetro a 532 nm (Unicam 5625 UV/VIS, Cambridge, Reino Unido).

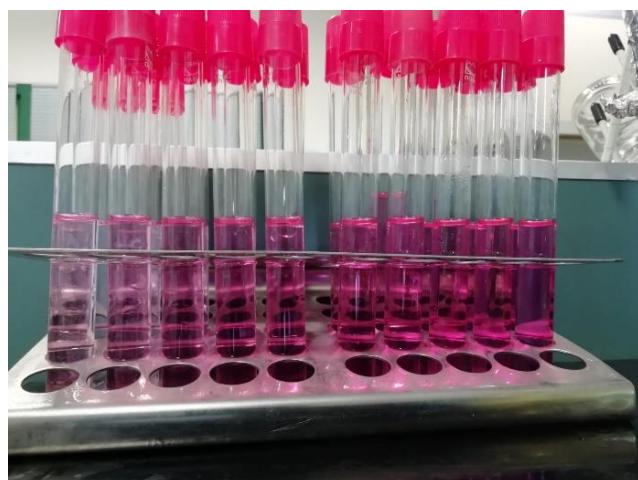


Foto 1. Imagen de la curva patrón tras la incubación para la determinación del TBARS.

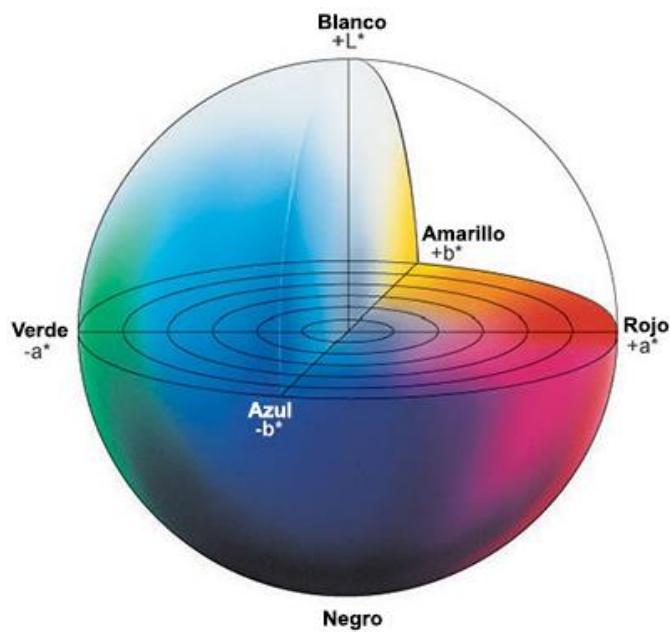
Una vez obtenida la curva patrón se prepararon las muestras correspondientes al lomo. Para ello se picó la muestra para homogeneizar y favorecer su posterior triturado, se pesaron 10 g de la muestra (evitando tejido conjuntivo) en tubos Falcon y se homogenizó con 20 mL de ácido tricloracético (TCA) al 10 % en campana mediante el uso de un Ultra-Turrax (Jake y Kunkel, Staufen, Alemania) durante 30-40 segundos a 1.200 r.p.m. Los tubos fueron centrifugados posteriormente durante 30 minutos a 4.000 r.p.m. a 4°C (Jouan CR 411, USA). Una vez centrifugadas las muestras, se filtraron con papel de filtro, con el fin de obtener 2 mL de la muestra filtrada, y traspasarlos a tubos de ensayo junto con 2 mL de una solución de 20 mM de ácido tiobarbiturico (TBA) preparada previamente. Todas las muestras se analizaron por duplicado; además, se realizó un blanco compuesto por 2 mL de TBA y 2 mL de agua destilada. Todas las muestras se incubaron en un baño de agua destilada a 97°C durante 20 minutos. Y una vez enfriados los tubos a temperatura ambiente se midió la absorbancia en un espectrofotómetro a 532 nm (Unicam 5625 UV/VIS, Cambridge, Reino Unido).

A partir de la recta obtenida con las soluciones patrón y las absorbancias de las muestras, se calculó la concentración de malondialdehido de las muestras de lomo y de este modo se determinó el grado de oxidación. La concentración de malondialdehido es directamente proporcional a la absorbancia. Las medidas obtenidas se expresaron como sustancias reactivas al ácido 2-tiobarbiturico (TBARS) en mg de malondialdehido (MDA) / kg de muestra.

## 4.2. ANÁLISIS FÍSICO

La medida instrumental del color se llevó a cabo mediante el sistema CIE L\*a\*b\*. Es el modelo cromático comúnmente utilizado para describir todos los colores que el ojo humano puede percibir. Fue desarrollado específicamente para este propósito por la Comisión Internacional de Iluminación, razón por la cual fue abreviado como CIE.

Los tres parámetros en el modelo representan la luminosidad del color ( $L^*$ ,  $L^* = 0$  indica negro,  $L^* = 100$  indica blanco), y su posición entre rojo y verde ( $a^*$ , valor negativo indica tonalidad verde, valor positivo indica tonalidad roja) y su posición entre amarillo y azul ( $b^*$ , valor negativo indica tonalidad azul, valor positivo indica tonalidad amarilla). La siguiente imagen corresponde al diagrama de este modelo en un esquema tridimensional.



**Foto 2. Diagrama cromático del sistema CIE L\*a\*b (Konica Minolta Sensing Americas, Inc.).**

La medida del color se realizó utilizando un colorímetro (Minolta, CM-2002, Japón), que fue previamente calibrado frente a un blanco estándar y frente a un negro, sobre varios puntos de cada filete de lomo, procurando siempre no medir en zonas con grasa que distorsionarían la medida de color de la carne.

En el apartado 1.2 de la introducción se habla de las distintas formas de la mioglobina. Estas tres formas tienen curvas espectrofotométricas características, que de un simple vistazo dan información útil sobre el color de la carne. Cuando la mioglobina se encuentra en su estado reducido, su espectro de reflectancia tiene un máximo relativo en la región azul, un máximo mayor en la región roja y un mínimo en el área central correspondiente a la región verde, dando a la superficie de la carne un color rojo violáceo.

El proceso de oxigenación conlleva una disminución de la reflectancia en la región azul y un aumento en la roja, cambiando el color de la carne de rojo violáceo a rojo brillante. La presencia de metamioglobina también muestra señales distintivas que provocan una pérdida de viveza y una apariencia pardusca. Esta evolución de la forma del espectro de reflectancia ocurre en cualquier especie ganadera, independientemente de su raza o músculo, pero a diferentes velocidades, lo que afecta directamente a la vida útil de la carne.

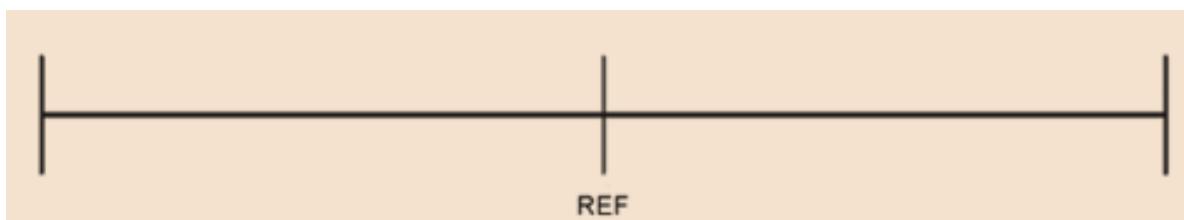
### 4.3. ANÁLISIS SENSORIAL

El análisis sensorial se hizo utilizando el método de Referencia, concretamente el Test de “Desviación Respetto a una Referencia” recogido en la Norma UNE-EN ISO 13299, de 2017.

El método de desviación respecto a un perfil de referencia, llamado también método relativo a una escala de referencia se desarrolló por primera vez por Larson y Pangborn (1978). Este método es una modificación del análisis descriptivo genérico donde los evaluadores evalúan las muestras respecto a una referencia, en este caso las muestras de lomo envasadas en atmósfera estándar.

Las muestras se presentaron siempre en parejas, siendo comparadas directamente por el panelista durante su evaluación en relación a la referencia. La muestra de referencia se sitúa en la mitad de la escala, siendo esta escala bipolar. Los evaluadores puntuán cada atributo de las muestras como más o menos intenso que la muestra de referencia.

La siguiente imagen muestra un ejemplo de las escalas utilizadas:



**Foto 3. Escala utilizada en la desviación relativa con respecto a una referencia.**

Al principio del apartado de metodología se explican los dos tipos de experimentos que se han realizado con monóxido de carbono (CO). Esto nos será útil para entender este test sensorial.

En el primer experimento la referencia que tomamos es la atmósfera con 70% O<sub>2</sub> y 30% CO<sub>2</sub> (atmósfera estándar) y la comparamos con el resto de las muestras: la atmósfera con 69,8% O<sub>2</sub> 30% CO<sub>2</sub> y 0,2% CO (0,2 CO), la atmósfera con 69,5% O<sub>2</sub> 30% CO<sub>2</sub> y 0,5% CO (0,5 CO) y la atmósfera con 69,5 Ar 30% CO<sub>2</sub> y 0,5% CO (Argón).

La referencia en el segundo experimento fueron las muestras sin tratamiento con monóxido de carbono (CO). Estas muestras se compararon con aquellas tratadas durante 1 hora y durante 2 horas.



**Foto 4. Muestras utilizadas en el análisis sensorial antes del cocinado.**



**Foto 5. Muestras utilizadas en el análisis sensorial después del cocinado.**

Para el análisis sensorial, se utilizó un panel entrenado de la Facultad de Veterinaria de 12 evaluadores. Las sesiones tuvieron lugar en la sala de catas de la Planta Piloto que cumple con lo establecido en la Norma ISO 8589:2007.

El tratamiento culinario se realizó bajo condiciones higiénicas en la cocina de la Planta Piloto mediante el uso de un grill de doble placa (Samic GRD10, Guipúzcoa, España) a 200°C hasta alcanzar una

temperatura interna de  $72\pm1^{\circ}\text{C}$  en el centro del filete, medida con una sonda de penetración acoplada a un termómetro JENWAY 2000®. La cocción se realizó sin sal ni ningún otro tipo de condimento. Una vez cocinados los filetes, se eliminó la grasa de estos, así como, el tejido conectivo, se cortaron en muestras de 2 x 2 cm, se envolvieron en papel de aluminio y se codificaron con un número de tres cifras aleatorias, salvo las muestras de referencia que fueron marcadas con R. Las muestras así preparadas atendiendo al Real Decreto 3484/2000 se mantuvieron a temperatura de  $65\pm1^{\circ}\text{C}$  en un calientaplatos hasta el momento de su consumo. Los catadores dispusieron de colines y agua mineral sin gas para eliminar los residuos sensoriales de la boca entre muestra y muestra.

#### 4.4. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para analizar los datos obtenidos de los tres análisis anteriormente explicados, se realizó un análisis estadístico utilizando el paquete estadístico XLSTAT del programa Excel perteneciente a Microsoft Office. Este software, con sus más de 240 funciones estadísticas, es una herramienta que ha permitido analizar los datos obtenidos con el método sensorial de referencia y compararlo con los datos obtenidos en la determinación de las sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico (TBARS) y del color medido instrumentalmente con el colorímetro Minolta.

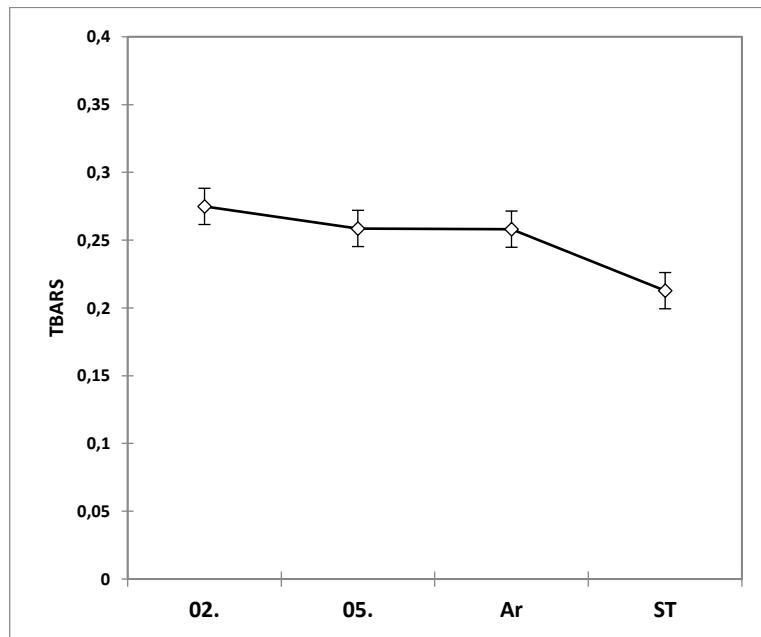
Una de las herramientas utilizadas fue el ANOVA (Análisis de Varianza). ANOVA es una prueba de normalidad que nos permite verificar si una población difiere significativamente de una distribución normal, es decir, nos permite verificar en qué grado difieren los datos obtenidos del análisis sensorial, del panel de expertos, con la referencia. Para ello se utilizó la distribución F de Fisher. Al comparar estos datos, se obtuvo un diagrama comparativo de las características fisicoquímicas y sensoriales de cada estudio.

También se usó el Análisis de Componentes Principales (ACP) que es la expresión de un conjunto de variables en un conjunto de combinaciones lineales de factores no correlacionados entre sí. Para interpretar los datos obtenidos en el análisis sensorial con el método de referencia se utilizó este tipo de análisis estadístico. También se utilizó para establecer la relación existente entre los parámetros de calidad físico-químicos y las atmósferas utilizadas en un estudio o los pretratamientos con CO en el otro estudio.

## 5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 5.1. ENVASADO CON MONÓXIDO DE CARBONO

Tal como muestran la siguiente figura y tabla, respecto a la **oxidación lipídica** no hubo diferencias estadísticamente significativas entre las distintas atmósferas de conservación utilizadas.



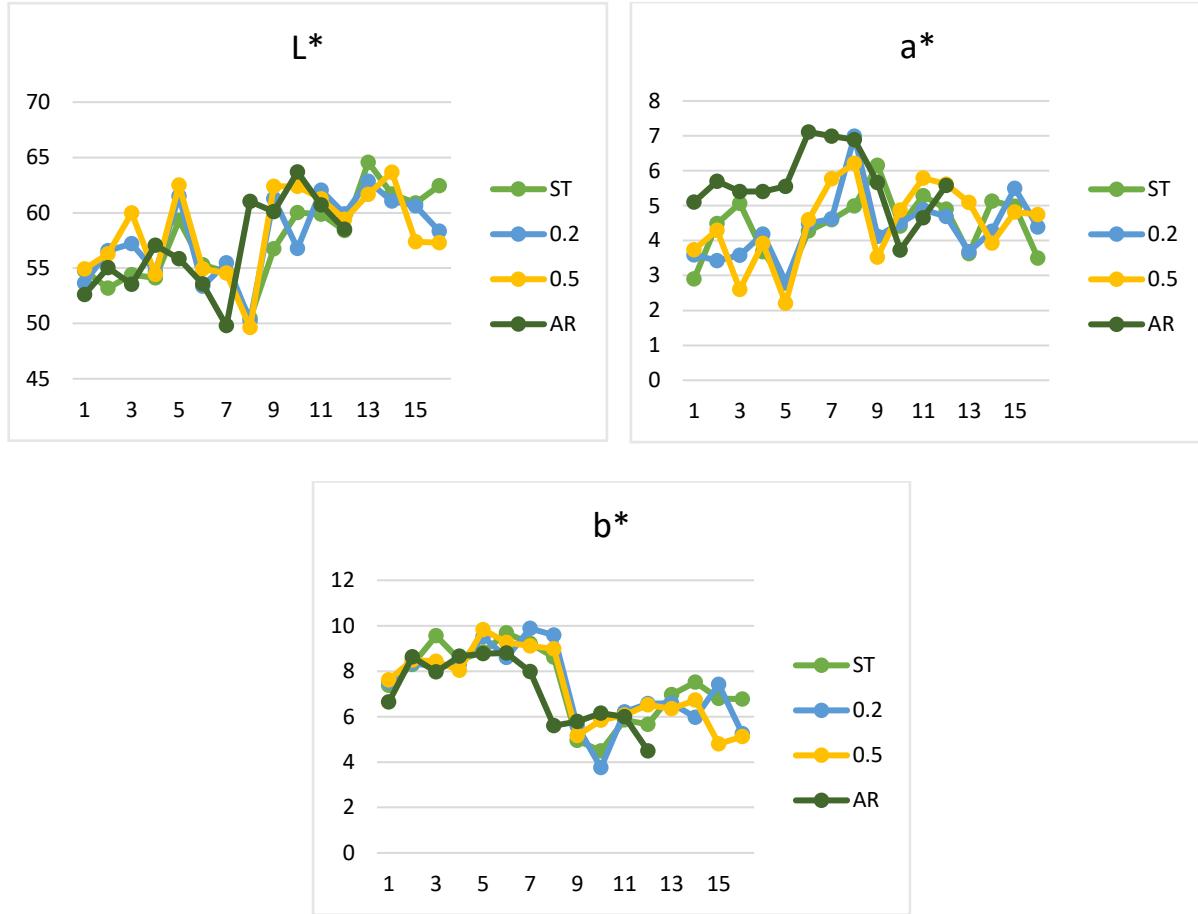
**Figura 6.** Representación gráfica de los resultados obtenidos de TBARS de las muestras con 0,2% (02.) de CO, 0,5% de CO (05.), con Argón (Ar) y la muestra de referencia o estándar (ST).

**Tabla 1.** Datos medios obtenidos de TBARS de la muestra envasada con CO.

Atmósfera	Medias LS	Error estándar	Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)	Grupos
02.	0,275	0,025	0,223	0,327	A
05.	0,259	0,025	0,207	0,310	A
Ar	0,258	0,025	0,206	0,310	A
ST	0,213	0,025	0,161	0,265	A

Tal como se explica en el apartado de metodología, en los resultados podemos diferenciar los valores obtenido de luminosidad, color rojo y color azul en este caso. Como se puede observar en las gráficas a continuación, en ambos casos se realizaron dos réplicas de cada muestra.

En las figuras 7, 8 y 9 están los resultados obtenidos del primer experimento con monóxido de carbono. Respecto al parámetro  $L^*$  los valores obtenidos son muy similares dentro de un rango entre 49,64 y 64,67. El parámetro  $a^*$  entre 2,21 y 7,11, y el parámetro  $b^*$  entre 3,75 y 9,88.



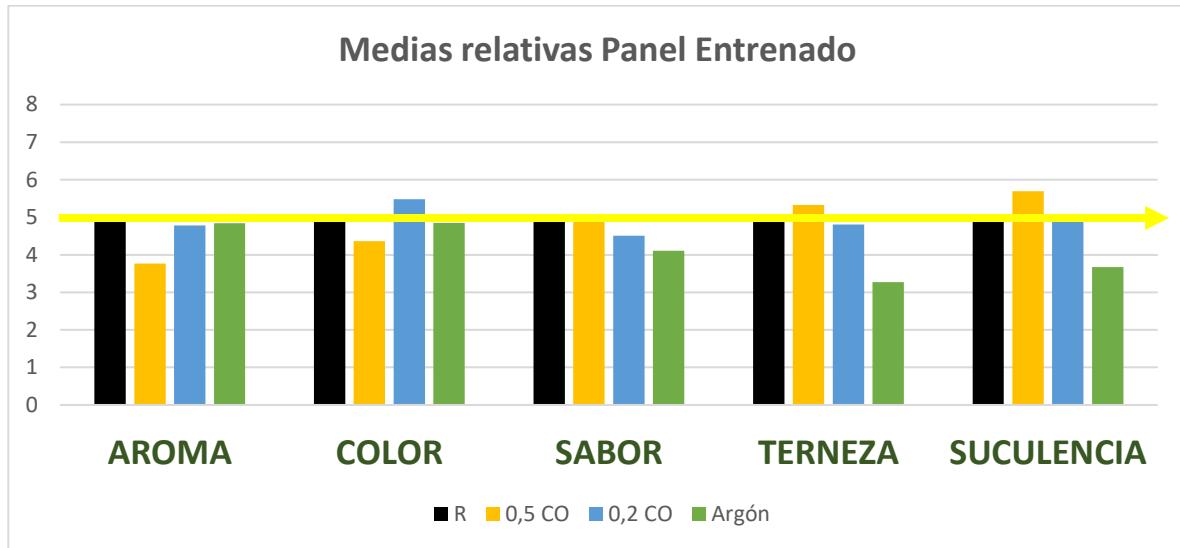
**Figuras 7, 8 y 9. Datos de color del día 10 de la muestra envasada con CO.**

Clasificando los datos según el tipo de atmósfera, se observa que aquellos datos obtenidos de las muestras relativas a la atmósfera con argón tienen valores más altos del parámetro  $a^*$ , correspondiente al color rojo. La muestra control y la que tiene un 0,2% de CO contrastan con la de argón y son las que tienen valores menores del parámetro  $a^*$ .

Respecto al **análisis sensorial**, la siguiente figura 10 muestra las medias relativas obtenidas con un panel entrenado para las valoraciones de los atributos sensoriales (aroma característico a lomo, color característico de lomo cocinado, sabor característico, terneza y suculencia).

La referencia (R, en negro) correspondiente a las muestras de lomo conservadas en atmósfera estándar tiene un valor arbitrario de 5 ya que se situó en la mitad escala utilizada. De esta forma

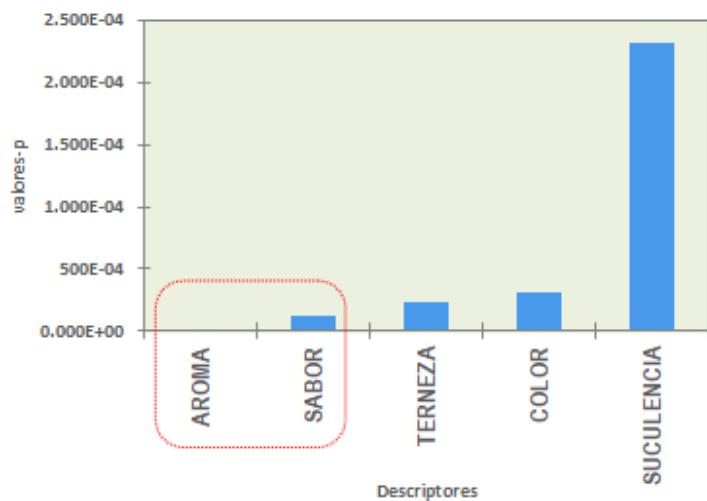
valores por encima de 5 significa que la muestra valorada tiene una intensidad mayor que el estándar, mientras que valores por debajo de 5 indica que la muestra tiene una intensidad menor que el estándar.



**Figura 10. Medias relativas de las valoraciones obtenidas con el panel entrenado.**

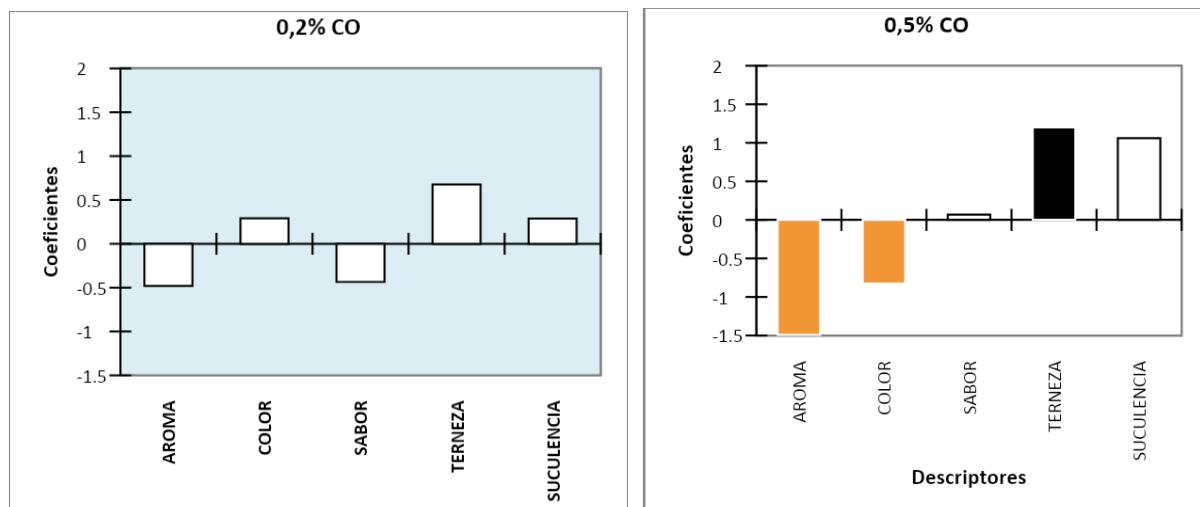
Tal y como se aprecia en la figura anterior, las muestras conservadas con argón (en verde) igualan al estándar en aroma y color, pero presentaron un menor sabor, terneza y suculencia. Las muestras conservadas con un 0,2% de CO (en azul) mostraron valoraciones similares al estándar en terneza, suculencia y aroma, con algo más de color y algo menos de sabor. Finalmente, las muestras conservadas con un 0,5% de CO (en naranja), presentaron mayor terneza y suculencia, similar sabor, pero con menos aroma e intensidad del color tras cocinado.

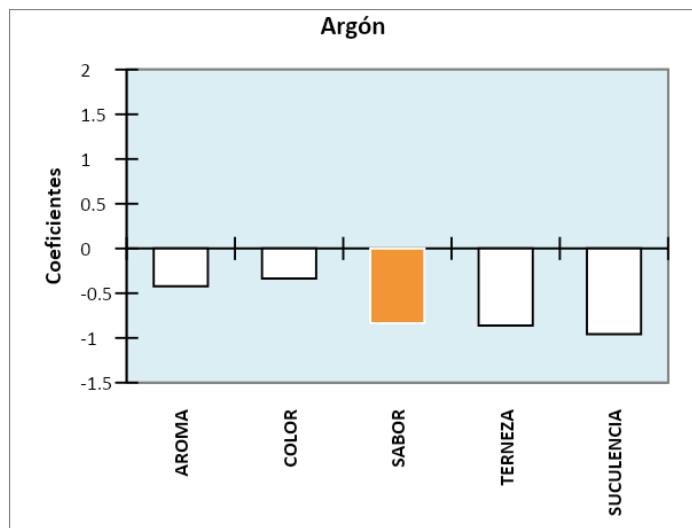
Analizando estadísticamente los resultados obtenidos, tal y como muestra la figura 11, el atributo sensorial más significativo fue el aroma, seguido del sabor, terneza y color. La suculencia presentó muy poco poder discriminatorio.



**Figura 11. Poder discriminatorio por descriptor.**

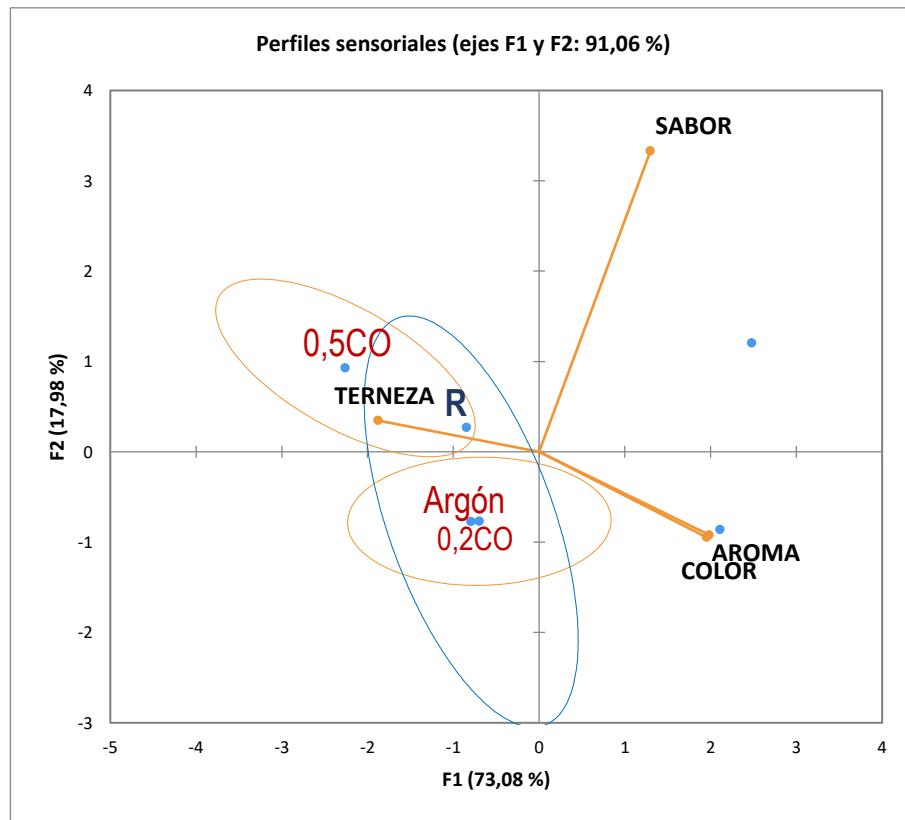
La siguiente figura muestra las diferencias de cada una de las muestras con respecto a la referencia. Las barras positivas indican que los descriptores sensoriales mostraron mayor intensidad que la referencia, mientras que las barras negativas indican que esos descriptores presentaron una menor intensidad. Si la barra está rellena (barras en negro hacia el lado positivo y barras en naranja hacia el lado negativo) quiere decir que el descriptor resultó estadísticamente significativo respecto a la referencia.





**Figuras 12, 13 y 14. Caracterización sensorial de lomos con respecto a la referencia.**

Finalmente, se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP), mostrado en la figura 15, para tener una percepción global del comportamiento (asociaciones en el espacio basadas en proyecciones ortogonales) de las distintas muestras analizadas frente a la referencia.

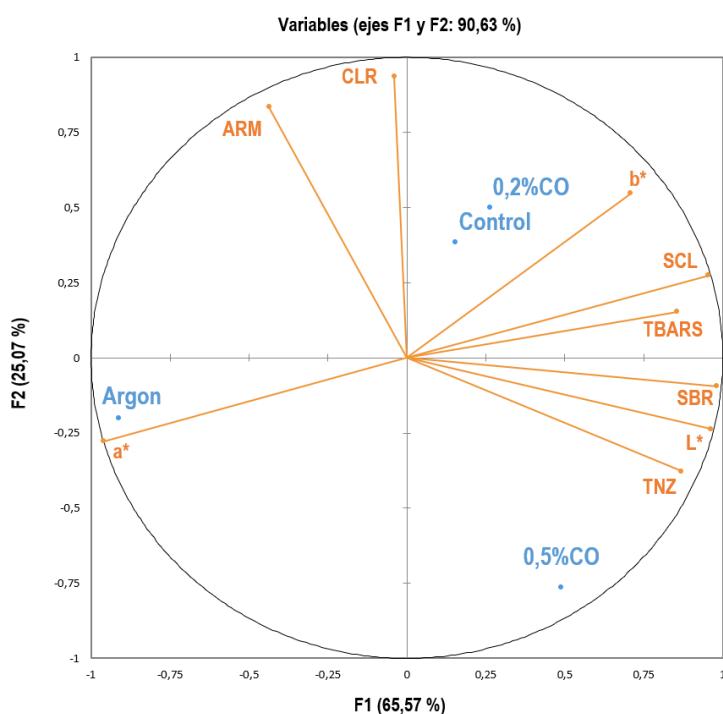


**Figura 15. Análisis de Componentes Principales (ACP) para las muestras conservadas en atmósferas con CO.**

En el experimento consistente en conservar las muestras en una atmósfera con CO o Argón, tal y como se aprecia en la figura anterior, las muestras conservadas con argón igualan al estándar en aroma y color, pero presentaron un menor sabor, terneza y suculencia. Las muestras conservadas con un 0,2% de CO mostraron valoraciones similares al estándar en terneza, suculencia y aroma, con algo más de color y algo menos de sabor. Finalmente, las muestras conservadas con un 0,5% de CO (en morado), presentaron mayor terneza y suculencia, similar sabor, pero con menos aroma e intensidad del color tras cocinado.

A grandes rasgos, las muestras de lomo que más se parecen a la referencia (envasado estándar) fueron las envasadas con un 0,5% de CO, destacando en ella su terneza.

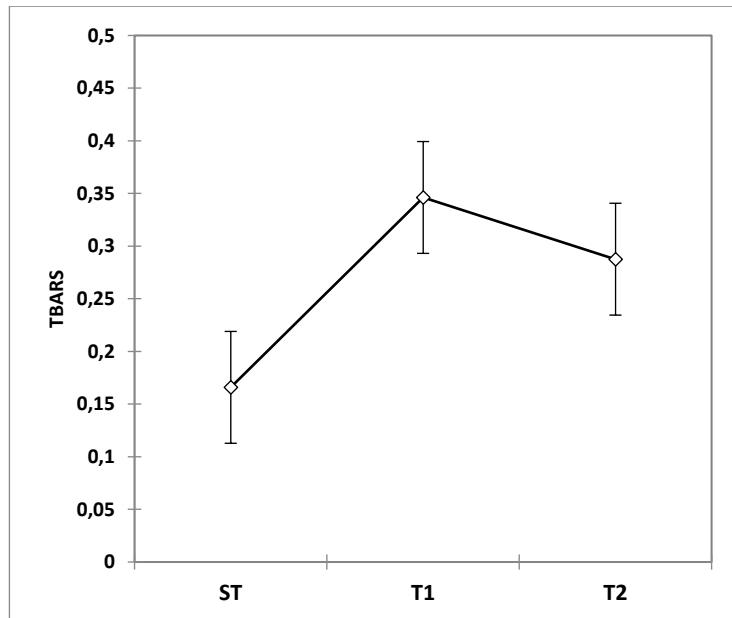
Finalmente, en la figura 16 se puede ver de forma global la comparación de cada tipo de muestra con todos los parámetros analizados en este estudio. En términos generales, se observa que según el análisis colorimétrico la muestra con Argón es la que más mantiene el color, sin embargo, el panel considera que la muestra de referencia y la muestra con 0,2% de CO son las que tienen un color más apetecible.



**Figura 16. Diagrama comparativo de las características fisicoquímicas y sensoriales del primer experimento.**

## 5.2. PRETRATAMIENTO CON MONÓXIDO DE CARBONO

En lo que se refiere a la **oxidación lipídica**, el tratamiento estándar (sin CO) presentó una oxidación menor que los tratamientos ensayados, siendo esta diferencia estadísticamente significativa con respecto a los dos pretratamientos, tal y como se muestran en la siguiente figura y tabla.

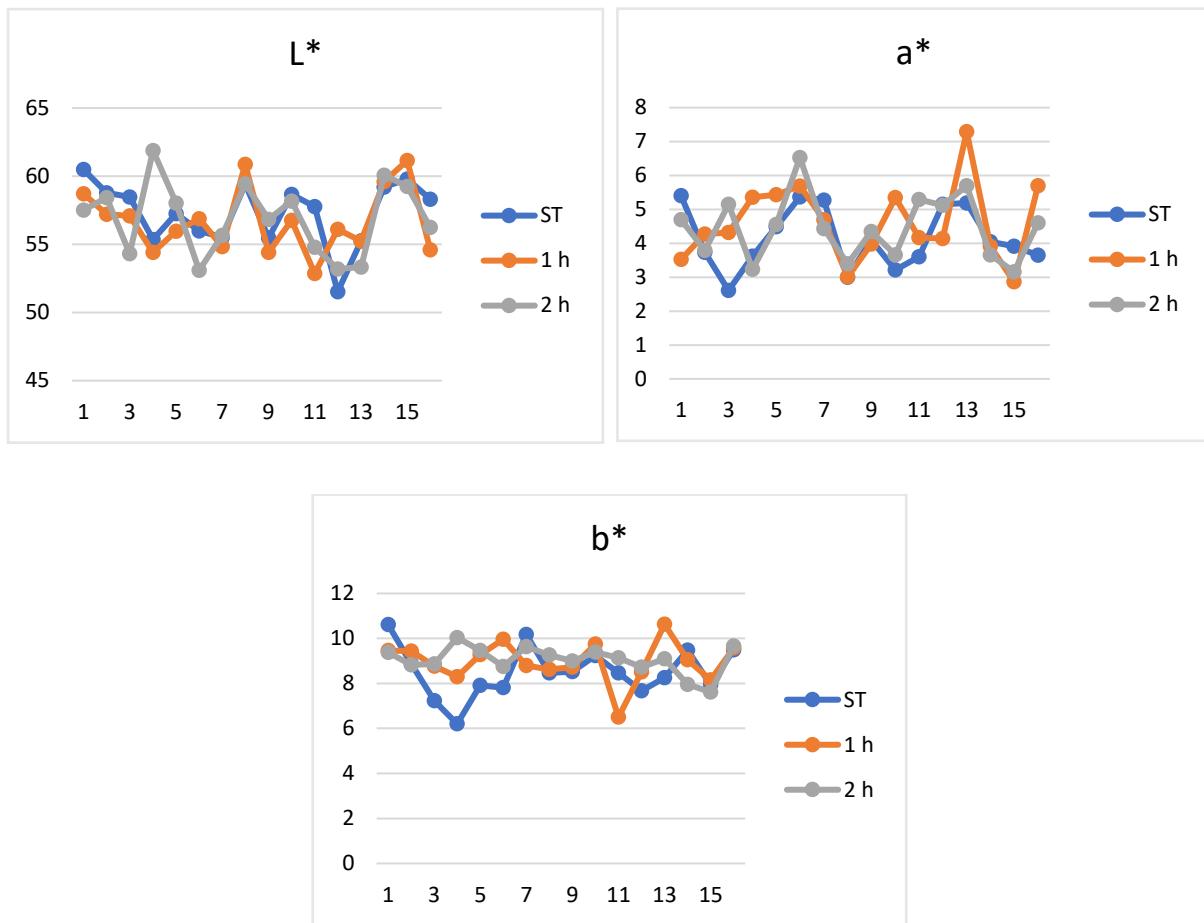


**Figura 17.** Representación gráfica de los resultados obtenidos de TBARS de las muestras de referencia o estándar (ST), con 1 hora de pretratamiento (T1) y con 2 horas de pretratamiento (T2).

**Tabla 2.** Datos medios obtenidos de TBARS de la muestra pretratada con CO.

Tratamiento	Medias LS	Error estándar	Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)	Grupos
T1	0,346	0,038	0,266	0,426	A
T2	0,288	0,038	0,208	0,368	A
ST	0,166	0,038	0,086	0,246	B

Por otro lado, en las figuras 18, 19 y 20 observamos los valores de colorimetría obtenidos relativos al segundo experimento. Los valores de L\* están entre 51,53 y 61,88, los de a\* entre 2,61 y 7,29, y los de b\* entre 6,2 y 10,63.

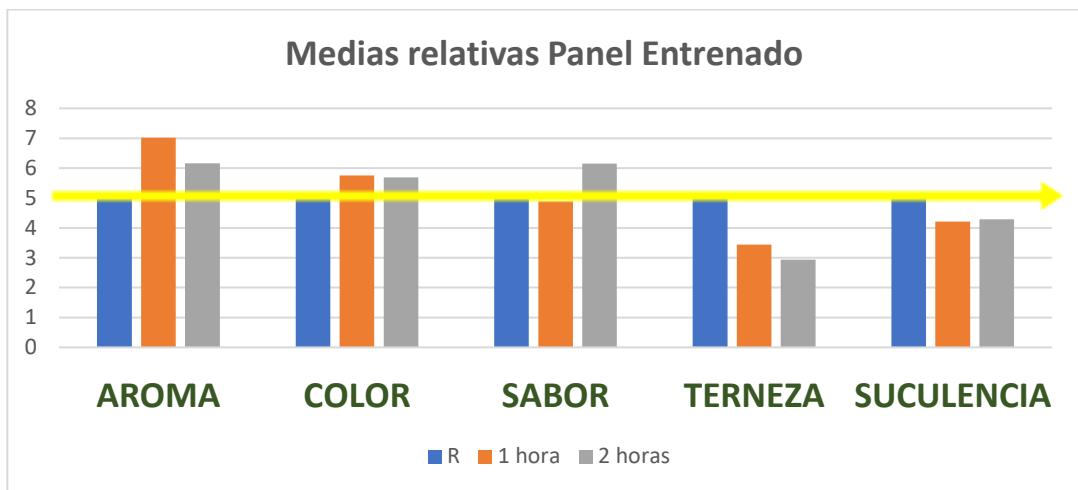


**Figuras 18, 19 y 20. Datos de color del día 10 de la muestra pretratada con CO.**

En este caso, los valores más altos de  $a^*$  corresponden a las muestras tratadas durante más tiempo con CO antes de su envasado. Claramente, el CO es el responsable de prologar la duración del color rojo en esas muestras de lomo. Las muestras que no han sido pretratadas con CO tienen valores mayores del parámetro  $b^*$  y por lo tanto una coloración más azulada.

Esto nos demuestra la afinidad del CO y la mioglobina, razón por la que mantiene mejor el color rojo, característico de la carne fresca, que una atmósfera estándar sólo con  $O_2$  y  $CO_2$ . También vemos que resulta más eficaz el pretratado con CO que el envasado con CO, desde un punto de vista colorimétrico.

La siguiente figura muestra las medias relativas obtenidas con el panel entrenado para las valoraciones de los **atributos sensoriales** en el experimento del tratamiento con CO.

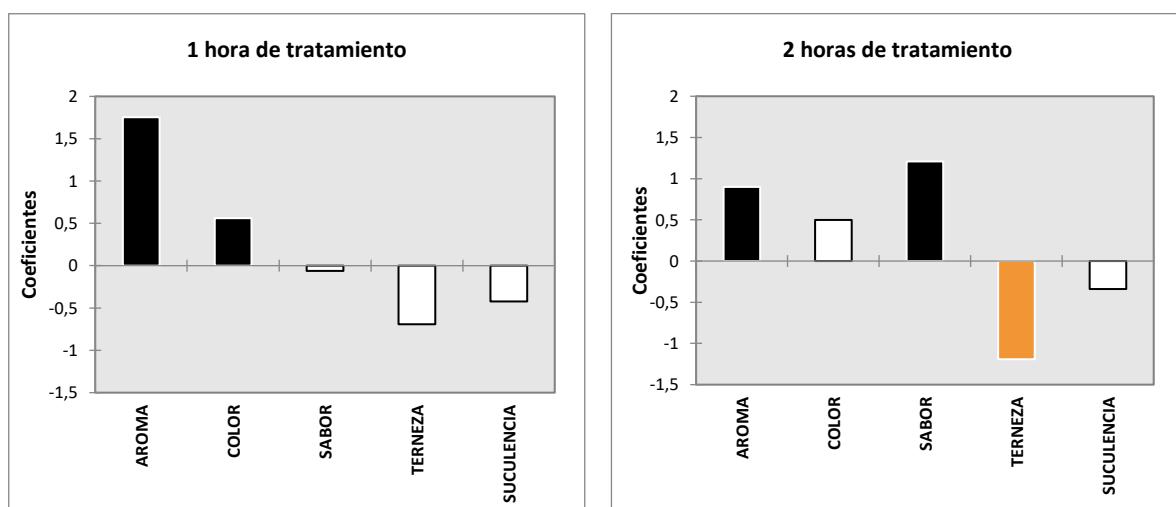


**Figura 21.** Medias relativas de las valoraciones obtenidas con el panel entrenado.

Se puede observar que ambos tratamientos presentaron un mayor aroma y color cocinado que el estándar, mientras que presentaron una menor terneza y suculencia. Respecto al sabor, el tratamiento de 2 horas mostró mayor sabor que el estándar, mientras que el tratamiento de 1 hora mostró la misma intensidad de sabor que la referencia.

Analizando estadísticamente los resultados obtenidos, al igual que ocurría en el estudio con atmósferas con CO, el atributo sensorial más significativo fue el aroma, seguido del sabor, terneza y color; mientras que la suculencia presentó muy poco poder discriminatorio.

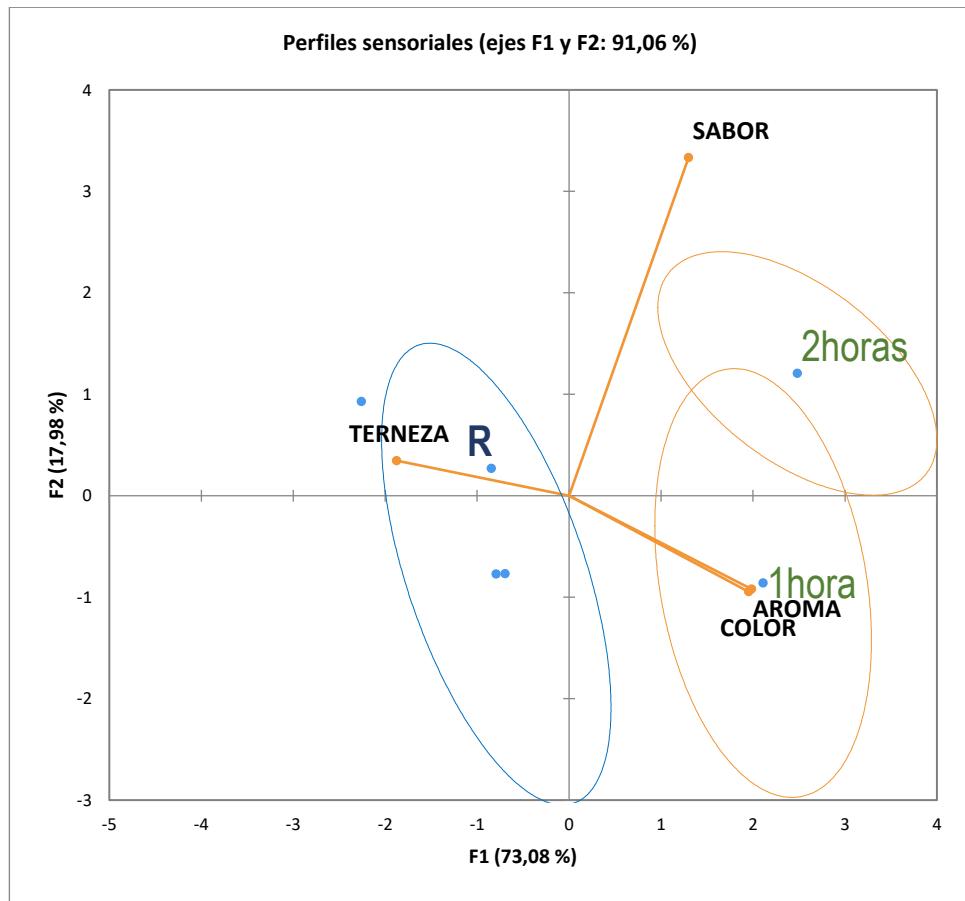
La siguiente figura muestra las diferencias de cada una de las muestras con respecto a la referencia.



**Figuras 22 y 23.** Caracterización sensorial de lomos con respecto a la referencia en el estudio de pretratamientos con CO.

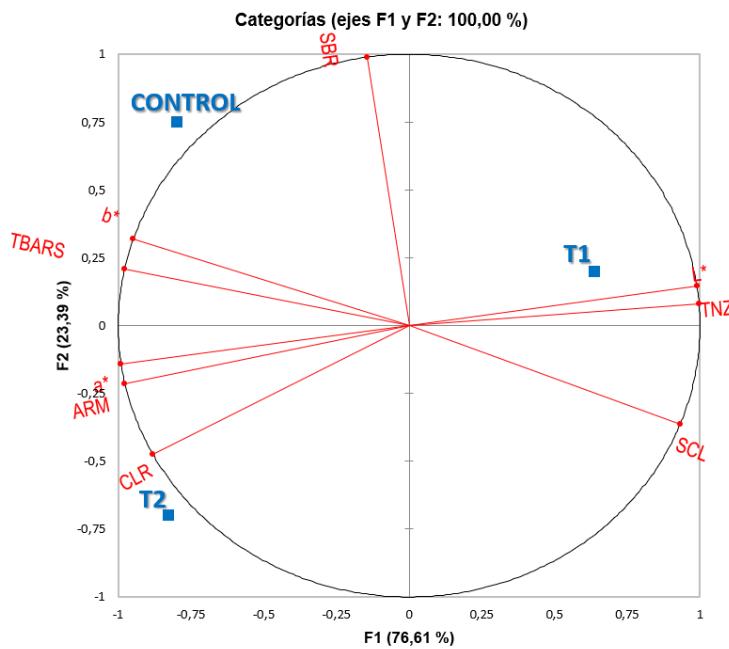
Por último, se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP), mostrado en la figura 24, para tener una percepción global del comportamiento de las distintas muestras analizadas frente a la referencia.

A grandes rasgos, el tratamiento con CO y posterior envasado, originó muestras que difieren más del estándar que el simple envasado con CO o argón. Como se observa, en este experimento, el tratamiento de 2 horas fue aquel con mayor similitud al estándar (R).



**Figura 24. Análisis de Componentes Principales (ACP) de las muestras sometidas a pretratamientos con CO.**

Finalmente, teniendo en cuenta todos los parámetros analizados, recogidos en la figura 25; se observa claramente que las muestras pretratadas 2 horas con monóxido de carbono (CO) tanto sensorialmente como en el análisis físico fueron las mejores valoradas, es decir, es el tratamiento que ha obtenido resultados más favorables.



**Figura 25. Diagrama comparativo de las características fisicoquímicas y sensoriales del segundo estudio.**

## 6. CONCLUSIONES

### 6.1 ENVASADO CON MONÓXIDO DE CARBONO

En conclusión, con el análisis químico, el envasado con CO no ha resultado un mecanismo eficaz para evitar o reducir la oxidación de las muestras de lomo. Se observa una ligera reducción de la oxidación, pero no es significativa.

Respecto al análisis sensorial, podemos concluir que, en el experimento con atmósferas en presencia de CO, la que contenía un 0,5% de monóxido resultó más similar a la referencia, presentando una mejor terneza.

### 6.2. PRETRATAMIENTO CON MONÓXIDO DE CARBONO

En este experimento la conclusión respecto al análisis químico es idéntica al primer experimento. El pretratamiento con CO tampoco ha resultado ser un mecanismo eficaz para evitar o reducir la oxidación de las muestras de lomo.

En el caso del análisis físico, concluimos que es más eficaz el pretratado con CO que el envasado con CO y que, por lo tanto, colorimétricamente, el método más favorable para mantener el color rojo característico de la carne es el pretratamiento con CO durante 2 horas.

Como conclusión del análisis sensorial referente al pretratamiento con CO, las muestras que fueron tratadas durante 1 hora tuvieron un mejor aroma y color cocinado que la referencia.

### 6.3. CONCLUSIÓN GLOBAL

Analizando en conjunto todos los resultados obtenidos de los distintos análisis realizados a ambos experimentos, descrito en el apartado 5.3, se concluye que la muestra pretratada 2 horas es la más apta para mantener el color y las características organolépticas de la carne fresca. Asimismo, este método de conservación nos es útil en esos aspectos y no como método antioxidante.

## 7. VALORACIÓN PERSONAL

Gracias a la elaboración del Trabajo de Fin de Grado he desarrollado mis capacidades en Ciencia y Tecnología de los Alimentos. He podido poner en práctica de una forma más independiente mis conocimientos teóricos y prácticos, sobre todo respecto al sector cárnico y al uso de gases como método de prolongación de vida útil.

He aprendido a desenvolverme en un laboratorio, cómo funciona un estudio experimental en primera persona y he trabajado características como la disciplina y el trabajo en equipo.

Otros aspectos en los que he mejorado han sido: búsqueda de información, ya que he investigado en relación con el tema de mi trabajo para poder verificar y contrastar datos e información; el uso de las TICs, concretamente Excel, he aprendido a usar herramientas dentro de esta aplicación de las cuales desconocía su uso y han resultado de gran utilidad para analizar los resultados obtenidos.

En resumen, ha sido una experiencia laboriosa pero verdaderamente útil y gratificante. Realizar un Trabajo de Fin de Grado de tipo experimental es, en mi opinión, clave para nuestro desarrollo como tecnólogos.

## 8. BIBLIOGRAFÍA

Eurostat (2021). "Eurostat: estadísticas europeas". *Comisión Europea*. Disponible en: [https://ec.europa.eu/info/departments/eurostat-european-statistics\\_es](https://ec.europa.eu/info/departments/eurostat-european-statistics_es) [Consultado 10/11/2021].

Grebütus, C., Jensen, H.H., Roosen, J. y Sebranek, G.J. (2013). "Fresh Meat Packaging: Consumer Acceptance of Modified Atmosphere Packaging including Carbon Monoxide". *Journal of Food Protection*, 76(1), pp. 99-107.

Hernández Salueña, B., Saenz Gamasa, C., Diñeiro Rubial, J.M. y Alberdi Odriozola, C. (2019). "CIELAB color paths during meat shelf life". *Meat Science*, 157.

ISO 8589:2007. Sensory analysis -- General guidance for the design of test rooms.

Konica Minolta Sensing Americas, Inc. (2020). "Entendiendo El Espacio de Color CIE L\*A\*B\*". Disponible en: <https://sensing.konicaminolta.us/mx/blog/entendiendo-el-espacio-de-color-cie-lab/> [Consultado 15/08/2021].

Larson-Powers, N.M. y Pangborn, R.M. (1978). "Descriptive analysis of the sensory properties of beverages and gelatine containing sucrose and synthetic sweeteners". *J. Food Sci.*, 43(11), pp. 47–51.

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2020). "El etiquetado de los alimentos interesa a los consumidores: 7 de cada 10 lo consultan siempre o casi siempre". Disponible en: [https://www.mapa.gob.es/es/prensa/200107monograficoetiquetadoalimentos\\_tcm30-523651.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/prensa/200107monograficoetiquetadoalimentos_tcm30-523651.pdf) [Consultado 23/10/2021].

Pfalzgraf, A., Steinhart, H. y Frigg, M. (1995). "Rapid determination of alpha-tocopherol in muscle and adipose tissues of pork". *Z. Lebensm.-Unters.-Forsch.*

Real Decreto 3484/2000, de 29 de diciembre, por el que se establecen las normas de higiene para la elaboración, distribución y comercio de comidas preparadas. Boletín Oficial del Estado, 11, de 12 de enero de 2001, pp 1435-1441.

Restrepo Flórez, C.E. y Patiño Gómez, J.H. (2008). "Efecto del monóxido de carbono (CO) en el envasado bajo atmosferas modificadas de carne roja fresca". *Fundación INTAL*. Itagüí, Colombia.

Subdirección General de Producciones Ganaderas y Cinegéticas, Dirección General de Producciones y Mercado Agrario (2021). "EL SECTOR DE LA CARNE DE CERDO EN CIFRAS: Principales

indicadores económicos". *Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación*, pp. 22-31. Disponible en: [https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/indicadoreseconomicossectorporcino2020\\_tcm30-379728.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/ganaderia/temas/produccion-y-mercados-ganaderos/indicadoreseconomicossectorporcino2020_tcm30-379728.pdf) [Consultado 10/11/2021].

Šuput, Z.D., Lazić, L.V., Lević, B.L., Pezo, L.L., Tomović, M.V. y Hromiš, M.N. (2013). "Effect of specific packaging conditions on myoglobin and meat color". *Food and Feed Research*, 40(1), pp. 1-10.

Surendranath, P.S. y Poulsom, J. (2013). "Myoglobin Chemistry and Meat Color". *Annual Review of Food Science and Technology*, 4, pp. 79–99.

Wilkinson, B.H.P., Janz, J.A.M., Morel, P.C.H., Purchas, R.W. y Hendriks, W.H. (2006). "The effect of modified atmosphere packaging with carbon monoxide on the storage quality of master-packaged fresh pork". *Meat Science*, 73, pp. 605-610.

XLSTAT by Addinsoft (2021). Disponible en: <https://www.xlstat.com/es/> [Consultado 19/10/2021].

## 9. ANEXO



Departamento de  
Producción Animal  
y Ciencia de los Alimentos  
Universidad Zaragoza



Instituto Universitario de Investigación Mixta  
Agroalimentario de Aragón  
Universidad Zaragoza

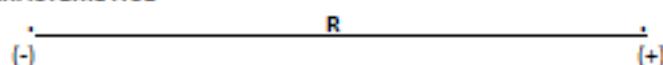
### EVALUACIÓN DE LOMO

Nombre:

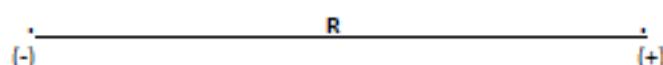
Fecha:

CÓDIGO MUESTRA:

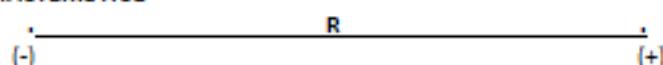
#### AROMA CARACTERÍSTICO



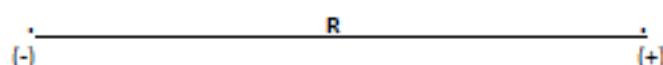
#### COLOR



#### SABOR CARACTERÍSTICO



#### TERNEZA



#### SUCULENCIA

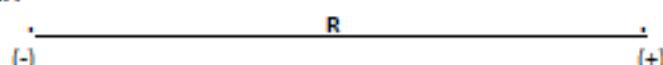


Foto 6. Cuestionario sensorial para panel de expertos.