



Asociación Española de Criadores
de Ganado Porcino Selecto del Tronco
Ibérico (AECERIBER)

Emiliano De Pedro Sanz

Dr. Ingeniero Agrónomo.

Prof. Producción Animal E.T.S.I.A.M.

Universidad de Córdoba

Técnicas analíticas rápidas para el control de calidad de carnes de cerdo ibérico

Noción de calidad

El concepto de calidad es difícil de definir, ya que adopta un matiz diferente según el evaluador de la misma.

De forma genérica y, según el diccionario de la Real Academia Española de la Lengua, calidad es «la propiedad o conjunto de propiedades inherentes de una cosa, que permiten apreciarla como igual, mejor o peor que las restantes de su misma especie».

La calidad depende por tanto de las características del producto y de cómo éstas son percibidas y valoradas por aquellos que lo utilizan. Aunque el componente sensorial pueda ser el de más peso específico en la calidad, factores como la tradición, costumbres alimentarias, creencias, experiencia previa e información sobre el producto, van a tener una considerable influencia sobre como dicha calidad es percibida.

Entre los criterios más frecuentes para valorar la calidad de la carne y productos cárnicos se encuentran los siguientes:

Organoléptico. Engloba el conjunto de propiedades perceptibles por nuestros sentidos que demandan y cuantifican los consumidores directos. Las más importantes son el color, el gusto o sabor, la textura, la jugosidad y el aspecto.

Dietético. Comprende aquellas características relativas a la composición del producto que pueden influir sobre la salud del consumidor. Estas características son el contenido en grasa, grado de saturación de la misma, nivel de ácidos grasos poliinsaturados, y su contenido en colesterol.

Higiénico. Los factores que la determinan son tanto su estado microbiológico como el nivel de residuos presentes (antibióticos, hormonas, pesticidas, etc.).

Económico. Relacionada con los rendimientos en fresco así como los obtenidos sobre productos secos y transformados.

Tecnológico. La calidad va a depender de la aptitud de la carne en función de su contenido en magro y grasa, para soportar distintos procesos de transformación.

En este último sentido, la aptitud de la carne para ser sometida a diversos procesos de transformación tecnológica, va a depender en gran medida de la grasa que ésta posea, dado que la grasa es uno de los componentes más importantes de la carne y productos cárnicos. El contenido en grasa, tanto cuantitativo como cualitativo, de la carne está influido por distintos factores, tanto internos (raza, peso de sacrificio) como externos (alimentación, manejo, ambiente).

Importancia de los lípidos en la calidad de los productos del cerdo ibérico

Dado que los lípidos son el principal componente del tejido adiposo, éstos han sido objeto de estudio, particularmente los ácidos grasos, a la hora de establecer la calidad de las grasas.

La grasa subcutánea del cerdo está constituido esencialmente por triglicéridos (80-90%), cuya composición

en ácidos grasos depende de factores tales como la alimentación y la raza.

En el caso del cerdo, al igual que en otros monogástricos, la grasa de la dieta se asimila y deposita casi sin sufrir modificación, por lo que la dieta influye enormemente en la composición de la grasa corporal.

A su vez, la cantidad y composición química de los lípidos influyen en la textura y firmeza de la grasa, desempeñando una función de gran importancia en el desarrollo de las características sensoriales de los productos cárnicos tales como la ternura y jugosidad, y en la evolución del aroma y el sabor.

Métodos de reconocimiento de la calidad

Sistemas de engorde del cerdo ibérico

El régimen alimenticio que pueden tener los animales, en el último período de cebo, puede clasificarse, de forma general, en tres tipos diferentes:

a) En régimen de montanera aprovechando exclusivamente los productos de la dehesa, particularmente el pasto y la bellota. Corresponde a la forma más tradicional y confiere la más alta calidad futura a los productos elaborados.

La duración de la misma es muy variable dependiendo de la cantidad de bellota que exista. En líneas generales comienza en octubre o primeros de noviembre, y termina a finales de febrero o primeros de marzo con una duración media de tres meses.

b) En régimen de montanera suplementada con cantidades variables de pienso, al tiempo que aprovecha el pasto y la bellota. Esta modalidad era empleada de forma tradicional con aquellos animales que no podían alcanzar el peso de sacrificio con el aprovechamiento exclusivo de la montanera, aportándose, una vez terminada ésta, raciones de cebada, maíz o piensos comerciales para llegar al peso apropiado de sacrificio.

En la actualidad, con el fin de mejorar los rendimientos de la montanera, es cada vez más frecuente que los ganaderos aporten estas raciones durante toda la montanera, siendo las cantidades función de las disponibilidades de alimentos (pastos y bellota) proporcionados por la dehesa.

c) A base de pienso exclusivamente. Los animales son cebados exclusivamente a base de concentrados o cereales hasta alcanzar el peso de sacrificio, bien en campo o en naves. Generalmente se utilizan animales cruzados por que son los que dan mejores rendimientos técnicos (índice de conversión, crecimiento, producción de piezas, etc.).

Estos sistemas de alimentación, van a dar lugar a diferentes tipos comerciales de cerdos, que habitualmente se denominan «bellota», «recebo» y «pienso», respectivamente. Cada una de estas categorías de animales tiene una cotización diferente en el mercado, variando según la oferta y demanda de animales, la cosecha de bellota que

haya ese año, y el momento de la campaña en que se negocie la venta. Siempre la mayor cotización corresponde a los animales del tipo bellota y eso hace que siempre se trate de alcanzar dichas cotizaciones a la hora de vender los animales.

De cada uno de estos tipos de animales se obtienen productos curados, principalmente jamones, paletas y lomos, con distinto valor comercial, al igual que los animales de los que proceden, y con calidades diferentes, siendo la alimentación exclusiva en montanera la que proporciona la más alta calificación de estos productos.

Sin embargo, existe aún una total falta de homogeneización-estandarización de dichas calidades, y para la industria, resulta muy difícil conocer la alimentación que ha recibido el animal en sus etapas finales de vida y poder así, tener garantía de que el porcino tipo «bellota» ha consumido dicho producto en cantidad suficiente para dar al producto las características organolépticas peculiares.

Criterios de valoración de la calidad

La cuestión que ahora se plantea es cómo reconocer, de forma fiable, la calidad tecnológica de la carne de los animales, que el industrial adquiere para elaborar sus productos.

Dado que las características de la grasa del cerdo, dependen en gran medida de la dieta recibida, estas determinaciones se llevan a cabo sobre dicho tejido adiposo, aparte de que éste es abundante y la toma de muestras del mismo no supone un deterioro de la canal.

Las características o parámetros que se pueden determinar, para reconocer la calidad de las canales de cerdos Ibéricos, podemos agruparlas en dos categorías: De tipo subjetivo y de tipo objetivo.

Entre las de tipo **subjetivo** tenemos:

a) La prueba de la resistencia a la presión del dedo: Es el método más simple utilizado para determinar el régimen alimenticio de los animales y por tanto de la calidad del jamón. Consiste en evaluar la sensación de dureza y la fusión por rozamiento digital de la misma, siendo ésta una valoración claramente subjetiva. Tiene su origen en la clara diferencia entre el tacto de las grasas de los cerdos acabados tradicionalmente en montanera y los que lo hacían a base de pienso.

La ingestión de altas cantidades de ácido linoleico implica una consistencia blanda de la grasa, pero la consistencia está también relacionada con la concentración de ácidos grasos saturados, los cuales endurecen la grasa a medida que su concentración aumenta en la dieta. Entre éstos últimos, el ácido esteárico es el más correlacionado con la dureza a la presión del dedo y, más concretamente, la relación esteárico-linoleico.

Sin embargo, en el resultado de esta prueba, intervienen tanto componentes del tejido adiposo como del tejido conjuntivo propiamente dicho, aparte de influir otros factores tales como la temperatura ambiente.

b) Otro método utilizable en la determinación de la calidad de la grasa es la temperatura de deslizamiento de la grasa. Esta es el valor de la temperatura a la cual se produce el deslizamiento de una muestra de grasa en un capilar y nos da idea de la firmeza del tejido graso a una temperatura dada. Los métodos utilizados son el de capilar o tubo cerrado por un extremo y el método del capilar abierto llamado de «punto de reblandecimiento».

El punto de fusión de la grasa se eleva con el elongamiento de la cadena de carbono y disminuye más drásticamente al aumentar el grado de insaturación. Así, el ácido esteárico funde a 69 °C, el oleico a 13,4 °C, el linoleico a -5 °C y el linolénico a -11 °C. encontrándose muy ligado a la alimentación del animal. El ácido linoleico no tiene un efecto importante sobre el mismo. Sin embargo, cuando las concentraciones de éste en la dieta son muy altas, su efecto sí se hace notable.

Se trata de una característica de la grasa de fácil determinación, por lo que ha sido el parámetro más ampliamente utilizado además de haber gozado de valor oficial como indicador de calidad, en los contratos-tipo homologados (O.M. del 7-11-88 publicada en el BOE del 8-11-88).

Sin embargo, este parámetro se presta a muchos equívocos por las siguientes razones:

- Su valor es variable dependiendo de la zona anatómica de donde se tome la muestra y los valores obtenidos pueden variar ampliamente según se practique la toma de muestra, en la capa externa o interna del tejido adiposo del jamón.
- Depende de las condiciones de almacenamiento de la grasa. Así, las grasas presentan el fenómeno del polimorfismo, o sea de cristalizar en varias formas diferentes con distintos puntos de fusión. El obtener una u otra forma cristalina va a depender del tratamiento térmico a que se someta.
- Puede afectarse por las condiciones de preparación de la muestra (modo de extracción etc.), incluso difiere según sea el método seguido para su determinación.
- Se trata de un método subjetivo al depender del observador.
- Depende de las condiciones de almacenamiento de la grasa. Así, las grasas presentan el fenómeno del polimorfismo, o sea de cristalizar en varias formas diferentes con distintos puntos de fusión. El obtener una u otra forma cristalina va a depender del tratamiento térmico a que se someta.

Este carácter subjetivo y la falta de normalización de las condiciones experimentales, conducen a una baja repetibilidad, pudiendo existir importantes diferencias según el método.

Es además, un parámetro fácilmente manipulable pues, a pesar de ser la bellota el principal responsable del punto de fusión bajo de la grasa, éste también puede reducirse con la incorporación de ciertas materias primas en los piensos, pero que, sin embargo, no aportan el aroma y «bouquet» característico que proporciona una alimentación rica en bellota.

Por estos motivos, cuando se trate de muestras desconocidas, nunca se puede tener la seguridad de una clasi-

ficación totalmente correcta, por tratarse de un método muy discutible y de escasas garantías, por lo que ha sido, con carácter general, invalidado.

Por tanto se debe recurrir a la búsqueda de índices o parámetros lo más **objetivos** posibles. Entre éstos el primero con el que nos encontramos es el *índice de yodo*, cuya determinación nos ofrece cierta información sobre el grado de insaturación de las moléculas y por tanto de la potencial calidad tecnológica de la grasa. Cuanto mayor sea el valor de este índice, mayor será el número de dobles enlaces existentes y será más fácilmente enranciable, lo cual dará origen a sabores desagradables.

En las grasas de cerdo Ibérico, estos índices son superiores a los de animales de razas blancas, y son aún mayores en los que en su dieta ha entrado la bellota, pero con una alimentación a base de pienso compuesto rico en grasas insaturadas, se pueden conseguir valores de índice de yodo similares a los que dan los animales alimentados con bellota.

Los continuos progresos en el desarrollo de nuevas técnicas así como el mayor conocimiento de la composición y naturaleza de los alimentos, han conducido a una notable evolución en el análisis de materias grasas, disponiendo, desde hace ya tiempo, de una serie de determinaciones de tipo instrumental que nos aportan gran información en cuanto a la composición de estas grasas. Estas técnicas permiten, en definitiva, un mejor conocimiento de la composición química de las mismas, y por ello, de todas las propiedades que de ella se derivan.

Dentro de estas técnicas, cabría destacar la *cromatografía gaseosa* y la *cromatografía líquida*, que nos permiten determinar la composición en ácidos grasos y en triglicéridos de las grasas de cerdo, y utilizar dicha composición como característica identificadora de la calidad.

En la determinación de ácidos grasos hay que tener en cuenta que las diferentes formas de aplicación de esta técnica dan lugar a resultados cuantitativos no equivalentes, lo que supone que los resultados obtenidos por distintos laboratorios no sean totalmente comparables. Es por tanto muy importante tener en cuenta en todo momento, cuales han sido las condiciones del análisis empleadas en cada caso.

La determinación de ácidos grasos requiere el fraccionamiento previo de las moléculas de triglicéridos, lo cual hace que no conozcamos de forma precisa cómo se encuentran los ácidos grasos en el tejido graso, por lo que resulta cada vez más adecuado el uso de la cromatografía líquida para la separación y cuantificación de triglicéridos, diglicéridos, monoglicéridos y ácidos grasos libres en un mismo cromatograma.

El análisis de triglicéridos por cromatografía líquida ha tenido un gran auge en nuestro país, si bien se requieren tiempos de análisis relativamente largos y tiene un coste más elevado que la determinación de ácidos grasos por cromatografía gaseosa.

Esta técnica, recomendada por la CEE, se ha utilizado fundamentalmente para el análisis de grasas y aceites vegetales, fundamentalmente para la detección de mezclas o fraudes.

Sin embargo la separación por cromatografía líquida, en el caso de las grasas de origen animal, se ha estudiado en mucha menor proporción que para las grasas vegetales ya que estos análisis conllevan una dificultad importante debido a la complejidad de las mezclas triglicéridicas. A pesar de esto, actualmente es posible la perfecta determinación de estos componentes mediante el empleo de cromatografía líquida.

Finalmente, en los últimos años está teniendo un creciente interés la aplicación de la Espectroscopía en el Infrarrojo Cercano (NIRS) en el control de materias primas, que es otro de los métodos objetivos a aplicar en el control objetivo de calidad de las grasas.

Entre las ventajas de la técnica NIR respecto a otros métodos tradicionales de análisis, está:

- La rapidez del método una vez que el instrumento ha sido correctamente calibrado.
- Permite llevar a cabo varias determinaciones sobre la misma muestra.
- Se trata de un procedimiento no destructivo, lo cual reviste gran importancia particularmente en el caso de que se disponga de poca cantidad de muestra, o ésta sea de alto valor (lomos o jamones).

Todas estas características están dependiendo, como dijimos, de la acción de diversos factores, entre los cuales el más importante es la alimentación. Vamos a ver a continuación cómo afecta este factor, de gran importancia económica, en la composición de ácidos grasos y cómo esta característica nos permite reconocer el régimen alimenticio que han tenido los animales y por tanto puede ser utilizada como criterio a aplicar en el control de calidad de las industria.

Efecto de la alimentación sobre la composición en ácidos grasos de la grasa subcutánea del jamón fresco de cerdo ibérico

Para conocer como influye la alimentación en la composición en ácidos grasos de la grasa subcutánea del jamón se ha partido de una serie de animales engordados con distintos regímenes alimenticios (Tabla 1), disponiendo desde animales que han consumido exclusivamente pienso (incluso de diverso tipo), hasta animales que han realizado su acabado exclusivamente con bellota.

Determinada la composición en ácidos grasos de una muestra de grasa de cada animal que componía el lote se obtuvieron los resultados recogidos en la Tabla 2.

En los valores de composición en ácidos grasos, de los distintos lotes de animales, se puede observar cómo a medida que disminuye la cantidad de pienso que entra a formar parte de la dieta de los cerdos aumenta el porcentaje de ácido oleico (C18:1), disminuyendo el de ácido palmítico (C16:0) y de ácido esteárico (C18:0). En el resto de los ácidos grasos no se aprecia una evolución clara en su composición, según el régimen alimenticio, aunque si existen pequeñas diferencias entre algunos de ellos.

Cabe destacar la composición tan parecida que tuvieron los grupos 8 y 9, lo que podría ser explicado por la

TABLA 1
Distribución de animales según la alimentación en fase de acabado y duración del régimen en montanera

Lote	Nº de Muestras	Días de Montanera	Alimentación
1	9	-	Pienso compuesto
2	17	-	Pienso compuesto + Har. Cebada
3	45	-	Pienso compuesto
4	26	75	Bellota + 2 kg Pienso compuesto
5	36	60	Bellota + 1,5 kg Pienso compuesto
6	51	60	Bellota + 1,5 kg Pienso compuesto
		12	Bellota + 800 g Pienso compuesto
7	24	90	Bellota + 1 kg Pienso compuesto
8	27	128	Bellota + 850 g Pienso compuesto (*)
9	10	75	5@reposición de bellota

* Comenzó aprovechando la bellota de quejigo.

larga montanera que tuvieron los animales del grupo 8, que comenzaron aprovechando la bellota de quejigo muy tempranamente. Por otra parte el grupo 7 se parece más en su composición a los animales que han consumido más bellota que los del grupo 6, el cual además de tener una media menor de consumo de pienso en todo el período de acabado, tuvo una montanera más corta. Esto nos indicaría que la composición de ácidos grasos depende no sólo de la cantidad de pienso sino también de la duración de la montanera y por tanto de la cantidad de bellota consumida.

TABLA 2
Composición media de la grasa subcutánea del jamón, según el régimen alimenticio, en los lotes de cerdos de control

Ácido Graso (%)	Tipo de Alimentación								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
C14:0	1,31	1,41	1,59	1,53	1,34	1,16	1,31	1,16	1,18
C16:0	21,96	23,72	23,98	23,26	22,11	20,27	21,35	19,51	18,25
C16:1	2,22	2,85	2,79	2,46	2,31	2,05	2,22	2,05	2,23
C18:0	12,09	11,76	12,52	12,02	12,05	11,08	9,85	9,16	8,47
C18:1	48,67	49,37	47,61	50,77	50,68	52,56	53,51	56,49	57,16
C18:2	10,18	7,66	8,13	7,07	8,34	9,23	8,67	8,70	9,40
C18:3 (#)	0,81	0,52	0,70	0,59	0,69	0,91	0,73	0,57	0,73
C20:1	1,77	1,54	1,59	1,46	1,62	1,80	1,55	1,51	1,66

(#) Este valor es el % de los ácidos C18:3 + C20:0

Con esta composición y en base a los criterios establecidos en el Contrato Tipo Homologado, podríamos clasificar estas partidas en las categorías «bellota», «recebo» o «pienso». Sin embargo, dependiendo de la campaña que consideremos los límites del contenido en ácidos grasos son diferentes, por lo que nos podríamos encontrar con

que una partida puede ser bellota recebo o pienso según el nivel que apliquemos.

Otra alternativa es definir una tipología lipídica de ácidos grasos, de cada régimen alimenticio, teniendo en cuenta la variabilidad en ácidos grasos que proporciona cada régimen alimenticio y mediante un análisis matemático considerar la similitud o diferencia de la composición en ácidos grasos de una partida cualquiera con la composición característica de partidas de referencia, que previamente se han definido, de las categorías bellota, recebo o pienso.

Otros componentes químicos de la grasa que también se ven afectados su contenido por la alimentación son los triglicéridos, cuya determinación se realiza mediante cromatografía.

En este caso se utilizaron un total de 36 muestras representativas de 4 tipos de alimentaciones habituales en la fase de acabado del cerdo Ibérico: pienso (lote 1), bellota (lote 9), montanera complementada con 250 gramos de pienso (lote 0) y bellota complementada con 850 gr de pienso (lote 8), aunque lo ideal hubiera sido poder analizar muestras de todos los lotes empleados en el estudio anterior con ácidos grasos.

Los resultados del análisis de varianza de los datos de composición en triglicéridos de las muestras de grasa subcutánea de jamones frescos, según el régimen alimenticio, quedan reflejados en la Tabla 3.

En esta tabla podemos ver cómo los triglicéridos más importantes en la grasa del cerdo Ibérico son los constituidos por las combinaciones de los ácidos grasos palmítico (P), oleico (O), esteárico (S) y linoleico (L). así, el triglicérido mayoritario fue el POO, seguido del POL, POS y en menor proporción, por el POP, OOO y SOO.

Las diferencias altamente significativas ($P < 0,01$) que existieron entre los cuatro grupos, en cuanto al alto porcentaje de los triglicéridos OOL y OOO, nos indican que esta característica de las grasas podría utilizarse para diferenciar los tipos de regímenes alimenticios.

TABLA 3
Composición en triglicéridos de la grasa subcutánea de jamones frescos de cerdo ibérico, según el régimen alimenticio

Triglicéridos	Alimentación			
	1	8	6	9
OOL	3,48 d	6,35 c	7,53 b	9,05 a
POL	17,27	16,29	13,95	15,06
OOO	7,25 d	12,08 c	15,77 b	17,68 a
POO	31,66 b	33,30 ab	35,10 a	33,03 ab
POP	8,18 a	5,84 b	3,86 c	3,75 c
SOO	6,01	6,43	7,11	6,69
POS	17,75 a	14,21 b	12,87 bc	10,01 c
SSO	1,08 a	0,64 b	0,64 b	0,42 b
PSS	0,60 a	0,39 a	0,14 b	0,14 b

* Medias para la misma variable con distintas letras son significativamente diferentes ($P < 0,01$).

Llegados a este punto de la situación es preciso destacar dos elementos importantes:

1. Estas pocas características con las que tratamos de definir un régimen alimenticio podrían llegar a conseguirse mediante una formulación de piensos compuestos, con lo cual deberíamos buscar otros parámetros que nos diferenciasen los animales alimentados con bellota de los que lo son con esos piensos especiales, o bien utilizar una combinación múltiple de los parámetros ya conocidos (ácidos grasos y triglicéridos) que dificultaría la consecución de un pienso que cumpliera todos los requisitos.
2. Los cerdos acabados en montanera han tenido un régimen alimenticio basado en bellotas, pasto y otras materias primas que encuentran en el campo (raíces, tubérculos, insectos) que difícilmente será imitable con piensos compuestos y que van a jugar un papel importante en la formación de productos volátiles y aromáticos que le darán el bouquet distintivo. Estos componentes mediante técnicas de análisis fino pueden llegar a detectarse y por tanto reconocer los productos de los animales acabados en montanera.

El problema surge a la hora de aplicar estas técnicas analíticas en un proceso industrial en cadena, de forma rápida y fiable. Hasta hace unos años esto era inviable pero gracias al avance de las técnicas de análisis de espectroscopía en el infrarrojo cercano, el reconocimiento y diferenciación de calidades de forma rutinaria en las industrias puede ser, en un período de tiempo breve, una realidad.

Determinación de la calidad de canales y productos del cerdo ibérico mediante la tecnología NIR

Tecnología NIR

Durante la pasada década, emerge un nuevo concepto de análisis basado en la absorción en la región del Infrarrojo Cercano (NIRS). En el momento actual, miles de publicaciones científicas, cuatro libros específicos y los libros de *proceedings* de ocho Conferencias Internacionales NIRS, confirman el potencial de la técnica NIRS para la caracterización de diferentes productos agro-alimentarios de una forma rápida, y en sus aspectos cuantitativos y cualitativos.

El infrarrojo cercano se define como la parte de espectro situado entre 700 y 2.500 nm. Simplificando enormemente los principios de la absorción NIRS diremos, que la técnica consiste esencialmente en la emisión de un haz de luz sobre la muestra la cual, en función de su composición, o, mejor aún, de la naturaleza de los enlaces presentes en sus moléculas, absorberá una determinada cantidad de energía. La forma más usual de cuantificar la absorción en el infrarrojo cercano es a través de la medida de la energía, reflejada a diferentes longitudes de onda y expresada como Log (I/R), (Reflectancia) en cuyo caso se habla de espectroscopía NIR o bien la transmitida a través de la muestra y expresada como Log (1/T) (Transmi-

tancia) o espectroscopia NIT. Los datos de Log (I/R) o Log (I/T) pueden ser empleados para análisis cualitativo (utilización de datos espectrales «per se») o cuantitativo, siendo esta última la aplicación más extendida.

El análisis cuantitativo implica el desarrollo de una ecuación de calibración mediante el establecimiento de una relación entre los valores espectrales y los de un método analítico de referencia. Esta relación se establece utilizando un grupo de muestras de composición conocida denominado «grupo de calibración».

Predicción cuantitativa de ácidos grasos

A partir de los datos de referencia (cromatografía gaseosa) y de los datos espectroscópicos correspondientes a muestras controladas durante la campaña de sacrificio 96/97, se obtuvieron ecuaciones de calibración para cada uno de los ácidos grasos mayoritarios (palmítico, C16:0, esteárico, C18:0, oleico, C18:1 y linoleico, C18:2) y que son los utilizados en la clasificación de partidas mediante aplicación del Contrato Tipo Homologado (CTH).

La Tabla 4 recoge los datos estadísticos obtenidos para las ecuaciones seleccionadas como de mayor precisión. Un primer comentario sería el del elevado valor del coeficiente de determinación para el colectivo de calibración (R^2) para los cuatro ácidos grasos estudiados.

TABLA 4
Estadísticos de las ecuaciones obtenidas con el colectivo de calibración 96/97 (N=145)

Variable	Media	DT	ETC	R^2
%C16:0	21,4	1,3	0,39	0,91
%C18:0	11,0	1,2	0,26	0,95
%C18:1	51,9	2,4	0,50	0,96
%C18:2	9,1	1,2	0,19	0,98

Durante la campaña 97/98 se procedió a la obtención de datos espectrales y así mismo de datos de ácidos grasos para un total de 227 muestras, de las cuales 207 muestras se utilizaron en la ampliación del colectivo de calibración de la campaña 96/97 y las restantes 20 muestras se reservaron para la evaluación externa de la ecuación global a desarrollar con las muestras de ambas campañas.

Con los datos espectrales y químicos de las 345 muestras de la población conjunta, se procedió al igual que anteriormente, a la obtención de diferentes ecuaciones de calibración para cada uno de los cuatro ácidos grasos. En la Tabla 5 se recogen los estadísticos de las ecuaciones de mejor precisión, de acuerdo a los criterios anteriormente mencionados.

Una vez obtenidas las ecuaciones globales, procedimos a su evaluación externa. Para ello se aplicaron éstas a un conjunto de 20 muestras pertenecientes a partidas de la campaña 97/98 amparadas por la D.O. «Jamón de

TABLA 5
Estadísticos de ecuaciones de calibración global (96/97+97/98) (N=352)

Variable	Media	DT	ETC	R^2
%C16:0	21,09	1,46	0,24	0,97
%C18:0	10,68	1,33	0,19	0,98
%C18:1	52,31	2,44	0,22	0,99
%C18:2	9,39	1,32	0,15	0,99

Huelva» y que intervinieron en el proceso de calibración.

Con las ecuaciones de calibración globales decidimos mostrar de una forma más práctica la importancia de la implementación de la tecnología NIRS a nivel de sus programas de control de calidad. Para ello, utilizamos 110 muestras de grasa procedentes de 4 partidas sacrificadas en la campaña 97/98. Una vez obtenidos los espectros de la grasa fundida (doble transmisión), procedimos a la predicción de los valores de ácidos grasos de cada una de las muestras de las partidas mediante las ecuaciones globales. De dichas partidas obtuvimos también los valores de ácidos grasos por cromatografía de gases y predichos por NIRS para la muestra media representativa de cada partida cuyos datos aparecen en la Tabla 6 junto con los valores de ácidos grasos de cada partida estimados a partir de la media de las predicciones individuales NIRS de cada muestra de la partida.

TABLA 6
Porcentaje de ácidos grasos de grasa subcutánea determinado por cromatografía gaseosa y estimado por NIRS en diversas partidas de animales

1 (n=39)	%C16:0	%C18:0	%C18:1	%C18:2
CG ¹	22	11,6	51,5	8,7
NIRS ²	22,2	11,4	51,1	9,1
Media NIRS ³	22,1	11,5	51,2	8,9
2(30)				
CG	20,5	9,3	53,9	9,3
NIRS	20,4	9,3	54,1	9,4
Media NIRS	20,4	9,2	54,4	9,3
3 (n=14)	%C16:0	%C18:0	%C18:1	%C18:2
CG	22,9	12,4	49,1	8,9
NIRS	23,7	12,5	48,3	8,8
Media NIRS	22,8	12,5	48,7	8,9

1: Resultados de la muestra media representativa obtenidos por cromatografía de gases;

2: Resultados de la muestra media representativa obtenidos por NIRS;

3: Resultados obtenidos por estimaciones de la media de las predicciones NIRS de las muestras de la partida.

El análisis de los resultados de la Tabla 6 nos permite observar la gran similitud existente entre los valores de ácidos grasos obtenidos por cada uno de los métodos utilizados y para cada una de las partidas.

Hasta aquí la utilización de la técnica NIR para la determinación del % de ácidos grasos no supone una mejora frente a la cromatografía gaseosa, pero dada la mayor rapidez de análisis y el menor coste analítico permite la determinación de ácidos grasos de forma individual a las partidas de animales, pudiendo clasificar así cada canal y por tanto cada pieza y, por ejemplo, si analizamos la composición individual de cada animal de la partida 9802 (Tabla 7), podemos apreciar que 8 animales serían considerados de tipo bellota, 12 serían de tipo recebo y el resto de categoría pienso.

Análisis cualitativo NIRS

Como se ha indicado anteriormente, el análisis cuantitativo ha sido el más extendido en el terreno de las aplicaciones NIRS; sin embargo el espectro «per se» contiene información sobre todos los grupos funcionales que absorben radiación NIRS, los cuales a su vez tienen rela-

ción con las propiedades químicas, físicas y sensoriales de un determinado producto. Se trataría por tanto de una tipificación de muestras en base a su información espectral.

Esta información espectral, que está constituida por unos 700 valores de absorvancia correspondiente a cada valor de longitud de onda del haz de luz que incide sobre el producto, convenientemente tratada puede permitir caracterizar la materia prima (grasa o carne) que se obtiene en un determinado régimen alimenticio. Estas características espectrales están originadas por todos los constituyentes de ese producto (lípidos, triglicéridos, volátiles, color, aromas, etc.).

Un establecimiento de los patrones espectrales que proporciona cada régimen alimenticio a las grasas o carnes de la canal, permitiría clasificar de forma objetiva las canales y los productos derivados del cerdo Ibérico, trayendo consigo una mayor transparencia y clarificación del mercado, viéndose beneficiado todo el sector: ganaderos, industriales y consumidores.

TABLA 7
Porcentaje de ácidos grasos de la grasa subcutánea cada animal

Cerdo	%C16:0	%C18:0	%C18:1	%C18:2	Clasificación CTH			
1	18,78	8,77	56	9,92	B	B	B	R
2	21,18	9,33	53,01	9,19	B	B	B	B
3	21,02	9,57	54,63	8,2	B	R	B	B
4	21,71	10,75	52,23	8,57	R	P	R	B
5	18,74	9,71	55,73	9,52	B	R	B	R
6	20,74	9,52	53,89	9,32	B	R	B	B
7	19,38	6,82	55,94	10,69	B	B	B	P
8	19,39	9,07	54,7	10,55	B	B	B	P
9	19,65	7,12	55,8	10,24	B	B	B	R
10	18,38	11,12	55,88	9,39	B	P	B	B
11	23,46	11,51	49,97	8,42	P	P	P	B
12	20,06	9,15	54,78	9,2	B	B	B	B
13	21,13	9,43	54,67	8,3	B	B	B	B
14	20,59	9,93	54,01	8,86	B	R	B	B
15	21,02	9,12	53	9,93	B	B	B	R
16	18,41	7,97	57	9,89	B	B	B	R
17	19,54	9,23	55,46	9,6	B	B	B	R
18	20,11	11,69	52,73	9,63	B	P	R	R
19	21,83	9,89	52,39	8,96	R	R	R	B
20	17,95	9,44	57,43	9,08	B	B	B	B
21	21,03	9,13	52,79	10,17	B	B	R	R
22	21,5	9,42	53,65	8,81	B	B	B	B
23	19,88	8,45	54,86	9,84	B	B	B	R
24	21,08	9,49	53,08	9,56	B	B	B	R
25	21,24	7,4	54,16	9,62	B	B	B	R
26	20,5	7,64	55,79	8,64	B	B	B	B
27	20,66	7,95	55,63	8,58	B	B	B	B
28	22,05	11,06	51,05	9,19	R	P	P	B
29	19,02	9,92	56,09	8,96	B	R	B	B
30	20,72	5,21	56,28	9,46	B	B	B	B
Media	20,4	9,2	54,4	9,3	B	B	B	B
Valores CG	20,5	9,3	53,9	9,3	B	B	B	B