

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/28179801>

Alimentación y calidad sensorial en cerdos destinados a la obtención de productos cárnicos de calidad diferenciada

Article · January 2005

Source: OAI

CITATION

1

READS

552

2 authors:



[Jorge Ruiz Carrascal](#)

University of Copenhagen

300 PUBLICATIONS 3,997 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



[Clemente Lopez](#)

Complutense University of Madrid

201 PUBLICATIONS 4,704 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



FLAVOPROT: Flavour of animal protein hydrolysates [View project](#)



Cheese powder as a flavour booster and potential strategy to reduce salt in meat products [View project](#)

ALIMENTACIÓN Y CALIDAD SENSORIAL EN CERDOS DESTINADOS A LA OBTENCIÓN DE PRODUCTOS CÁRNICOS DE CALIDAD DIFERENCIADA

Jorge Ruíz^a y Clemente López-Bote^b

^aTecnología de Alimentos. Facultad de Veterinaria UEx. Cáceres.

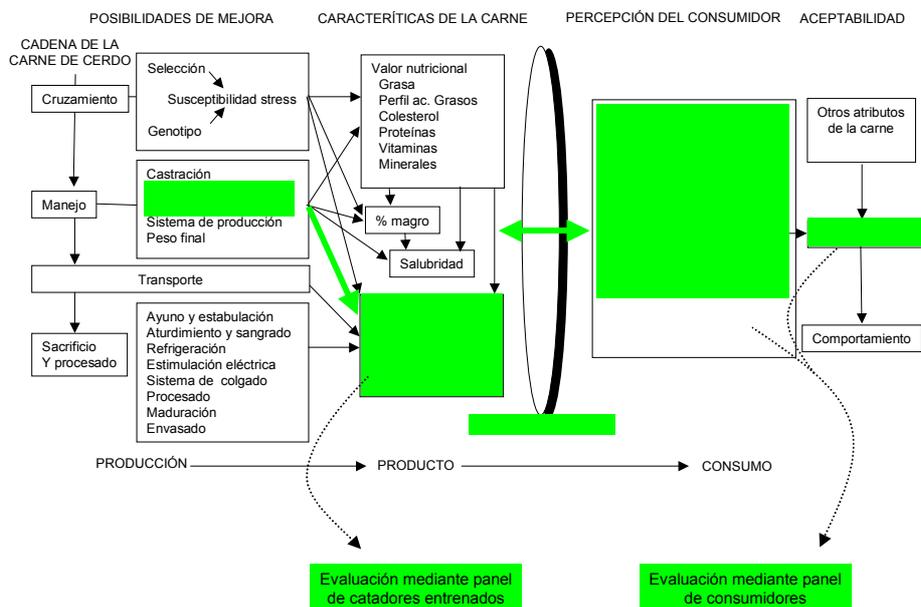
^bAlimentación Animal. Facultad de Veterinaria. Universidad Complutense de Madrid.

1.- INTRODUCCIÓN

En los últimos años los productos curados del cerdo de elevada calidad sensorial han experimentado un aumento considerable en las ventas y en su presencia en el mercado. Entre los factores relacionados con la materia prima (carne) que más íntimamente se relacionan con la calidad de este tipo de productos se encuentra la alimentación de los animales, fundamentalmente durante la fase de cebo (figura 1). De hecho, la alimentación supone uno de los pilares sobre los que asienta la imagen y las características propias de algunos de estos productos, como son los derivados del cerdo Ibérico (López-Bote, 1998). Para evaluar adecuadamente la relación entre la alimentación que reciben los animales y sus características sensoriales, que son las determinantes en último extremo de la aceptabilidad del producto por los consumidores, es necesario establecer unas pautas adecuadas para la tipificación de sus atributos (García et al., 2005).

El control y manipulación de la alimentación porcina puede constituir una herramienta útil para la obtención de productos cárnicos curados con características sensoriales singulares y homogéneas, apreciadas y demandadas por los consumidores. Así, particularidades como el aspecto brillante al corte de los jamones, o la presencia de notas aromáticas agradables, tienen una relación directa con la composición de la alimentación de los animales durante la fase de cebo (Ruíz y López-Bote, 2002). En la presente revisión se sintetizan las posibilidades de evaluación de las características sensoriales de productos cárnicos del cerdo con calidad diferenciada y se analiza la relación entre la composición de la alimentación porcina y dichas características sensoriales (figura 1).

Figura 1.- Cadena de producción de carne de cerdo. Se señalan los aspectos en los que incide en la presente revisión (modificado a partir de Verbeke et al., 1999).



2.- PRODUCTOS CÁRNICOS DE CALIDAD DIFERENCIADA

En los últimos 10 ó 15 años ha habido un auge en el mercado de los productos cárnicos de calidad diferenciada. Durante décadas, el objetivo fundamental del sector cárnico fue producir cantidades suficientes de carne y productos cárnicos a precios asequibles para abastecer a la población. Esto permitió que se produjera un aumento paulatino del consumo *per capita* de carne en los países desarrollados, hasta niveles nunca antes imaginados. Sin embargo, a partir de un cierto nivel de renta el consumo de carne parece estancarse (o incluso disminuir), como consecuencia tal vez de la saturación del consumidor, aunque muy probablemente también a causa de la difusión de estudios en los que se ha venido relacionando el consumo de cantidades importantes de grasas de origen animal con el padecimiento de enfermedades cardiovasculares (revisado en López-Bote y Ruíz, 1993). A todo ello hay que añadir los escándalos alimentarios relacionados con la utilización de sustancias ilegales en el engorde del ganado. En esta situación, no muy halagüeña, tiene lugar una recuperación de productos tradicionales que habían ido menguando en su producción anteriormente, debido en parte a un aumento de la renta de los consumidores de los países desarrollados y a una imagen menos industrial de este tipo de elaborados (Verbeke et al., 1999). De entre ellos destacan con personalidad propia en España los productos del cerdo Ibérico, especialmente el jamón. A nivel mundial tal vez el producto más conocido de este tipo sea el jamón de Parma. A la estela de estos han venido surgiendo otros, como es el caso del jamón de Teruel en España, o el de Sant Danielle, Bayona o de las Ardenas en Europa. Todo ello se enmarca en una tendencia generalizada

de creciente apreciación de los productos cárnicos con características artesanales y partiendo de animales con peculiaridades propias (Ruíz y López-Bote, 2004). La elaboración de muchos de estos productos está amparada por marcas de calidad reconocidas oficialmente por la Unión Europea, dando lugar a las denominadas Denominaciones de Origen (DO; por ejemplo, Jamón Ibérico Dehesa de Extremadura), Indicaciones Geográficas Protegidas (IGP; por ejemplo, Salchichón de Vic) y Especialidades Tradicionales Garantizadas (ETG; por ejemplo, Jamón Serrano). Existen un gran número de productos cárnicos cuya elaboración está amparada por estas modalidades (http://europa.eu.int/comm/agriculture/qual/es/pgi_03es.htm), muchos de los cuales son elaborados a partir de carne de cerdo.

Todos estos productos cárnicos presentan unas características sensoriales peculiares que los hacen singulares. A la hora de evaluar su calidad resulta necesario tener en consideración dichas particularidades, adaptando el tipo de análisis y los atributos incluidos en el mismo a cada producto (García et al., 2005; Ruíz Pérez-Cacho et al., 2005). Es decir, que se puede llegar a conclusiones erróneas acerca de la calidad de un producto o de la influencia de un determinado factor sobre sus características si no se lleva a cabo el análisis sensorial de una manera adecuada.

La manera más adecuada para llevar a cabo una evaluación completa del producto y de los factores que inciden sobre su calidad implica una serie de pasos secuenciales (Miller, 1994; García et al., 2005). En una primera fase, es preciso caracterizar cada producto, identificando aquellos atributos que lo distinguen y que resultan más informativos de sus características. En una segunda resulta esclarecedor establecer la relación entre dichos atributos y las características físico-químicas del producto, lo que permite predecir la potencial influencia de cambios en la composición sobre las características sensoriales. Paralelamente, es de gran importancia establecer cuál o cuáles características sensoriales se relacionan más estrechamente con la calidad global o aceptabilidad del producto, estableciéndose así atributos concretos que podrían ser objetivos en la mejora, sin olvidar no obstante el resto de atributos, que en determinados casos en los que la variación sea excesiva puedan dar al traste con la mejora conseguida en otras características sensoriales.

3.- ANÁLISIS SENSORIAL DE PRODUCTOS CÁRNICOS

La evaluación sensorial de los alimentos es algo que lleva a cabo el hombre desde su infancia y de forma inconsciente, aceptando o rechazando los alimentos de acuerdo a las sensaciones que percibe al consumirlos (Barcino, 2001). La percepción de dichas sensaciones se realiza mediante los órganos de los sentidos. Básicamente las sensaciones implicadas son la vista, el olfato, el sabor, el tacto y el sonido. El proceso de percepción

sensorial del producto cárnico es el siguiente: primero se reciben los estímulos externos (algunos incluso durante la elección del producto antes de la compra), tanto por la vista como por el olfato. Al introducirlo en la boca y mientras se mastica se percibe el sabor y el aroma retronasal. Paralelamente se perciben sensaciones mediante el sentido del tacto y sensaciones propioceptivas (posición relativa de las articulaciones, medida del esfuerzo al masticar...) que constituyen las sensaciones de textura (Barcina, 2001).

Para evaluar de una manera reglada este tipo de sensaciones percibidas habitualmente durante el consumo de un producto cárnico se emplea el análisis sensorial, que sería por lo tanto la disciplina científica que permite definir, medir, analizar e interpretar objetivamente las sensaciones percibidas por los humanos (Anzaldúa-Morales, 1994). Es decir, permite pasar de meras opiniones individuales a obtener una información imparcial y repetitiva sobre las características de un alimento. A pesar de los espectaculares avances en el desarrollo de medidas instrumentales de las características de los alimentos, este tipo de información sigue siendo vital a la hora de evaluar un producto, ya que algunas percepciones del ser humano, como la del olfato, son mucho más sensibles que las de los instrumentos analíticos de medida (nariz electrónica, cromatografía de gases-espectrometría de masas...). Además, las interacciones entre diferentes sensaciones son difícilmente evaluables mediante análisis instrumental.

Existen dos grandes tipos de análisis sensorial. Por un lado, se puede realizar el análisis de un producto cárnico utilizando personas seleccionadas y entrenadas, es decir, catadores (Miller, 1994). Este tipo de personas tienen valoraciones objetivas y reproducibles, de tal manera que su percepción es comparable a la de un aparato de laboratorio. En este caso lo que se realiza normalmente no es una valoración de la calidad de un producto, si no la evaluación de la medida de la intensidad de determinadas características o atributos (si el color es más o menos intenso, o si la dureza es poca o mucha, no si tiene el color o la dureza deseada en ese producto). Otro tipo diferente de análisis es el que evalúa la respuesta de los consumidores a un producto determinado. Los consumidores son un grupo de personas que representan una población específica cuyo comportamiento se quiere medir. Este tipo de valoraciones son subjetivas, y se miden en términos de preferencia o aceptación. Tanto en uno como en otro caso las pruebas sensoriales que se pueden escoger son variadas, debiendo adaptarse en cada caso a los objetivos que pretenden conseguirse.

3.1.- Análisis sensorial con catadores entrenados

Cuando se emplean catadores entrenados para realizar el análisis sensorial de un producto hay una serie de aspectos muy importantes a tener en cuenta. En primer lugar, tiene una gran trascendencia la selección y entrenamiento de los catadores (Miller, 1994; Barcenás, 2001). Es necesario elegir individuos que no padezcan enfermedades o presenten

condiciones que interfieran con el análisis (anosmias, daltonismo, fumadores...). Una vez cumplido ese requisito, han de seleccionarse individuos que sean capaces de distinguir las diferentes percepciones que potencialmente pueden evaluarse (por ejemplo, diferentes aromas), que sean capaces de distinguir entre diferentes intensidades del atributo a evaluar (por ejemplo, entre diferentes intensidades de un aroma determinado) y con umbrales de detección de las sensaciones que van a percibirse suficientemente bajos (por ejemplo, capaces de percibir una cantidad determinada de un compuesto aromático).

Una vez seleccionados los panelistas, debe llevarse a cabo un proceso de entrenamiento. Con ello se persigue que los catadores se familiaricen con los procedimientos de las pruebas que realizarán y con los productos que potencialmente van a evaluar y sus características; además, se pretende mejorar sus capacidades (identificación, escala, umbral) y unificar terminologías, conceptos y medidas (Miller, 1994; Barcenas, 2001).

Otro aspecto fundamental en el caso del análisis empleando catadores entrenados es el contexto en el que va a desarrollarse el análisis. El lugar y las condiciones donde se realice el análisis han de reunir una serie de requisitos mínimos, como condiciones constantes y reproducibles (temperatura, luz, ausencia de aromas externos...) y que ofrezcan el mínimo de distracciones (Miller, 1994). El área donde se va a realizar el análisis debe estar separada de donde se prepara la muestra a analizar, y debe vigilarse que haya el mínimo posible de contaminación olorosa externa o de catadores anteriores (perfumes, tabaco, olores personales...). Generalmente se emplean cabinas de cata aisladas, termostalizadas y con ventilación forzada. Cada vez es más frecuente que estén informatizadas para recoger de una manera más cómoda la información (aunque requiere de un entrenamiento específico del programa informático a emplear por parte del catador). La cata debe realizarse siempre más o menos a la misma hora, que ha de elegirse en función de los horarios de los catadores, de tal manera que no sea muy cercana a ninguna comida anterior, pero que tampoco esté tan alejada que provoque hambre en los catadores. Los catadores deben responsabilizarse de no consumir nada durante el período previo a la cata. Por último, la presentación de la muestra debe ser también constante, evitando diferencias de temperaturas entre catadores y entre días. Se deben emplear siempre los mismos colores y tamaños en los recipientes. El número de muestras a evaluar variará con el tipo de ensayo o test sensorial y con el producto (Beriain et al., 2001) Pueden emplearse, dependiendo de los objetivos y el tipo de ensayo, escalas estructuradas (con marcas que indican una gradación) o no estructuradas (una línea recta sin marca).

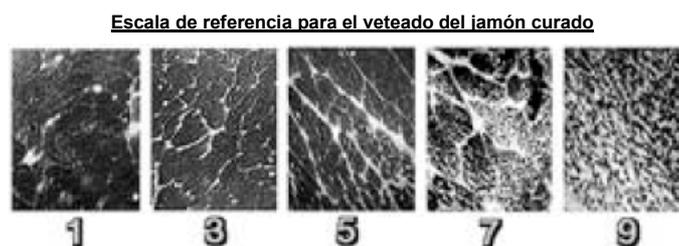
Existen dos grandes grupos de tipos de ensayos sensoriales con paneles de catadores. Por un lado están los ensayos discriminantes o de diferencias, y por otro los ensayos descriptivos (Miller, 1994).

Los **ensayos discriminantes**, como su nombre indica, tienen por objeto establecer si existen diferencias entre dos o más muestras. Pueden referirse a la globalidad del producto o a atributos concretos del producto. Algunos de estos ensayos se pueden también llevar a cabo con catadores no entrenados. Dentro de este tipo existen gran número de posibles ensayos diferentes: ensayos pareados, tests triangulares, ensayos “dos de cinco” o ensayos “dúo-trío”. Independientemente de las peculiaridades de cada uno de ellos, básicamente consisten en que el catador debe seleccionar la muestra o muestras que son diferentes de las demás. El tratamiento estadístico va encaminado a determinar si las muestras son distintas en base al número de catadores que han conseguido identificarla. Por ejemplo, en el test triangular se le presentan al catador tres muestras, dos de las cuales son iguales y una es diferente. El panelista ha de identificar la que es distinta. De esta manera se puede evaluar, por ejemplo, si es posible detectar la repercusión real de una modificación en la alimentación del cerdo en los jamones elaborados a partir de esos animales. Así, Hoz et al. (2004), estudiaron el efecto de dietas enriquecidas en ácidos grasos n-3 mediante el uso de aceite de linaza. En este estudio se consideró un grupo de animales cebados con una dieta control, mientras que otros fueron cebados con una dieta enriquecida en aceite de linaza (30 g de aceite por kg de pienso), con y sin suplementación con α -tocoferol (250 ppm) y otros con un concentrado enriquecido en aceite de linaza (15 g/kg) y aceite de oliva (15 g/kg), a su vez con y sin suplementación con α -tocoferol (250 ppm). Mediante un test triangular estudiaron si los salchichones curados elaborados a partir de la carne de los animales de estos lotes podían ser diferenciados. Únicamente los salchichones elaborados con carne de animales cebados con dietas enriquecidas con aceite de linaza y sin suplementación con α -tocoferol pudieron ser distinguidos por los catadores. Basándose en estos resultados, estos autores proponían una posible estrategia para mejorar las implicaciones sobre la salud de un producto cárnico sin afectar a la calidad sensorial del producto, mediante el uso de aceite de linaza y la suplementación con α -tocoferol en la dieta de los animales.

Los **ensayos descriptivos** están muy extendidos para el análisis de las características de los productos cárnicos, y como herramientas para evaluar la incidencia de diferentes factores sobre dichos atributos (Ruíz et al., 1998). Básicamente este tipo de pruebas pretenden dar respuesta a preguntas como ¿Qué atributos caracterizan al producto? ¿En qué difieren los productos? ¿Cuánto difieren los productos? (Torres, 2001). En este caso el panel de catadores actúa como cualquier otro instrumento del laboratorio, suministrando datos sobre la intensidad o el nivel de una serie de atributos. En primer lugar resulta necesario el establecimiento de un consenso sobre los atributos del producto cárnico del que se trate. Es decir, no puede emplearse el mismo tipo de test para evaluar el jamón ibérico que para estudiar la salchichas de Tuninga (ambos productos con marcas de calidad reconocidas por la UE). Una vez se han consensuado las características del producto, resulta indispensable establecer un léxico, una terminología inequívoca que describa cada una de las características, y que signifique lo mismo para cada catador. En

cada uno de los atributos es necesario establecer un rango de intensidades tolerables. Es decir, el máximo de dureza para jamón curado no equivale a la dureza de una lámina de acero; ni siquiera tiene que coincidir con la máxima dureza para la evaluación (por ejemplo) de un caramelo. En el caso de los productos que nos ocupan, con características muy diferenciadas, el desarrollo del léxico y de los rangos puede ser complejo, ya que en muchas ocasiones no tienen relación con las referencias desarrolladas para ensayos previamente utilizados para otros productos. Por ejemplo, la descripción de aromas anómalos puede ser muy distinta en jamones curados, donde pueden aparecer alteraciones en profundidad con olores pútridos e incluso fecales, mientras que ese tipo de olores no aparecen en productos cocidos o en embutidos curados. Como ejemplo, en la figura 2 se muestran referencias para atributos de aspecto (veteado) y de textura para catadores entrenados en el análisis descriptivo de jamón curado (Guerrero et al., 2004).

Figura 2.- Ejemplos de escala de referencia para veteado y de valores extremos en atributos de textura en jamón curado (Guerrero et al., 2004).



Ejemplos de referencias de atributos de textura de máxima intensidad en jamón curado

ATRIBUTO	DESCRIPCIÓN
Adhesividad	Superficie externa de un trozo de 10 cm de longitud del músculo <i>Longissimus lumborum</i> de porcino salado con 30 g de NaCl por Kg de carne a la que se le añadirá 5 g de papaína (PROFIX 100P, 15-20%, Quest Int. España) por Kg de lomo distribuida uniformemente por su superficie. El producto se secará hasta un 30% de merma a 4 °C y una humedad relativa del 65-75%
Dureza	Loncha de 2 mm de grosor obtenida del músculo <i>Longissimus lumborum</i> de porcino salada con 30 g de NaCl por Kg de carne y secada hasta un 60% de merma a 4 °C y una humedad relativa del 65-75% (humedad 30% y contenido en NaCl del 6.5%).
Fibrosidad	Músculo <i>Semimembranosus</i> de un jamón curado con un 45% de merma cocido en agua hirviendo durante 30 minutos. %.

Existen diversas pruebas descriptivas, como el análisis del perfil de atributos o el análisis cuantitativo descriptivo. Hay métodos de más reciente desarrollo en los que no es necesario un consenso previo acerca de las características del producto, ni sobre los descriptores a utilizar. Así, en el método del perfil de libre elección los panelistas pueden elegir libremente sus propios descriptores y establecer su propio rango en la escala de valoración (siempre descriptiva, no hedónica). La complejidad radica en el análisis de resultados, que ha de llevarse a cabo mediante un método (Análisis Procrusteano Generalizado) en el que se ajustan los datos a cómo cada panelista emplea las diferentes partes de la escala de valoración para cada atributo.

Existen muchos ejemplos del empleo de métodos descriptivos para el análisis de la posible influencia de la alimentación que recibe el cerdo sobre las características de productos curados. Por ejemplo, en el Área de Tecnología de la Facultad de Veterinaria de Cáceres hemos, en primer lugar, consensuado y desarrollado la terminología que permite describir las características de productos curados del cerdo Ibérico, principalmente jamón y lomo (García et al., 1995). Una vez desarrollada dicha terminología, hemos venido empleando el test desarrollado para evaluar la influencia de diferentes factores sobre las características del jamón y del lomo. Así, se ha constatado la influencia del tiempo de procesado y la localización de la loncha en el jamón (Ruíz et al., 1998), el efecto de la alimentación que recibe el cerdo o de la línea genética sobre las características del lomo curado (Muriel et al., 2004) o del jamón (Carrapiso et al., 2003), o el efecto de las temperaturas durante el proceso de elaboración o la cantidad de sal (Andrés et al., 2004).

3.2.- Análisis sensorial usando paneles de consumidores

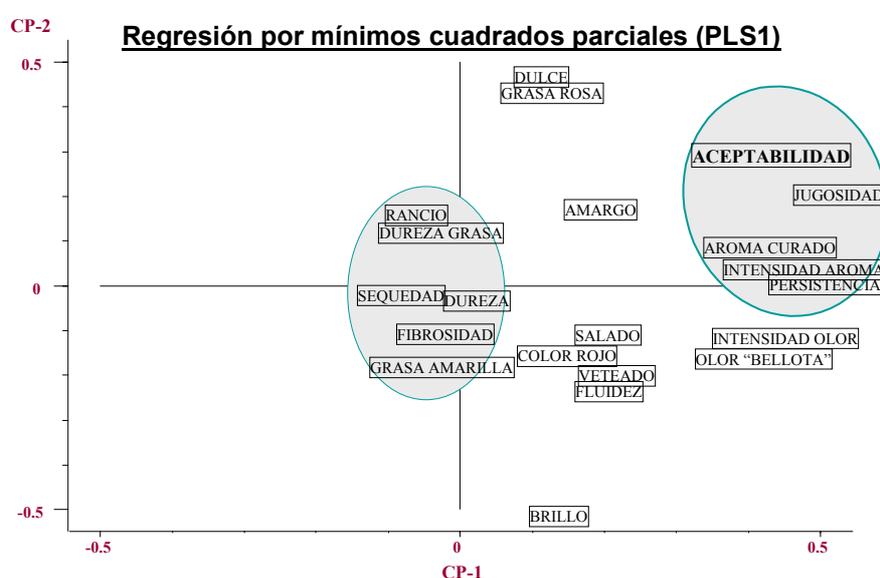
Los ensayos llevados a cabo con paneles de catadores entrenados no aportan datos sobre la preferencia o la aceptabilidad de un producto, información ésta que se obtiene empleando paneles de consumidores no entrenados. Dentro de estos también existen pruebas de preferencia (¿cuál de estos productos es el que prefiere?) y de aceptabilidad (¿cuánto le gusta este producto?). En las primeras el producto elegido no tiene que ser necesariamente de buena calidad, si no simplemente mejor que los otros con los que se compara. Al contrario que con el panel de catadores entrenados, no se trata de señalar el producto que es diferente, si no cuál es el más agradable (Pérez-Elortondo, 2001).

Si lo que se pretende es evaluar la aceptabilidad del producto, el ensayo puede incluir únicamente una cuestión (aceptabilidad global), o puede presentar cuestiones referidas a diferentes aspectos o atributos del producto (grado de aceptabilidad del aroma, de la textura, del aspecto...). En cualquier caso las cuestiones han de ser sencillas y fácilmente comprensibles por los consumidores. Por último, es importante decidir las condiciones de análisis. Por una parte, realizar el ensayo en cabinas de cata, con condiciones controladas, puede evitar la interferencia de otros factores que aportan variabilidad al análisis. Sin embargo, los catadores no entrenados pueden sentirse a disgusto y variar sus valoraciones. Los ensayos llevados a cabo en situaciones reales (en el propio domicilio) solventan esos problemas, pero aportan la interferencia de la opinión de los que rodean al catador, la opinión familiar, la variabilidad fruto del gran número de factores que pueden incidir de diferente manera en cada catador.

La información combinada obtenida de ensayos descriptivos con catadores entrenados y la adquirida mediante tests hedónicos (de aceptabilidad) permite valorar la importancia relativa de cada atributo sobre la calidad global de un producto. Así, en ensayos llevados a cabo sobre jamón de cerdo ibérico se evaluaron en primer lugar los

atributos con un ensayo descriptivo con panel de catadores entrenados. Sobre esas mismas muestras se evaluó la aceptabilidad, y se llevaron a cabo procedimientos de estadística multivariante (regresión por mínimos cuadrados parciales tipo 1) para estudiar la relación entre las características sensoriales y la aceptabilidad global del producto. De esta manera se pudo comprobar que de los atributos que más influyen sobre la aceptabilidad global de este producto son la jugosidad y la intensidad del aroma (figura 3) (Ruíz et al. 2002a).

Figura 3.- Representación de los pesos relativos de cada variable en los dos primeros componentes principales en una regresión por mínimos cuadrados parciales (tipo 1), en la que se pone de manifiesto la relación entre la intensidad de los atributos sensoriales del jamón ibérico y su aceptabilidad (Ruíz et al., 2002a).

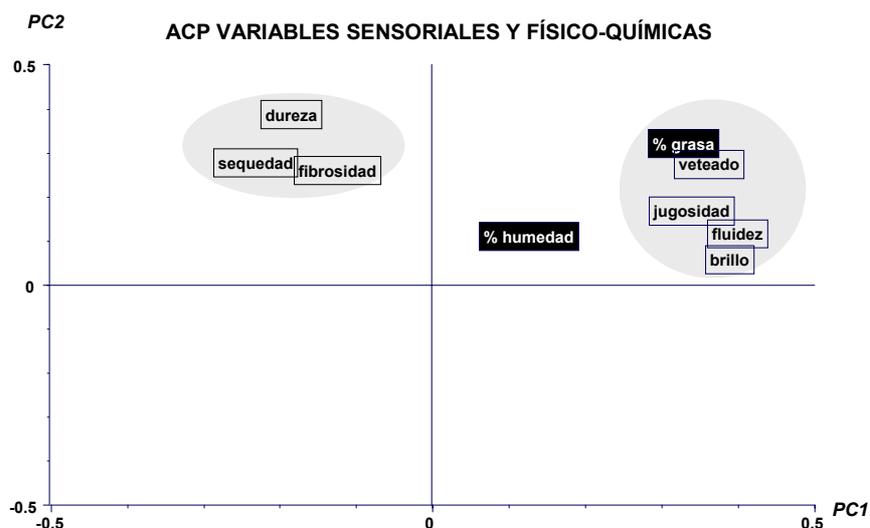


3.3.- Composición físico-química y características sensoriales

Las sensaciones apreciadas durante la degustación de un producto cárnico corresponden a la percepción de sus características por uno o varios sentidos. Dichas características pueden ser debidas a la presencia de determinados compuestos (por ejemplo, el sabor es debido a la presencia de sustancias sápidas) o la relación entre distintos componentes y su ordenación espacial (por ejemplo, la sensación de dureza es causada, entre otras cosas, por la estructura del colágeno y los enlaces entre diferentes fibras de colágeno). Averiguar la relación entre las características físico-químicas de estos productos cárnicos diferenciados y sus características sensoriales supone un gran avance en su estudio, ya que los ensayos sensoriales son por lo general laboriosos y costosos, mientras que las medidas químicas o instrumentales suelen ser más sencillas. En algunos casos simplemente se pone de manifiesto, aunque resulte difícil establecer una relación matemática entre ambas. Por ejemplo, en jamón de cerdo ibérico se ha constatado (Ruíz et al., 2000) que el contenido graso es el principal responsable de la jugosidad del producto,

mientras que el contenido en humedad (siempre y cuando se mantenga dentro de unos límites) no parece afectar a este factor (figura 4). Esto es de gran importancia porque la jugosidad del jamón parece tener una relación directa con la aceptabilidad (figura 3), es decir, a mayor contenido graso, mayor aceptabilidad del jamón ibérico.

Figura 4.- Representación de los pesos relativos de cada variable sensorial y físico-química en los dos primeros componentes principales en análisis de componentes principales, en el que se pone de manifiesto la relación entre el contenido en grasa y humedad del jamón ibérico y distintos atributos sensoriales, incluyendo la jugosidad (Ruíz et al., 2000).



Existen casos donde la relación es más estrecha y se pueden sugerir límites. Por ejemplo, una vez establecida una relación entre la percepción sensorial de la fluidez de la grasa y su composición en ácidos grasos, el análisis del perfil en ácidos grasos de un producto puede permitir predecir la percepción de fluidez sin necesidad de hacer un análisis sensorial. Por lo general las relaciones son complejas y con muchas interacciones, por lo que este tipo de predicciones no suelen ofrecer una fiabilidad muy alta. No obstante, establecer la relación entre atributos sensoriales y características físico-químicas es un paso muy importante a la hora de optimizar las condiciones de producción. Así por ejemplo, es bien sabido que la fluidez de la grasa se relaciona con su composición en ácidos grasos (Davenel et al., 1999). El punto de fusión de los ácidos grasos es inversamente proporcional al número de insaturaciones que presentan y directamente proporcional a la longitud de la cadena. Esto parece deberse a que en los ácidos grasos insaturados dos enlaces consecutivos presentan la configuración cis-, dando lugar a una estructura curvada, lo que dificulta la formación de una estructura cristalina organizada, mientras que los ácidos grasos saturados tiene una estructura lineal, que permite un mayor grado de organización. De esta forma, cuanto mayor es la proporción de ácidos grasos insaturados de los lípidos de la grasa intramuscular, menor será el punto de fusión de la misma, de forma que a temperatura ambiente dicha grasa presentará una mayor fluidez, afectando a la textura y aspecto de la misma. Si la grasa presenta una alta proporción de

ácidos grasos poliinsaturados, a temperaturas de refrigeración la grasa se encontrará en estado líquido. Aunque la grasa es una mezcla compleja de triglicéridos, cada uno con un patrón diferente de ácidos grasos, se ha comprobado que los que más influyen sobre la fluidez de la grasa son el ácido esteárico (C18:0) y el ácido linoleico (C18:2 n-6) (Wood, 1984; Davenel et al., 1999), de tal manera que cuando este último supera proporciones del 15% en el tocino, la grasa aparece aceitosa, no resultando agradable para el consumidor. Es decir, que la medida del contenido en ácido linoleico del tocino informa directamente del grado de fluidez que presenta la grasa. No obstante, si un ácido graso que parece no tener en la práctica un peso excesivo sobre la fluidez de la grasa, aumenta en gran medida su proporción, puede llegarse a conclusiones erróneas si solamente se contempla el ácido linoleico. Así, en grasa de cerdo Ibérico se ha comprobado que el ácido graso responsable del aspecto fluido no es solamente el linoleico, sino también el ácido oleico (C18:1 n-9) (Flores et al., 1988), con la particularidad de que en los productos derivados de estos cerdos la fluidez de la grasa es considerada como un aspecto positivo.

4.- ALIMENTACIÓN Y CALIDAD SENSORIAL EN PRODUCTOS DEL CERDO

Algunos de los atributos que hacen peculiares a algunos productos cárnicos y que les convierten en altamente valorados por los consumidores se encuentran íntimamente ligados a la materia prima de la que se parte para la elaboración, incluyendo tanto la genética de los animales, como el sistema de explotación y, muy especialmente, la alimentación que hayan recibido los animales durante la fase final de cebo. Este último factor puede encontrarse relacionado, por ejemplo, con el aspecto brillante de la grasa, con la fluidez de la misma, con la persistencia del color adecuado, con la presencia de notas aromáticas agradables, o con el retardo en la aparición de aromas desagradables durante el almacenamiento.

4.1.- Composición en ácidos grasos

4.1.1.- Aspecto y textura de la grasa

Los ácidos grasos de los tejidos del cerdo pueden tener como origen tanto la deposición directa a partir de los presentes en la grasa del alimento como la síntesis *de novo* por el propio animal. Ambos procesos han sido revisados en ocasiones anteriores (Lopez-Bote et al., 1999). En condiciones normales (con raciones de bajo contenido en grasa) la energía de la grasa no se llega a utilizar apenas para obtener energía con fines metabólicos. Sólo hasta que no se han gastado la energía de los carbohidratos no se empieza a utilizar la de los lípidos. Así, parece que prácticamente toda la grasa del alimento se retiene en el cuerpo animal con pocas modificaciones y existe una estrecha relación entre el tipo de grasa ingerida y la depositada (St John et al., 1987; Miller et al.,

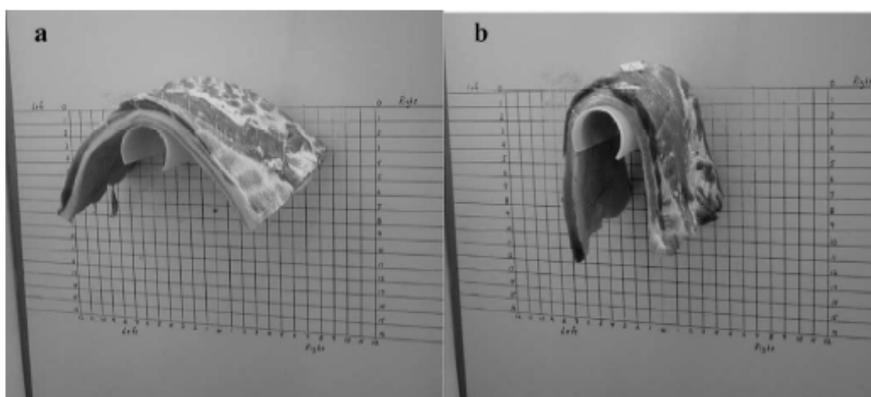
1990; Larick et al., 1992). Por lo tanto, en cerdos alimentados con piensos comerciales, con contenidos grasos limitados (en torno al 2%), la gran mayoría de ácidos grasos de los tejidos del animal son de síntesis propia, mostrando elevados niveles de ácidos grasos saturados y monoinsaturados. En cambio, cuando el contenido graso de la ración es elevado y el perfil de esta grasa es rico en ácidos grasos poliinsaturados, los tejidos del cerdo mostrarán proporciones elevadas de este tipo de ácidos grasos, disminuyendo la de ácidos grasos saturados. Teniendo en cuenta que la insaturación de la grasa se relaciona con sus características físicas (fluidez y consistencia), esto explica que el hecho de alimentar a los animales con raciones con diferente contenido graso y distinto perfil en ácidos grasos repercuta directamente sobre las características de la grasa. Este hecho fue observado ya cuando los colonos ingleses llegaron a América y dejaron a los cerdos alimentándose libremente en el campo. Al sacrificar a los animales pudieron comprobar que la grasa era aceitosa, lo que repercutía en productos (carne fresca y beicon) menos apreciados. En cambio, al mantener los animales en corrales y alimentarlos con cereales el problema desaparecía, obteniéndose mejores precios en la comercialización.

Ahora bien, el grado de fluidez de la grasa no es considerado de igual manera como criterio de calidad en todos los productos del cerdo. Para carne fresca suele considerarse un defecto, sobre todo si es excesivo (“floppy meat” o grasa aceitosa) (Wood, 1984). Como criterio de calidad tecnológica, la grasa del cerdo para la elaboración de productos cárnicos se considera de mejor calidad cuanto más consistente y menos fluida es a temperatura ambiente. En principio, este mismo criterio es válido para las características sensoriales. Es decir, en productos procesados de características peculiares, suele preferirse grasa consistente. Así, se ha podido apreciar que la alimentación con dietas con elevados niveles de ácido linoleico provocan texturas de la grasa demasiado fluidas y poco consistentes (Ellis y Isbell, 1926; Wood, 1984; Warnats et al., 1996). Esto tiene repercusiones muy negativas sobre determinados productos, como es el caso del beicon, en el que un aumento de la fluidez de la grasa da lugar a piezas blandas y aceitosas (figura 5), disminuyendo sus propiedades tecnológicas (Rentfrow et al., 2003) y la aceptabilidad por parte del consumidor (Prescott y Wood, 1988).

Por otra parte es bien conocida la relación entre el consumo de elevadas cantidades de ácidos grasos saturados y el riesgo de padecimiento de enfermedades cardiovasculares. Por ello resulta muy atrayente modificar la composición en ácidos grasos de la grasa del cerdo para que productos como el beicon tengan un perfil más cardiosaludable. Sin embargo es preciso establecer los niveles de inclusión en la dieta que no llegan a ser detectados o no son considerados negativos por los consumidores. Así, en un trabajo ya clásico, Ellis y Isbell (1926) comprobaron que valores de ácido linoleico por encima de aproximadamente 50 g/kg en la ración provocaban puntos de fusión inferiores a 30 en la grasa subcutánea, lo que repercutía en que el beicon tuviera una apariencia blanda. Se han apuntado niveles de en torno al 15% para la grasa destinada a la elaboración de beicon

(Lopez-Bote et al., 1999). Por otra parte, Sheard et al. (2000) han observado como dietas enriquecidas en ácidos grasos n-3 mediante la inclusión de aceite de linaza hasta niveles de 4,5 g de ácido linolénico (C18:3 n-3) por kg de pienso, provocaban variaciones en la textura, produciendo un beicon más blando. Los catadores del panel de Warnats et al. (1998) apreciaron texturas más aceitosas y blandas en salami elaborado con magro de animales control y grasa de animales cebados con aceite de colza (elevados niveles de ácido linoleico) o con aceite de linaza (alta proporción de ácido linolénico). Houben y Krol (1980) también detectaron una menor consistencia en productos (beicon, bolonia, paleta cocida y salchichas cocidas) elaborados a partir de animales cebados con dietas ricas en aceite de soja (4,25% y 8,50%).

Figura 5.- Consistencia de la grasa en piezas de beicon. Grasas más insaturadas provocan la aparición de piezas de beicon con menor firmeza (b), mientras que piezas con menor contenido en ácidos grasos poliinsaturados y mayor en saturados muestran una mayor consistencia (a) (tomado de Rentfrow et al., 2003).



Similar tendencia se describe para jamones curados, como jamón de Parma o jamón Serrano, donde una grasa excesivamente blanda es considerada un defecto (Santoro, 1984). Ahora bien, lo que no parece tan claro en este caso es cuál es el nivel de ácido linoleico en la grasa del animal (que es el que se relaciona de una manera más directa con las características físicas de la grasa) a partir del cual aparecen estos problemas, lo que resulta muy importante para poder diseñar la composición del pienso a suministrar a los animales. Las normas reguladoras de la Denominación de Origen Jamón de Parma fijan un máximo de un 15% de ácido linoleico, y se señala un máximo de ácido linoleico en el pienso de 2% sobre materia seca (PDO Prosciutto di Parma, 1992). No obstante, estas recomendaciones no sólo son debidas a las implicaciones sobre la textura de la grasa, si no también por las repercusiones sobre el aroma.

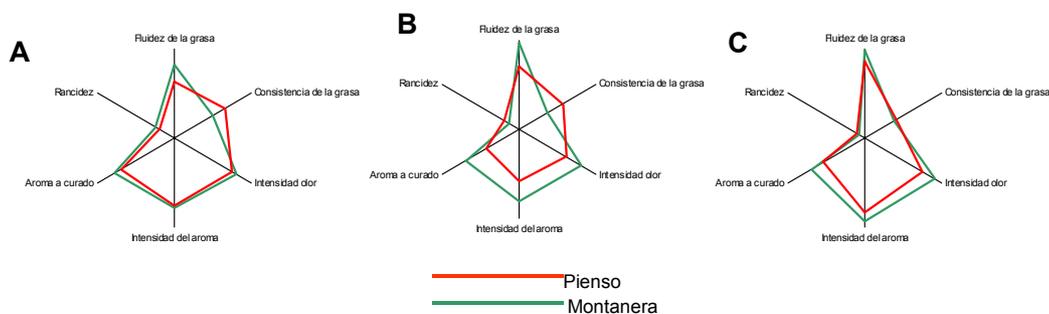
Con objeto de estudiar las implicaciones del aumento del contenido en ácidos grasos de la familia n-3 en productos del cerdo, se han estudiado las características del cebo con aceite de linaza y aceite de linaza más aceite de oliva sobre las características de diferentes productos, como salchichón curado (Hoz et al., 2004), paté (D'Arrigo et al.,

2004) y jamón cocido (Santos et al., 2004). En estos trabajos se emplearon tests triangulares para averiguar si los catadores conseguían distinguir los productos dependiendo de la dieta que hubiera recibido el animal. Los catadores consiguieron distinguir únicamente las muestras procedentes del grupo alimentado con aceite de linaza en el caso de los salchichones, y no pudieron distinguir entre los diferentes tipos de paté o los diferentes jamones cocidos.

El empleo de dietas enriquecidas en ácido oleico, en vez de en linoleico, parece una solución de compromiso para obtener un perfil en ácidos grasos saludables sin que se alteren las características sensoriales (y más concretamente la fluidez de la grasa) del producto. Así, Isabel et al. (2003), mediante el uso de raciones enriquecidas en ácidos grasos monoinsaturados (con aceite de oliva) consiguieron jamones curados con una grasa más consistente que los de los procedentes de cerdos alimentados con dietas ricas en poliinsaturados. Sin embargo, Shackelford et al. (1990a y b, 1991) observaron texturas excesivamente blandas al emplear carne de animales cebados con aceite de colza y con aceite de girasol alto oleico en diferentes productos, como salchichas tipo Frankfurt y salchichas frescas, resultando más adecuada la textura cuando se empleaba carne de cerdos alimentados con una dieta control o con grasa animal añadida. De igual manera, Rentfrow et al. (2003) observaron en panceta una similar firmeza de la grasa empleando en el cebo de los animales dietas ricas en ácido linoleico o en ácido oleico, y en ambos casos, la grasa fue apreciada como significativamente más blanda que la de los animales control, que presentaban menores niveles de ácidos grasos monoinsaturados y poliinsaturados y mayores de saturados en su grasa. En jamón de Parma, Bosi et al. (2000) observaron grasas más blandas cuando empleaban dietas enriquecidas en ácido oleico para el cebo de cerdos.

Ahora bien, no en todos los productos cárnicos se considera que una grasa fluida y de baja consistencia a temperatura ambiente es sinónimo de mala calidad sensorial. Así, en el caso del cerdo Ibérico, los consumidores consideran positivo que los productos “suden” cuando están colgados, y que una vez presentados en el plato muestren una grasa casi líquida, impregnando toda la superficie de corte. En trabajos en los que se ha estudiado la relación entre los diferentes atributos sensoriales y la aceptabilidad en el jamón ibérico (Ruíz et al., 2002a) se ha podido comprobar también esa opinión generalizada, tal y como puede apreciarse en el análisis de componentes principales que se muestra en la figura 3. En este caso la fluidez parece más relacionada con los niveles de ácido oleico (Ruíz et al., 2000). Así, se ha podido apreciar como la grasa de animales cebados en extensivo, y alimentados a base de bellotas y hierba, presentan una grasa más fluida que lo de animales alimentados con piensos compuestos durante la fase de cebo (Flores et al., 1988; Carrapiso, 2002) (figura 6).

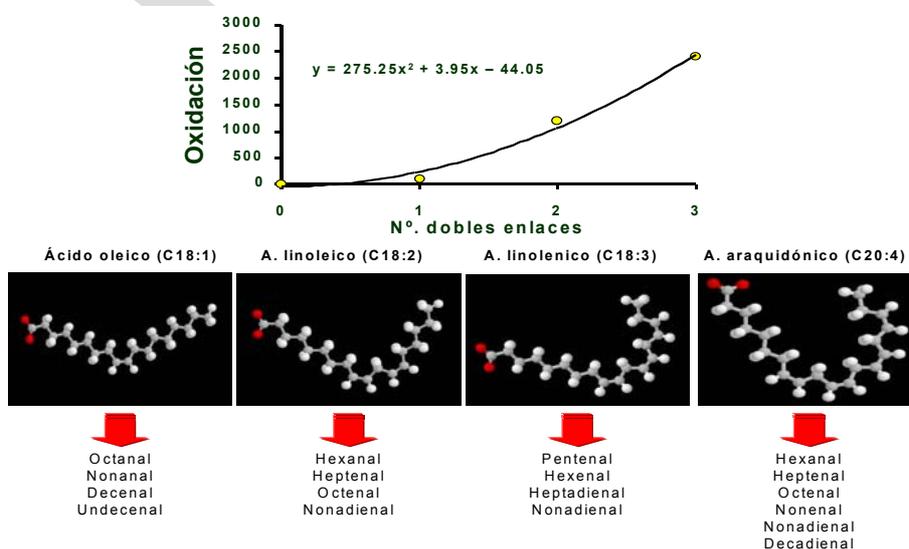
Figura 6.- Diagramas de radar mostrando las puntuaciones en diferentes atributos del jamón ibérico evaluadas mediante un panel de catadores entrenados. En todos los atributos las escalas van de 0 a 10, suponiendo mayores valores una intensidad mayor del atributo considerado. **A:** montanera vs pienso bajo en grasa; **B:** montanera vs pienso rico en linoleico; **C:** montanera vs pienso rico en ácido oleico (a partir de Cava, 1997, Carrapiso, 2002 y Jurado, 2005)



4.1.2.- Aroma

La oxidación lipídica es una de las reacciones que presenta un mayor interés desde el punto de vista de la calidad de la carne. Este tipo de procesos se inician tras el sacrificio del animal, momento en el que se inactivan los mecanismos biológicos de protección frente a la oxidación en vivo (cese del flujo sanguíneo, acumulación de ácido láctico en los tejidos, descenso del pH y cese de los mecanismos celulares capaces de controlar los procesos oxidativos) (Morrisey et al., 1996). A medida que aumenta el número de dobles enlaces de los ácidos grasos, crece la susceptibilidad de los mismos a sufrir procesos oxidativos, de manera que los ácidos grasos poliinsaturados son altamente sensibles, mientras que los saturados apenas se oxidan (Horwitt, 1986) (figura 7).

Figura 7.- Relación entre el número de insaturaciones en un ácido graso y su susceptibilidad a sufrir procesos oxidativos (parte superior de la figura) y principales aldehídos volátiles formados como consecuencia de la oxidación de diferentes ácidos grasos insaturados (a partir de Grosch, 1987)



Así, un incremento en la proporción de ácidos grasos insaturados en la composición de los lípidos del músculo, hace que éste presente una menor estabilidad a las reacciones de oxidación. Como consecuencia de la oxidación lipídica se forman hidroperóxidos, que posteriormente se descomponen dando lugar a un amplia variedad de compuestos volátiles y no volátiles con importantes repercusiones en el aroma y flavor de la carne. En la carne fresca, como consecuencia de este tipo de reacciones, se originan olores y sabores desagradables (olor a rancio, sabores anómalos, etc). En el caso del jamón curado, la oxidación lipídica es la responsable de la formación de un gran número de compuestos volátiles, muchos de los cuales presentan un gran impacto aromático. Algunos de estos aromas resultan agradables y han sido incluidos entre los responsables del bouquet del jamón (Flores et al., 1997; Carrapiso et al., 2002a). No obstante, otros compuestos derivados de la oxidación, e incluso los mismos señalados como positivos pero a concentraciones demasiado elevadas, repercuten negativamente sobre el aroma del mismo. Grasas ricas en ácidos grasos poliinsaturados son más susceptibles a la oxidación que grasas con mayores proporciones de ácidos grasos saturados o monoinsaturados. Por lo tanto, en general, se considera que cuánto más pequeña sea la proporción en ácidos grasos poliinsaturados menor probabilidad hay de que aparezcan aromas anómalos derivados de la oxidación de los lípidos.

Es más, la composición en ácidos grasos de los lípidos musculares no sólo determina la rapidez y la extensión de los procesos de oxidación lipídica durante la maduración del jamón, sino que también influye marcadamente sobre el perfil de compuestos volátiles formados como consecuencia de dichos procesos (figura 7). Así, como consecuencia de la oxidación del ácido oleico se forman varios compuestos, entre los que los mayoritarios son los aldehídos saturados octanal y nonanal, que parecen presentar aromas bastante agradables. Sin embargo, como consecuencia de la oxidación de los ácidos poliinsaturados se forman aldehídos diinsaturados (decadeinal, heptadienal), con umbrales de olfacción muy bajos y aromas a rancio o a pescado. Por lo tanto, resulta interesante desde el punto de vista del aroma de los productos curados emplear materia prima con la menor proporción posible de ácidos grasos poliinsaturados.

Así, Shackelford et al. (1990c), analizando las características sensoriales del beicon mediante un ensayo descriptivo, encontró que aparecía una frecuencia mucho mayor de aromas indeseables (a rancio) en el elaborado a partir de animales alimentados con dietas enriquecidas en colza que en los elaborados a partir de animales alimentados con una dieta control (65% contra 5% de frecuencia de presentación). Este hecho parecía relacionado con la mayor cantidad de ácido linoleico en la grasa de los animales alimentados con la dieta de colza (21% contra el 8% en los de la dieta control). De igual manera, Myer et al. (1992), empleando catadores entrenados, encontraron una gran incidencia de aromas a rancio en beicon elaborado con animales cebados con aceite de colza.

Para jamones o embutidos curados se mantiene (en general) el comportamiento descrito: a mayores niveles de ácidos grasos poliinsaturados en la dieta del animal, peores características aromáticas del producto. Warnats et al. (1998) estudiaron el efecto de la alimentación (dietas control y enriquecidas en ácido linoleico -2,47% sobre el total de la dieta- mediante la inclusión de aceite de soja) desde los 25 hasta los 105 kg de peso sobre las características del salami elaborado con magro de animales control y grasa de los animales a estudio (30% del total de ingredientes del salami). Mediante un test triangular las muestras enriquecidas fueron fácilmente detectadas, y la diferencia entre los diferentes tipos de salami fueron más acusadas al aumentar el período de maduración, seguramente debido a un mayor desarrollo de los procesos de oxidación lipídica con el tiempo. Los niveles de ácido linoleico en la grasa subcutánea de los animales control fueron de un 16% frente a un 22% en los alimentados con aceite de soja. Cuando el nivel de ácido linoleico disminuía hasta un 19%, el nivel de detección era mucho menor, pero seguía siendo perceptible en algunos casos. En base a estos resultados (considerando también la textura) y otros estudios previos, estos autores sugieren un límite de 21% de proporción de ácidos grasos poliinsaturados en la grasa subcutánea para destinarla a la elaboración de productos. Este nivel se correspondería aproximadamente con una inclusión de 26 g/kg de pienso. No obstante, otros autores han sugerido niveles considerablemente inferiores (14% de poliinsaturados) para estos productos (Stiebing et al., 1993).

En jamones de Parma también se ha detectado sensorialmente el efecto adverso del empleo de animales cebados con dietas enriquecidas en ácido linoleico sobre la calidad, y más concretamente, sobre el aroma del producto. Así, Pastorelli et al. (2003) empleando un panel de catadores entrenados y utilizando un ensayo descriptivo, detectaron mayor incidencia de aromas a rancio en los jamones procedentes de animales alimentados con dietas enriquecidas en ácido linoleico utilizando aceite de colza (3% del total de la dieta). Curiosamente la proporción de ácido linoleico en la grasa intramuscular no fue significativamente diferente de la de los animales control (13,84% vs 12,47%), lo que demuestra que pequeñas diferencias pueden ser claves, a causa de la extremada sensibilidad del humano a los aromas de los compuestos derivados de la oxidación de los ácidos grasos poliinsaturados. En parte por esto, tal y como se ha mencionado con anterioridad, el contenido en ácido linoleico de la materia prima empleada para la elaboración de jamón de Parma está limitado al 15%.

El empleo de dietas ricas en ácidos grasos n-3 en el cebo de animales tiene efectos similares o aún más acentuados. El mayor problema con el uso de este tipo de estrategia es que los productos derivados de la oxidación de este tipo de ácidos grasos presentan olores con umbrales de olfacción muy bajos y con notas aromáticas a pescado. De esta manera, Romans et al. (1986) evidenciaron mediante un test triangular que el beicon procedente de animales cebados con aceite de linaza en niveles superiores al 5% de inclusión era fácilmente detectado por los catadores. Sin embargo, Sheard et al. (2000) igualmente

empleando catadores entrenados y un ensayo descriptivo, no encontraron efecto alguno del uso de dietas enriquecidas en aceite de linaza hasta niveles de 4,5 g de ácido linolénico (C18:3 n-3) por kg de pienso. Sin embargo, estos autores incluyeron en la ración de todos los lotes una suplementación en α -tocoferol de 100 mg/kg, lo cual, tal y como se describirá más adelante, podría haber disminuido el grado de oxidación lipídica, evitando por lo tanto la aparición de aromas a rancio.

En jamón de Parma también se ha detectado mediante panel de catadores entrenados, un mayor aroma a rancio cuando se empleaba aceite de linaza al 3% en la alimentación de los animales desde los 25 a los 160 kg de peso vivo (Pastorelli et al., 2003). No obstante, los niveles de rancidez no eran superiores a los encontrados cuando se empleaba aceite de colza en vez de aceite de linaza, y además, la proporción de linolénico en la grasa intramuscular del jamón, siendo significativamente diferente (0,9% vs 0,6%), no era exageradamente más alta (tal vez debido a que se hubiera oxidado previamente durante el procesado). Curiosamente, la rancidez parecía originada por diferentes compuestos volátiles dependiendo de la alimentación que hubieran recibido. Así, en los cebados con aceite de colza, los niveles de 2,4-decadienal (tanto cis, trans- como trans, trans-) fueron los que parecieron estar más directamente implicados en el aroma a rancio del jamón, mientras que en los cebados con dietas ricas en aceite de linaza, fue el 2-heptadienal el responsable del aroma a rancio.

Bryhni et al. (2002), empleando un panel de catadores entrenados y un ensayo descriptivo, encontraron una mayor incidencia de aromas a rancio en salchichas cuando aumentaba el nivel de inclusión de aceite de pescado en la dieta (0,4%). En general, a pesar del efecto beneficioso sobre la salud de los ácidos grasos poliinsaturados n-3 de cadena larga que aporta la grasa del pescado, su uso está completamente desaconsejado en la alimentación de cerdos dedicados a la elaboración de productos de calidad diferenciada, ya que los compuesto derivados de la oxidación de ese tipo de ácidos grasos presentan aromas muy peculiares y distintivos (agradables en una sardina pero no en un jamón curado).

Al igual que para la textura, la solución de compromiso entre la salud y la calidad de los productos parece ser el uso del ácido oleico. Hay que tener en cuenta que este tipo de productos tienen unas características muy diferenciadas y peculiares, por lo que si su aroma se ve afectado, el valor añadido (normalmente elevado) puede perderse. En una serie de trabajos sobre el efecto del uso de dietas enriquecidas en ácidos grasos monoinsaturados en la calidad de diferentes productos (Shackelford et al., 1990a, b y c, 1991), se puso de manifiesto, mediante ensayos descriptivos con catadores entrenados, que el uso de dietas enriquecidas en aceite girasol con elevado contenido en ácido oleico en la alimentación del cerdo, no afectaba al aroma en beicon ó salchichas crudas fermentadas, pero sí en salchichas tipo Frankfurt.

Las repercusiones de la composición en ácidos grasos de la dieta sobre las características de los productos se vienen apreciando desde hace décadas de manera empírica en los productos del cerdo Ibérico. En estos productos (tal vez los de mayor valor añadido del mercado) se considera que animales cebados con dietas enriquecidas con ácido linoleico rinden jamones con aromas rancios, más desagradables (Ruíz y López-Bote, 2002). De hecho, este efecto se percibe ya en los secaderos, que presentan una aroma similar al de fritura cuando la materia prima de la que se ha partido tiene contenidos elevados en este ácido graso. Sin embargo, los jamones procedentes de animales cebados en montanera (dieta rica en ácido oleico, debido al contenido elevado en grasa y con altas proporciones de este ácido graso de la bellota) presentan aromas que en general se consideran mucho más agradables por los consumidores.

Mediante panel de catadores entrenados esos efectos han sido puestos de manifiesto. Así, Carrapiso et al. (2002b) encontraron numerosas diferencias en el perfil de descriptores sensoriales del jamón entre jamones de cerdos cebados en montanera y de cerdos cebados con piensos compuestos (figura 6). En este caso no se describió el pienso empleado, pero el perfil de ácidos grasos de la grasa subcutánea permite aventurar que debía ser un pienso con un bajo contenido graso, ya que la proporción de ácidos grasos saturados y monoinsaturados de la grasa fue elevada. Por otra parte, la grasa de los animales de montanera presentó niveles elevados de ácido oleico, e inferiores de ácidos grasos saturados, mientras que los poliinsaturados no mostraron diferencias. Estas diferencias en la composición en ácidos grasos se reflejaron en mayor intensidad para diferentes descriptores aromáticos, entre otros en el aroma a rancio, en los jamones de montanera. Sin embargo, estudiando el empleo de piensos con mayores niveles de ácido linoleico sobre las características del jamón ibérico mediante un ensayo descriptivo, Cava (1997) encontró también en los jamones de cerdos alimentados en montanera mayor intensidad para distintos descriptores aromáticos, y ligeramente inferior (no significativamente) para el aroma a rancio (figura 6).

Para evitar los efectos, que en general se consideran negativos, del empleo de piensos con bajo contenido graso, o con elevados niveles de ácidos grasos poliinsaturados sobre las características sensoriales del jamón ibérico, se viene empleando en los últimos años piensos enriquecidos en ácido oleico, bien mediante el uso de pipa de girasol alto oleico, bien de aceite de girasol alto oleico, bien de subproductos de la industria del aceite de oliva (oleinas y destilados). De esta manera se consiguen imitar con bastante precisión algunas de las características sensoriales de los productos procedentes de animales de montanera. Así, Muriel (2004) no encontró diferencias en ningún atributo sensorial al estudiar, mediante panel de catadores entrenados y con un ensayo descriptivo, las características sensoriales de lomos curados ibéricos procedentes de animales cebados en montanera o con piensos que contenían girasol alto oleico. No obstante, hay que tener en cuenta que este producto enmascara en cierta medida los aromas procedentes de la carne.

De hecho, partiendo de materia prima de los mismos animales, Jurado (2005) ha podido apreciar diferencias en algunos atributos referidos al aroma, a pesar de que la composición en ácidos grasos de la grasa de la materia prima fuera muy similar. No obstante, tal y como puede constatarse en la figura 6, las diferencias son menos evidentes que en el caso de jamones procedentes de animales alimentados con piensos ricos en linoleico o pobres en grasa.

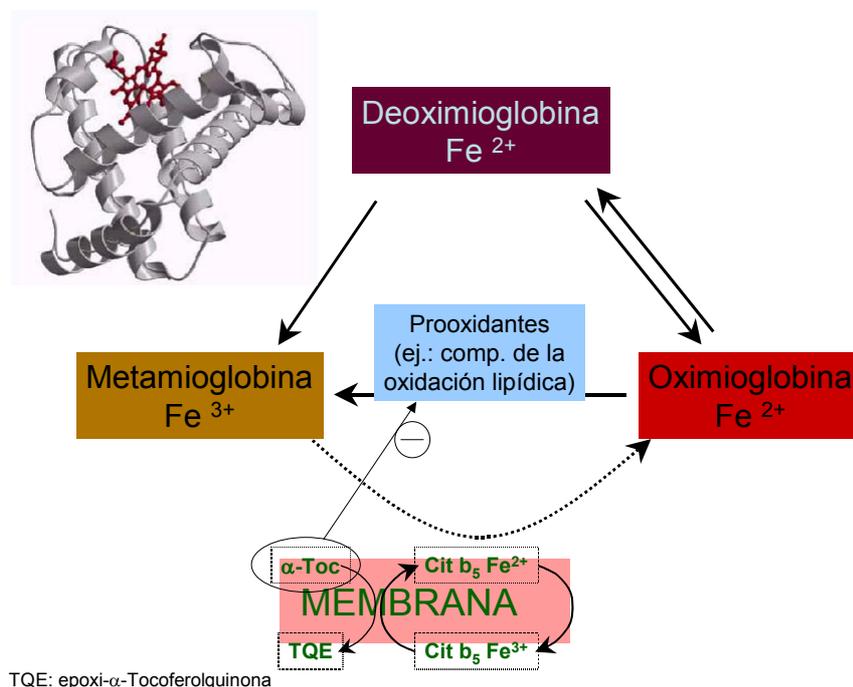
4.2.- α -tocoferol

La presencia de antioxidantes en el producto cárnico puede constituir un método efectivo en el control del desarrollo de reacciones de oxidación, cuyos efectos son considerados en general negativos. No obstante, la efectividad de los compuestos antioxidantes en el retardo de las reacciones de oxidación depende de numerosos factores físicos y químicos (Decaer et al., 2000). Hay que tener en cuenta que en la carne y los productos cárnicos, las reacciones de oxidación lipídica parecen originarse en los fosfolípidos de membrana (Igene y Pearson, 1979). Esto es debido, por una parte, a la mayor proporción de ácidos grasos poliinsaturados de los fosfolípidos, y por otra, a su localización, cercana a factores prooxidantes existentes en el citoplasma de las células musculares, como el hierro de la mioglobina o algunos citocromos. Debido a la localización de los fosfolípidos, en productos en los que no hay picado o éste no es muy intenso, resulta poco efectivo añadir antioxidantes como ingredientes a los productos cárnicos. Sin embargo, algunos antioxidantes pueden ser añadidos en la ración del animal, siendo absorbidos y almacenados en los tejidos, ejerciendo su función *in vivo*. Además, la efectividad es muy superior a cuando son añadidos como ingredientes, por distribuirse uniformemente en todos los tejidos y estructuras subcelulares.

Entre los antioxidantes que han sido evaluados para controlar la oxidación en carne y productos cárnicos mediante su administración en la dieta, el que ha demostrado una mayor efectividad es sin duda el α -tocoferol. Además, parece que este compuesto, una vez acumulado en los tejidos del animal, se degrada muy poco durante la elaboración de productos cárnicos, por lo que puede ejercer su papel antioxidante todavía en los productos finales, colaborando en la estabilización del color y retrasando el deterioro oxidativo y la desecación (figura 8) (Isabel et al., 1999; 2005). Todo ello proporciona un interés adicional a la suplementación del pienso con antioxidantes, dado el gran valor añadido de estos productos, que además constituyen sin ninguna duda el futuro en la forma de comercialización.

En una revisión previa se analizaban los factores relacionados con la absorción y depósito de α -tocoferol en los tejidos del animal (López-Bote et al., 1999). En la presente únicamente se hará referencia a sus implicaciones en la calidad sensorial de productos cárnicos con características diferenciadas.

Figura 8.- Representación de la mioglobina, de la relación entre las distintas formas químicas de la misma y del mecanismo propuesto para la reducción del hierro del grupo hemo (Faustman y Wang, 2000).



4.2.1.- Aroma

Como se ha venido comentando, la oxidación lipídica es una de las principales vías de formación de compuestos volátiles aromáticos en productos cárnicos (Ruíz et al., 1999), dando lugar tanto a compuestos con implicaciones positivas en el aroma global de los productos, como a compuestos con aromas desagradables (Carrapiso et al., 2002a), siendo en muchos casos una cuestión cuantitativa el que resulten un problema o una ventaja su presencia en los productos. No obstante, por lo general, elevadas cantidades de compuestos derivados de la oxidación de ácidos grasos poliinsaturados se relacionan con un aroma excesivamente rancio, cuestión ésta de vital importancia en los productos que nos ocupan, ya que el aroma suele ser una de las características más determinantes de sus calidad (figura 3) y el elemento distintivo por excelencia. Mediante el uso de cantidades supranutricionales de α -tocoferol en la ración del cerdo, se puede conseguir una menor aparición de aromas desagradables en el producto terminado. Además, este efecto permite aumentar el contenido en ácidos grasos poliinsaturados en los tejidos grasos del animal sin que aparezcan efectos adversos, con la consiguiente mejora en las implicaciones sobre la salud del consumo del producto.

Así, Hoz et al. (2004) han podido comprobar mediante un test triangular que los salchichones elaborados con carne procedente de animales alimentados con una dieta enriquecida en ácidos grasos poliinsaturados n-3 eran detectados por los catadores Sin

embargo, cuando la suplementación con ácidos grasos poliinsaturados n-3 era acompañada con 250 mg/kg de α -tocoferol en el pienso conseguía evitar que los catadores detectaran los productos enriquecidos en estos ácidos grasos, dando puntuaciones similares a los controles en un ensayo de aceptabilidad.

En jamones curados, Isabel et al. (2003) han observado puntuaciones más elevadas en los atributos del olor y del aroma en jamones procedentes de animales suplementados con 200 mg/kg de α -tocoferol en el pienso, tal vez porque la presencia de menores niveles de compuestos derivados de la oxidación de los ácidos grasos poliinsaturados, permitieran una mejor percepción de otro tipo de notas aromáticas, más relacionadas con aromas cárnicos, a tostado y a curado, procedentes de reacciones de degradación de los aminoácidos (Ruíz et al., 2002b).

En el caso del jamón ibérico, el cebo en montanera con bellotas y hierba supone una fuente de α y γ -tocoferol (Daza et al., 2005), presentando finalmente la carne niveles similares de α -tocoferol a la de los animales suplementados con 250 mg/kg de α -tocoferol en el pienso, pero con un contenido adicional en actividad antioxidante debido a la presencia de γ -tocoferol en cantidades dos veces superiores a la de los animales cebados con piensos. Como consecuencia de ello se detecta una menor susceptibilidad a la oxidación en esta carne, lo que se traduce en menores contenidos en aldehídos volátiles. Todo ello se refleja en las características sensoriales de los jamones ibéricos procedentes de animales cebados en montanera. Así, tanto Cava (1997) como Carrapiso (2002) y Jurado (2005), han podido comprobar que los atributos aromáticos de los jamones de montanera son diferentes, mostrando aromas más intensos.

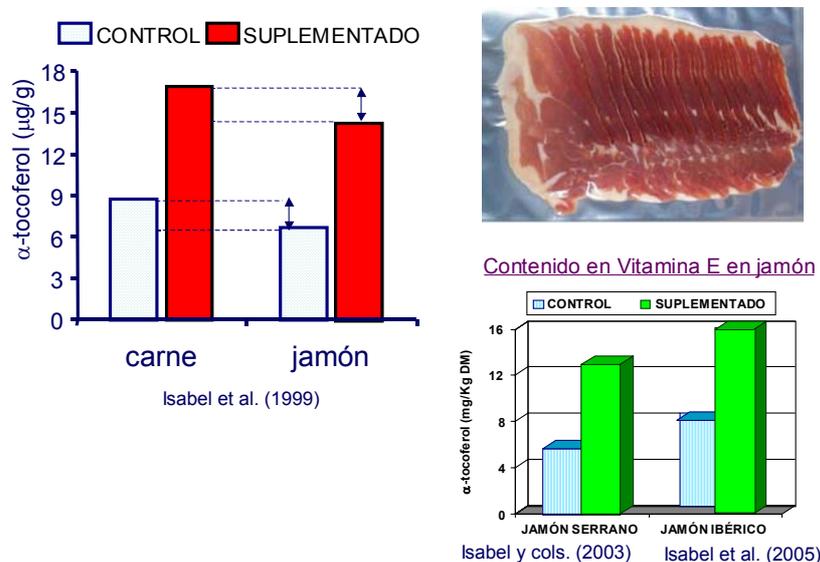
No obstante, las características aromáticas de los animales de montanera (aromas más intensos y con notas más variadas) no deben ser debidos solamente al perfil de ácidos grasos y a la presencia de antioxidantes. Así, Jurado (2005) ha podido comprobar que con un perfil similar de ácidos grasos y con contenidos parecidos de vitamina E en la carne fresca, los jamones obtenidos seguían presentando aromas más intensos en el caso de los de montanera. Esto podría ser debido a otro tipo de compuestos aromáticos presentes en la bellota o la hierba, que se depositen en los tejidos grasos del animal, como parece ocurrir con algunos compuestos de la fracción insaponificable (Ruíz et al., 2002b). De hecho, Carrapiso et al. (2002b), estudiando los compuestos volátiles del jamón Ibérico mediante cromatografía de gases-olfatometría han encontrado algún compuesto con impacto aromático que no era detectado en jamones de pienso y sí en los montanera, si bien dicho compuesto no pudo ser identificado.

4.2.2.- Aspecto

Los atributos referentes al aspecto de los productos cárnicos tienen una importancia trascendental en el momento de la compra, ya que cada vez más son la única información sensorial en la que se puede basar el consumidor para elegir. Esta importancia es probable que sea cada vez mayor, ya que la presentación de muchos de estos productos, como embutidos curados, o jamones, en envases transparentes y loncheados será cada vez más importante, ya que se adecúa más a las peculiaridades del consumidor, especialmente al no habituado al producto. Por lo tanto, conseguir que el aspecto sea adecuado y atrayente, y que ese aspecto se mantenga en el tiempo durante el que los envases permanecen expuesto, es de gran importancia y tiene evidentes repercusiones económicas.

El color de la carne se debe fundamentalmente a la presencia de un pigmento de naturaleza proteica, la mioglobina. Se trata de una proteína que presenta un grupo hemo, en cuya constitución entra a formar parte un átomo de hierro (figura 9). La cantidad de mioglobina existente en la carne es responsable de la intensidad del color de la misma (también llamado saturación del color), mientras que el estado en qué se encuentre el hierro de la mioglobina (oxidado o reducido) y los ligandos que se encuentren unidos a dicho átomo de hierro, determinan el tinte, es decir, la tonalidad cromática que presenta la mioglobina, y por lo tanto la carne (rojo vivo, púrpura, pardo). En la carne fresca, las formas químicas que aparecen son la oximioglobina (hierro reducido y ligando una molécula de oxígeno), la metamioglobina (hierro oxidado ligando agua) y la deoximioglobina o mioglobina nativa (hierro reducido, sin ligandos) (figura 9).

Figura 9.- Degradación de la vitamina E durante el procesado del jamón y contenido en vitamina E en jamones serranos e ibéricos después del procesado en jamones procedentes de cerdos con y sin suplementación.



La proporción relativa de cada una de las formas químicas de la mioglobina en la carne fresca determina el tinte global de la carne. La oximioglobina presenta una coloración rojo brillante, asociada al color de la superficie de la carne fresca, y se encuentra fundamentalmente en la superficie de la misma. La deoximioglobina tiene una coloración purpúrea, y se encuentra en la profundidad de la carne, donde el oxígeno no llega por difusión. Por último, la metamioglobina se asocia a bajas presiones parciales de oxígeno, a pH ácidos y a la presencia de condiciones prooxidantes, condiciones todas ellas paralelas a la pérdida de frescura de la carne. De hecho, la aparición de coloraciones parduzcas como consecuencia del incremento en la concentración de metamioglobina es uno de los indicadores más utilizados por el consumidor para determinar el grado de frescura de la carne. El tiempo durante el que se mantiene la coloración roja brillante de la carne fresca en la superficie es uno de los factores limitantes para la conservación de la carne en los expositores de los supermercados y carnicerías. La presencia de sustancias con actividad antioxidante en el músculo, principalmente tocoferoles, aumenta el período en el que la mioglobina se mantiene en estado reducido, extendiendo el período de venta de la misma (figura 9). Esto parece debido a dos efectos diferentes. Por una parte, la vitamina E disminuye el contenido en compuestos derivados de la oxidación lipídica, que a su vez actuarían como prooxidantes favoreciendo la formación de metamioglobina. Por otra, parece que la vitamina E permite la regeneración del citocromo b5 de la membrana, que a su vez, parece estar implicado en la reducción de la metamioglobina a oximioglobina (Faustman y Wang, 2000). Este último aspecto es importante, ya que el paso de la forma oxidada de la mioglobina (metamioglobina) a las reducidas (deoxi y oximioglobina) no es reversible, sino que depende de la actividad enzimática, entre otras, las citados citocromos de membrana. Esta actividad enzimática desaparece poco días post-mortem.

El efecto positivo de la suplementación con vitamina E sobre el color de la carne ha sido evidenciado extensamente en carne de vacuno, y de hecho es una estrategia ampliamente extendida para mejorar el aspecto de este tipo de carnes en los expositores durante el período de venta. No obstante, en carne fresca de cerdo este efecto no parece muy marcado. Sin embargo parece que en jamones curados el efecto sí existe y permite evitar la decoloración durante el almacenamiento de lonchas a refrigeración, debido a que la vitamina E se degrada relativamente poco durante el procesado del jamón curado (figura 8) (Isabel et al., 1999; 2005). En los jamones la mioglobina se encuentra en forma de nitrosilmioglobina debido a la reacción con el óxido nítrico procedente de las sales nitrificantes empleadas en la curación. Este pigmento es mucho más estable que la oximioglobina a la oxidación. No obstante, al exponer la superficie del jamón al corte, se provoca un oscurecimiento debido a la oxidación progresiva del pigmento. La presencia de vitamina E retarda este oscurecimiento (Isabel et al., 1999; 2005). Además, la suplementación con vitamina E repercute en coloraciones rojas más intensas medidas mediante un panel de catadores entrenados en un ensayo descriptivo, seguramente por una menor oxidación del pigmento en el momento del corte.

5.- CONCLUSIÓN

Los productos cárnicos tradicionales de calidad diferenciada, con un elevado valor económico, presentan características sensoriales peculiares que han de ser evaluadas adecuadamente para poder conocer el efecto de sobre ellas de diferentes factores. La alimentación tiene una gran repercusión en algunas de estas características, sobre todo la composición en ácidos grasos y la presencia de compuestos con actividad antioxidante. Dietas enriquecidas en ácidos grasos monoinsaturados y suplementadas con α -tocoferol parecen producir los productos con mejores características sensoriales, mientras que el empleo de dietas ricas en ácidos grasos poliinsaturados da lugar a texturas y aromas inadecuados.

6.- REFERENCIAS

- ANDRÉS, A.I., CAVA, R., VENTANAS, J., THOVAR, V. y RUÍZ, J. (2004) *Meat Sci.* 68: 45.
- ANZALDUA-MORALES, A. (1994) *La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y al práctica*. Ed. Acribia, Zaragoza.
- BARCINA, Y. (2001) En: *Análisis sensorial de alimentos*. Y. Barcina y F.C. Ibáñez (Eds.). pp: 1.
- BARCENAS P. (2001) En: *Análisis sensorial de alimentos*. Y. Barcina y F.C. Ibáñez (Eds.). pp: 73.
- BERIAIN, M.J., ALFONSO, L. y GORRAIZ, C. (2001) En: *Análisis sensorial de alimentos*. Y. Barcina y F.C. Ibáñez (Eds.). pp: 142.
- BOSI, P., CACCIAVILLANI, J.A., CASINI, L., LO FIEGO, D.P., MARCHETTI, M. y MATTUZZI, S. (2000) *Meat Sci.* 45: 119.
- BRYHNI, E.A., KJOS, N.P., OFSTAD, R. y HUNT, M. (2002) *Meat Sci.* 62: 1.
- CARRAPISO, A.I. (2002) *Tesis Doctoral*, Universidad de Extremadura.
- CARRAPISO, A.I., VENTANAS, J. y GARCÍA, C. (2002a) *J. Agric. Food Chem.* 50: 1996.
- CARRAPISO, A.I., JURADO, A., TIMÓN, M.L. y GARCÍA, C. (2002b) *J Agric. Food Chem.* 50: 6453.
- CARRAPISO, A., BONILLA, F. y GARCÍA, C. (2003) *Meat Sci.* 65: 623.
- CAVA, R. (1997) *Tesis Doctoral*, Universidad de Extremadura.
- DAVENEL, A., RIAUBLANC, A., MARCHAL, P. y GANDEMER, G. (1999) *Meat Sci.* 51: 73.
- D'ARRIGO, M., HOZ, L., CAMBERO, I., LOPEZ-BOTE, C.J., PIN, C. y ORDÓÑEZ, J.A. (2004) *Lebensm.-Wiss. u.-Technol.* 37: 585.
- DAZA, A., REY, A.I., RUÍZ, J. y LOPEZ-BOTE, C.J. (2005) *Meat Sci.* 69: 15.

- DECKER, E.A., LIVISAY, S.A. y ZHOU, S. (2000) En: *Antioxidants in muscle foods*. EA Decker, C. Faustman, C.J. López-Bote (Eds.). Wiley & Sons, New York. pp.: 25.
- ELLIS, N.R. e ISBELL, H.S. (1926) *J. Biol. Chem.* 69: 239.
- FAUSTMAN, C. y WANG, K.W. (2000) En: *Antioxidants in muscle foods*. EA Decker, C. Faustman, C.J. López-Bote (Eds.). John Wiley & Sons, New York. pp: 135.
- FLORES, J., BIRON, C., IZQUIERDO, L. y NIETO, P. (1988) *Meat Sci.* 23: 253.
- FLORES, M., GRIMM, C.C., TOLDRÁ, F.A. y SPANIER, A.M. (1997) *J. Agric. Food Chem.* 45: 2178.
- GARCÍA, C., VENTANAS, J., ANTEQUERA, T., RUÍZ, J., CAVA, R. y ALVAREZ, P. (1995) *J. Food Qual.* 16: 397.
- GARCÍA, C., JURADO, A. y CARAPISO, A.I. (2005) *Actas del III Congreso Mundial del Jamón*, Teruel. pp: 177.
- GUERRERO, L., GUÀRDIA, M.D. y ARNAU, J. (2004) En: *Análisis sensorial de productos alimentarios. Metodología y aplicación al mercado español*. Briz J. Y. (Ed.). pp: 195.
- GROSCH, W. (1987) En: *Autoxidation of unsaturated lipids*. Chan H.W.S. (Ed.). Academic Press, London. pp: 95.
- HORWITT, M.K. (1986) *Am. J. Clin. Nutr.* 44: 973.
- HOUBEN, J.H. y KROL, B. (1980) *Meat Sci.* 5: 57.
- HOZ, L., D'ARRIGO, M., CAMBERO, I. y ORDÓÑEZ, J.A. (2004) *Meat Sci.* 67: 485.
- IGENE, J.O. y PEARSON, A.M. (1979) *J. Food Sci.* 44: 1285.
- ISABEL, B., LOPEZ-BOTE, C.J., REY, A.I. y SANZ, R. (1999) *Meat Sci.* 51: 227.
- ISABEL, B., LOPEZ-BOTE, C., HOZ, L., TIMÓN, M.L., GARCÍA, C. y RUÍZ, J. (2003) *Meat Sci.* 64: 475.
- ISABEL, B., LOPEZ-BOTE, C.J., DE LA HOZ, L. y RUÍZ, J. (2005) *Food Sci. Technol. Int.* (en prensa).
- JURADO, A. (2005) *Tesis Doctoral*, Universidad de Extremadura.
- LARICK, D.K., TURNER, B.E., SCHOENHERR, M.T., COFFEY, M.T. y PILKINGTON, D.H. (1992) *J. Anim. Sci.* 70: 1397.
- LÓPEZ-BOTE, C. y RUÍZ, J. (1993) *Ciencias Veterinarias*. Biotecnología Aplicada a la Especie Porcina. Nº10, 135.
- LOPEZ-BOTE C.J. (1998) *Meat Sci.*, 49, S17.
- LÓPEZ BOTE, C.J., ISABEL, B. y REY, A. (1999) *XV Curso Avances en Nutrición y Alimentación Animal*. FEDNA.
- MILLER, M.F., SCHACKELFORD, S.D., HAYDEN, K.D. y REAGAN, J.O. (1990) *J. Anim. Sci.* 68: 1624.
- MILLER, R.K. (1994) En: *Muscle Foods*. D.M. Kinsman, A.W. Kotula y B.C. Breidstein (Eds.). Chapman & Hall, New York, pp: 333.
- MORRISEY, P.A., BUCKLEY, D.J., SISK, H., LYNCH, P.B. y SHEEHY, P.J.A. (1996) *Meat Sci.* 44: 275.

- MURIEL, E., RUÍZ, J., MARTÍN, D., PETRON, M.J. y ANTEQUERA, T. (2004) *Food Sci. Technol. Int.* 10: 117.
- MYER, R.O., JOHNSON, R.C., KNAUFT, D.A., GORBET, D.W., BRENDEMUHL, J.H. y WALKER, W.R. (1992) *J. Anim. Sci.* 70: 3734.
- PASTORELLI, G., MAGNI, S., ROSSI, R., PAGLIARINI, E., BALDINI, P., DIRINCK, P., VAN OPSTAELE, F. y CORINO, C. (2003) *Meat Sci.* 65: 571.
- PDO PROSCIUTTO DI PARMA (1992) *Council Regulation (EEC) n°2081/92*.
- PÉREZ-ELORTONDO, F.J. (2001) En: *Análisis sensorial de alimentos*. Y. Barcina y F.C. Ibáñez (Eds.). pp: 90.
- PRESCOTT, N.J. y WOOD, J.D. (1988) *Anim. Prod.* 46: 502.
- RENTFROW, G., SAUBER, T.E., ALLEE, G.L. y BERG, E.P. (2003) *Meat Sci.* 64: 459.
- ROMANS, J.R., JOHNSON, R.C., WULF, D.M., LIBAL, G.W. y COSTELLO, W.J. (1986) *J. Anim. Sci.* 73: 1982.
- RUÍZ, J., VENTANAS, J., CAVA, R., TIMÓN, M.L. y GARCÍA, C. (1998) *Food Res. Int.* 31: 5.
- RUÍZ, J., VENTANAS, J., CAVA, R., ANDRÉS, A.I. y GARCÍA, C. (1999) *Meat Sci.* 52: 19.
- RUÍZ, J., VENTANAS, J., CAVA, R., ANDRÉS, A.I. y GARCÍA, C. (2000) *Food Res. Int.* 33: 91
- RUÍZ, J., GARCÍA, C., MURIEL, E., ANDRÉS, A.I. y VENTANAS, J. (2002a) *Meat Sci.* 61: 347
- RUÍZ, J., MURIEL, E. y VENTANAS, J. (2002b) En: *Research Advances in the Quality of Meat and Meat Products*. Fidel Toldrá (Ed.). Research Signpost, Trivandrum, India. pp: 289
- RUÍZ, J. y LÓPEZ-BOTE, C. (2002) En: *Research Advances in the Quality of Meat and Meat Products*. Fidel Toldrá (Ed.). Research Signpost, Trivandrum, India. pp: 255
- RUÍZ, J. y LÓPEZ-BOTE, C. (2004) Jesús Ventanas (Ed.). Conjamón. Madrid. pp: 42.
- RUÍZ PÉREZ-CACHO, M.P., GALÁN-SOLDEVILLA, H., LEÓN CRESPO, F. y MOLINA RECIO, G. (2005) *Meat Sci.* 71: 620.
- SANTORO, P. 1984. En: *Fat quality in lean pigs*. J.D. Wood (Ed.). ECSC, Brussels and Luxembourg. pp: 43.
- SANTOS, C., ORDÓÑEZ, J.A., CAMBERO, I., D'ARRIGO, M. y HOZ, L. (2004) *Food Chem.* 88: 123.
- SHACKELFORD, S.D., REAGAN, J.O., HAYDON, K.D. y MILLER, M.F. (1991) *Meat Sci.* 30: 59.
- SHACKELFORD, S.D., MILLER, M.F., HAYDON, K.D. y REAGAN, J.O. (1990a) *J. Food Sci.* 55: 937.
- SHACKELFORD, S.D., MILLER, M.F., HAYDON, K.D. y REAGAN, J.O. (1990b) *J. Food Sci.* 55: 1497.
- SHACKELFORD, S.D., MILLER, M.F., HAYDON, K.D., LOVEGREN, N.V., LYON, C.E. y REAGAN, J.O. (1990c) *J. Food Sci.* 55: 621.

- SHEARD, P.R., ENSER, M., WOOD, J.D., NUTE, G.R., GILL, B.P. y RICHARDSON, R.I. (2000) *Meat Sci.* 55: 213.
- STIEBING, A., KÜHNE, D. y RÖDEL, W. (1993) *Fleischwirtsch.*, 73: 1169.
- St.JOHN, L.C., RULE, D.C., KNABE, D.A., MERSMANN, H.J. y SMITH, S.B. (1987) *J. Nutr.* 117: 2021.
- TORRES, P. (2001) En: *Análisis sensorial de alimentos*. Y. Barcina y F.C. Ibáñez (Eds.). pp: 126.
- VERBEKE, W., VAN OECKEL, M.J., WARNANTS, N., VIAENE, J. y BOUCQUÉ, Ch.V. (1999) *Meat Sci.* 53: 77.
- WARNANTS, N., VAN OECKEL, M.J. y BOUCQUE, C.C. (1996) *Meat Sci.* 44: 125.
- WARNANTS, N., VAN OECKEL, M.J. y BOUCQUE, C.C. (1998) *Meat Sci.* 49: 435.
- WOOD, J.D. (1984) En: *Fats in Animal Nutrition*. J. Wiseman (Ed.). Butterworths, London. pp: 407.