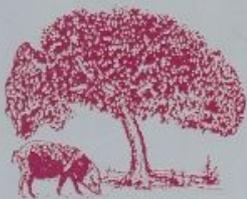


ABRIL 2000

Nº 4



CERDO
IBERICO



AECERIBER





Espectroscopia de infrarrojo cercano (NIRS) I Una metodología para implementar en sistemas de aseguramiento de la calidad y trazabilidad de productos derivados del cerdo ibérico.

Ana Garrido, Juan García Olmo, Emiliano De Pedro

Departamento de Producción Animal. Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y Montes. Universidad de Córdoba. Avda. Menéndez Pidal, s/n. 14080. Córdoba.

INTRODUCCIÓN

Desde 1983, la Sección del Departamento de Producción Animal de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y Montes de la Universidad de Córdoba (UCO), realiza trabajos de Investigación y Desarrollo (I+D) relacionados con el estudio de los factores que afectan a la producción y calidad de canales y productos del cerdo Ibérico. Dichos trabajos tienen como objetivos la puesta a punto y contrastación de diferentes metodologías de caracterización y tipificación de canales y productos, en función del régimen alimenticio al que los animales han estado sometidos.

De particular relevancia, dentro de estas actividades de I + D, están siendo los trabajos de investigación relacionados con la Espectroscopia de Infrarrojo Cercano (NIRS). El objetivo del presente trabajo es mostrar, de forma resumida, la situación actual del conocimiento adquirido sobre las posibilidades de aplicación de la tecnología NIRS, para la caracterización cuantitativa y cualitativa de canales y productos derivados del cerdo Ibérico, así como plantear diversas posibilidades de aplicación para la trazabilidad de dichos productos.

DESARROLLO DE UNA APLICACIÓN NIRS

Desde sus orígenes en la década de los 60 hasta la actualidad, la tecnología NIRS ha evolucionado enormemente, siendo considerada hoy día un potente sensor para el análisis cualitativo



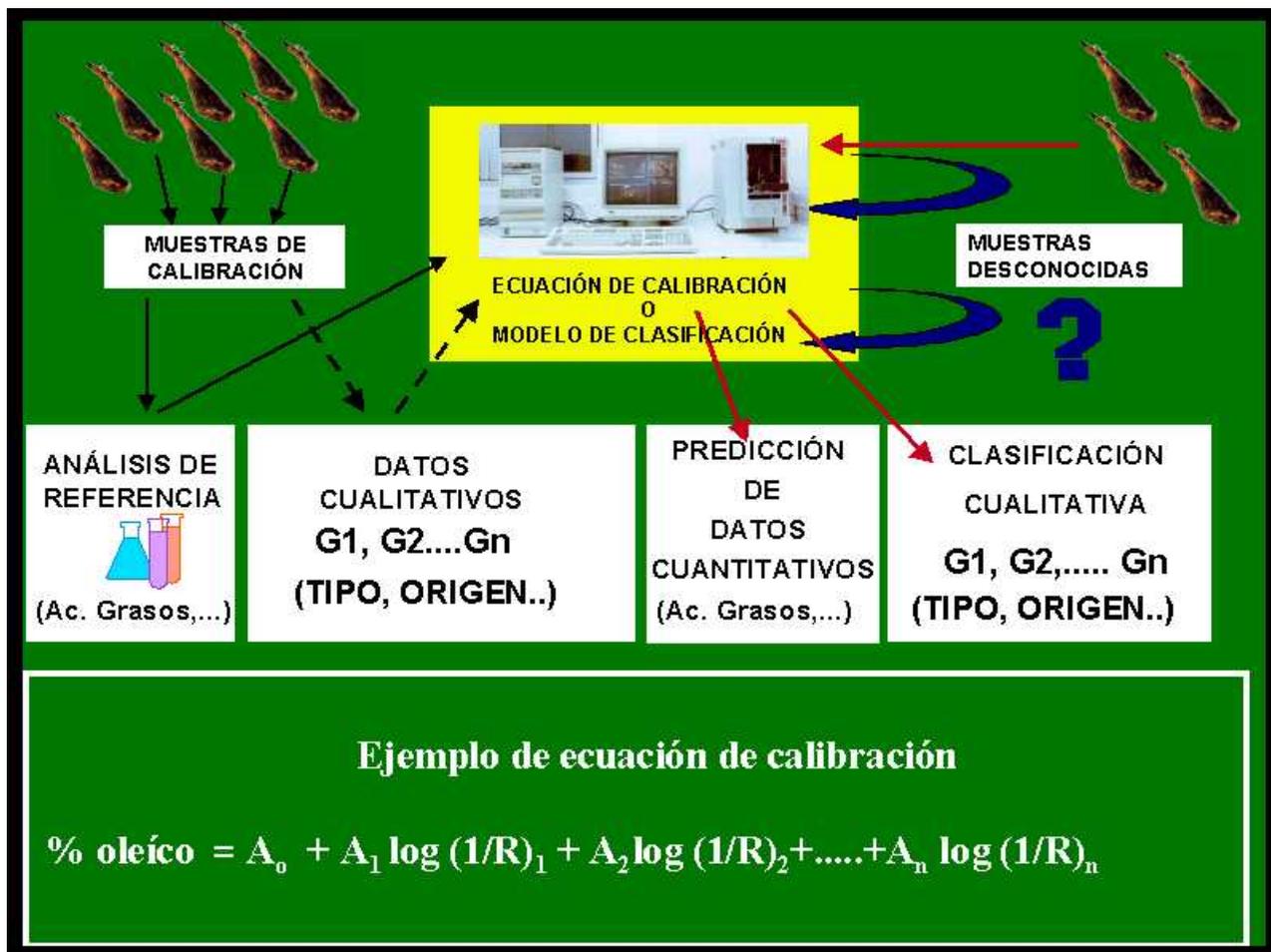
y cuantitativo en la industria agro-alimentaria, farmacéutica, química, y en determinadas aplicaciones en medicina, medio ambiente, etc. (Davies y Williams, 1996).

El infrarrojo cercano se define como la parte del espectro electromagnético situado entre 700 y 2500 nm. La mayor parte de los instrumentos comerciales, disponibles en la actualidad, sólo cubren la región de 1100 a 2500 nm, aunque existen también algunos fabricantes que suministran equipos monocromadores que cubren el rango Visible y NIR, realizando medidas entre 400 y 2500 nm (Osborne et al., 1993; Shenk y Westerhaus, 1995).

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



Figura 1. Esquema del proceso de desarrollo de aplicaciones NIRS cualitativas y cuantitativas



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 (1/R)**, (**R: Reflectancia**) en cuyo caso se habla de **espectroscopia NIR**, o bien, por la transmitida a través de la muestra y expresada como **Log (1/T)** (**T: Transmitancia**) o **espectroscopia NIT**. Si bien en los inicios del desarrollo de la tecnología la mayor parte de los estudios se realizaron utilizando reflectancia, hoy existen diferentes instrumentos que realizan una ó ambos tipos de medidas y, asimismo, permiten otras formas de interacción de la radiación con la muestra, como la denominada "Folded Transmission" o "Transflectance" (doble transmitancia o transflectancia), de gran interés en productos líquidos y pastosos, o la denominada "Interactancia-reflectancia", realizada mediante

el uso de sondas de fibra óptica o la denominada "Luz directa" de más reciente desarrollo. El uso de diferentes tipos de sondas de fibra óptica o de equipos de luz directa permiten el uso de la tecnología como sensor "on line" e "in-line", para el control del proceso de producción (Shenk y Westerhaus, 1995). Podemos decir que los avances en instrumentación han contribuido enormemente a la expansión de esta tecnología y a su implementación a nivel de la industria.

Los datos de Log (1/R) o Log (1/T) obtenidos de un instrumento NIAS, pueden ser empleados para análisis cualitativo (utilización de datos espectrales "per se", para la predicción de un atributo cualitativo) o para análisis cuantitativo, siendo esta última la aplicación más extendida.

La Figura 1 esquematiza los elementos básicos en el proceso de desarrollo de una determinada aplicación NIAS y que resumimos a continuación:



1. Obtención de un grupo de muestras representativas de la población que en el futuro deseamos analizar (muestras de calibración o aprendizaje).
2. Análisis de dichas muestras por los métodos de referencia o «análisis por vía húmeda» (ej. grasa, proteína, ácidos grasos, etc.). En el caso de una aplicación cualitativa, los datos de referencia serían tales como tipo de alimentación, origen geográfico, atributos sensoriales cualitativos, etc.
3. Recogida de los datos espectroscópicos de las muestras de calibración en un instrumento NIR/NIT. En la figura 2 se incluyen, a modo de ejemplo, los espectros obtenidos de muestras de grasa y lomo de cerdo Ibérico.
4. Establecimiento, mediante un paquete

aplicaciones cualitativas, los algoritmos más utilizados suelen ser el análisis discriminante lineal, análisis SIMCA, análisis por redes neuronales, etc. (Mark, 1992; McClure, 1992; Bertrand, 1993; Kaffka y Giamarti, 1995; Downey, 1996). La precisión y fiabilidad de los modelos en este caso se juzga por diferentes estadísticos, entre los que se encuentran, como más generalizados, el error de clasificación (porcentaje de muestras incorrectamente clasificadas por el modelo), sensibilidad (proporción de objetos que perteneciendo a la categoría son reconocidos correctamente por el modelo) y especificidad (proporción de objetos que no perteneciendo a la categoría son reconocidos como tales por el modelo).

Figura 2. Espectros NIR de lomo y grasa de cerdo Ibérico.



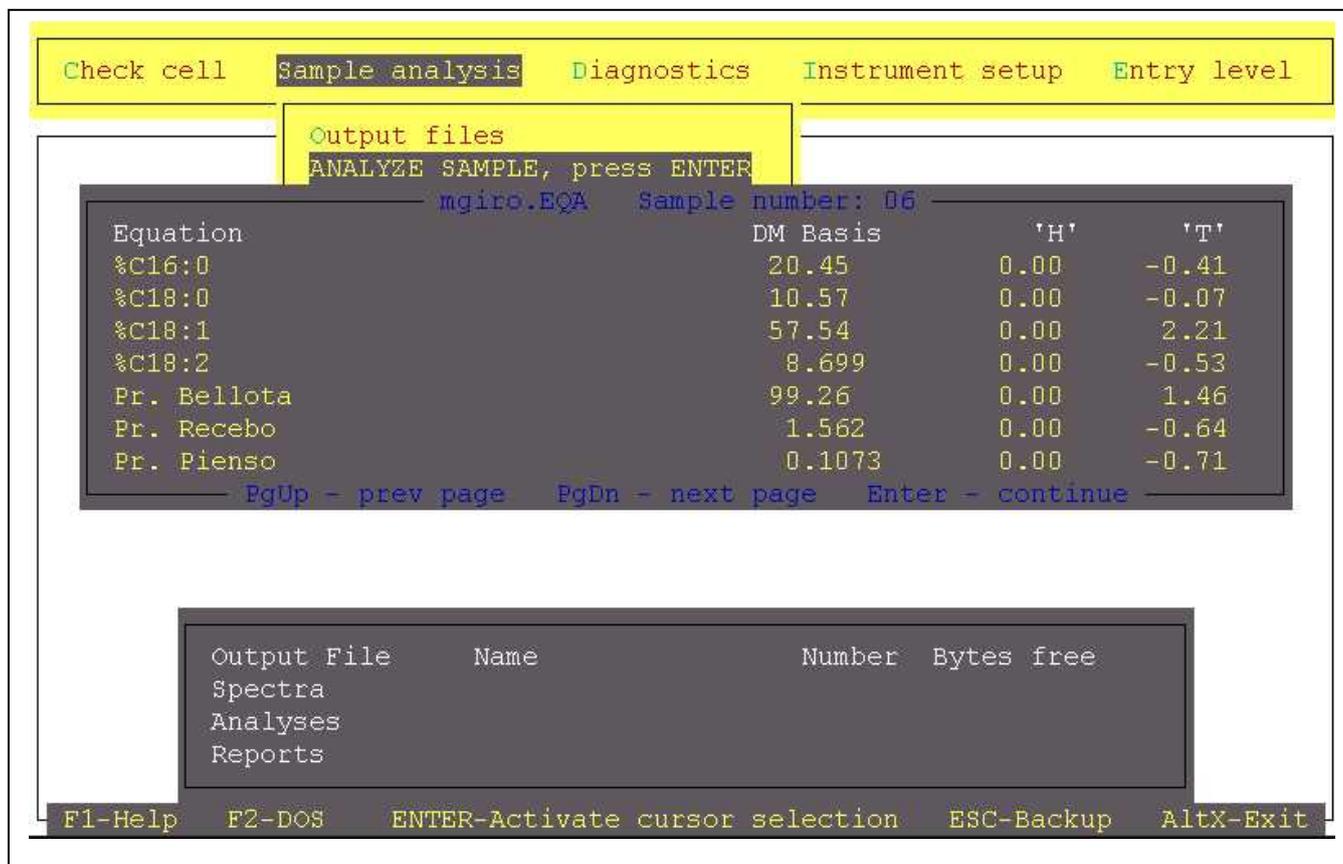
informático de análisis quimiométrico, de un modelo matemático multivariante (ej. regresión lineal múltiple, regresión en componentes principales, regresión por mínimos cuadrados parciales, regresión por redes neuronales, etc.) que relaciona los datos espectroscópicos ($\log 1/R$ o $\log 1/T$) con los datos de referencia. La precisión y fiabilidad de las ecuaciones, se juzga con muestras denominadas de validación (no incluidas en el grupo de calibración) y con diferentes estadísticos y particularmente con el error típico de los residuales y el coeficiente de determinación (Williams y Sobering, 1996; Shenk y Westerhaus, 1996). En el caso de

5. Una vez que han sido obtenidas las mejores ecuaciones y/o modelos comienza el análisis de rutina. En esta etapa se recogen espectros de muestras desconocidas y sus datos espectroscópicos son tratados con los modelos multivariantes seleccionados, lo cual permite que de forma instantánea se obtenga una informa-

ción analítica, tanto más completa cuanto mayor esfuerzo se haya derrochado en el trabajo de calibración previa. La figura 3 recoge un ejemplo de información que sería posible obtener tras un análisis de una muestra de grasa de cerdo Ibérico. Junto con el contenido en los cuatro ácidos grasos mayoritarios, tendríamos una categorización del tipo de alimentación. Ello implica que previamente se han desarrollado ecuaciones de calibración cuantitativas para los cuatro ácidos grasos y asimismo un modelo cualitativo para discriminar entre los tres tipos de alimentación (bellota, recebo y pienso).



Figura 3. Análisis NIRS instantáneo y simultáneo de atributos de calidad y autenticidad de grasa



El análisis NIRS, tal como es entendido en la actualidad, es una síntesis de espectroscopia, estadística, quimiometría e instrumentación y su desarrollo y evolución han sido paralelos a los avances registrados en dichos campos (Shenk y Westerhaus, 1995, Kaffka y Giamarti, 1995, Stark, 1996, Geladi, 1996).

La amplia expansión que la tecnología NIRS ha tenido en la última década, tanto a nivel de la industria como de servicios oficiales de inspección y control de calidad o de Centros de I + D y Universidades, cabe atribuirla a sus numerosas ventajas frente a las técnicas tradicionales, entre las que se encuentran las siguientes:

- Velocidad de respuesta para la toma de decisiones.
- Posibilidad de miniaturización.
- No destructiva de producto.
- Bajo coste por muestra.
- Nula o escasa necesidad de preparación de muestra.
- Facilidad de uso en análisis de rutina.
- Precisión próxima a la del método de referencia.

- Reproducibilidad mejor que la del método de referencia.
- Bajos errores intra e inter laboratorios.
- Multiproducto y multiatributo. El mismo instrumento es adecuado para diferentes productos y parámetros analíticos.
- Capaz de producir información sobre parámetros analíticos de declaración obligatoria en etiquetaje y no obligatorios pero de interés para el consumidor.
- Capaz de predecir atributos químicos, físicos y sensoriales.
- Tecnología «limpia». No usa reactivos, ni produce residuos.
- Ideal para ser implementada en Sistemas de Aseguramiento de la Calidad.
- Se encuentra realmente implantada en numerosas industrias y laboratorios, a nivel mundial.

No sería científicamente correcto el mencionar junto a las ventajas, algunas **desventajas**, como son:

- Es utilizada, principalmente, como técnica in-



directa (necesita calibración frente a un método de referencia).

- El espectro está influenciado por factores no-químicos (temperatura, tamaño de partícula, humedad, etc.).
- Alta inversión en etapas iniciales (instrumento, desarrollo de calibraciones, formación específica de personal, etc.).
- No es bien conocida en el ámbito científico, docente y por los responsables legislativos. Escasa aceptación oficial.
- Alta dependencia del desarrollo instrumental, de accesorios, de quimiometría, de software, etc.

RESUMEN DE LOS TRABAJOS REALIZADOS EN LA UCO, EN EL TERRENO DEL ANÁLISIS NIRS CUANTITATIVO DE PRODUCTOS DERIVADOS DEL CERDO IBERICO

Grasa subcutánea de cerdo Ibérico

De Pedro et al. (1992) mostraron que la tecnología NIRS permite predecir la composición en ácido oleico, linoléico, palmítico y esteárico de grasa subcutánea obtenidas de jamón fresco de cerdo Ibérico.

Sin embargo, dichos trabajos fueron realizados utilizando muestras de grasa, procedentes de animales producidos bajo condiciones experimentales muy controladas, enmarcados en un proyecto de investigación, lo que dio lugar a ecuaciones de calibración denominadas «específicas». Por lo tanto y para mostrar definitivamente la importancia que para el sector del cerdo Ibérico podría representar la implementación de la tecnología NIAS, a nivel de la industria y de los Laboratorios de control, se hacía necesario completar nuestros trabajos iniciales generando ecuaciones de predicción «globales» (Shenk et al., 1992) obtenidas utilizando muestras reales (procedentes directamente del Sector) y que cubrieran toda la variabilidad existente, en

cuanto a tipo de alimentación y/o composición en ácidos grasos.

Para abordar este objetivo, se iniciaron trabajos en colaboración con la Denominación de Origen "Jamón de Huelva", y se utilizaron muestras de grasa pertenecientes a 372 partidas de cerdos Ibéricos (campañas 96/97 y 97/98), acogidos a dicha D.O. Se tomaron, como media, muestras de grasa subcutánea (de la zona coxal) del 50% de animales de cada partida. La muestra media fundida representativa de cada partida fue analizada por Cromatografía de Gases y mediante NIRS (García Olmo, 1999). La Figura 4 muestra el procedimiento de preparación de muestra, para el análisis NIRS de grasa fundida.

Figura 4. Análisis NIRS instantáneo y simultáneo de atributos de calidad y autenticidad de grasa de cerdo Ibérico.



En la Tabla 1 se recogen los principales estadísticos de las ecuaciones de calibración obtenidas para la determinación del contenido en ácidos grasos en grasa subcutánea. Los valores de r^2 y error típico de validación cruzada (ETVC) de las ecuaciones obtenidas, dan garantía de la fiabilidad y precisión de los valores de % de ácidos

Tabla 1. Estadísticos de las ecuaciones de calibración globales

Variable	Media	Rango	DT	ETVC	r^2
%C16:0	21,1	17,4 – 25,3	1,5	0,28	0,96
%C18:0	10,7	7,7 – 14,9	1,4	0,24	0,97
%C18:1	52,3	45,0 – 58,1	2,5	0,25	0,99
%C18:2	9,4	6,8 – 13,5	1,3	0,18	0,98

DT = desviación típica; ETVC = Error típico de validación cruzada; r^2 = coeficiente de determinación



grasos obtenidos mediante la predicción por NIRS. Todas las ecuaciones presentan valores del ETVC muy similares a los errores del método de referencia (CG) y los valores del coeficiente de determinación indican que las ecuaciones explican entre el 96-99% de la variación en contenido en ácidos grasos del colectivo de calibración (García Olmo, 1999).

Las ecuaciones anteriores se validaron en diversas muestras de grasa de partidas ajenas a la calibración. En la Tabla 2 se muestra el contenido de ácidos grasos de la muestra media, de tres de las partidas, determinado por CG y estimado por NIRS, así como la media de los valores obtenidos por NIRS de las muestras individuales de cada partida. En dicha tabla se aprecia la gran similitud existente entre los valores de ácidos grasos obtenidos por cada uno de los métodos utilizados, lo cual claramente muestra, el potencial de la tecnología NIRS para la estimación de ácidos grasos en grasa de cerdo Ibérico.

vés de la muestra media representativa, sino también cada una de las canales que compongan dicha partida.

No cabe duda que esta posibilidad real de analizar cada pieza de forma individual cobra especial relevancia en el momento actual, desde el punto de vista de posibilitar un sistema de aseguramiento de la calidad y trazabilidad de producto, aspecto este tan demandado por los consumidores.

Lomo de cerdo Ibérico

Disponer de material experimental bien conocido, tanto desde el punto de vista genético, como de manejo y alimentación, hace que dicho material adquiera un gran valor. Durante varios años, entre el Departamento de Mejora Genética y Biotecnología del INIA y el Departamento de Producción Animal de la UCO, se llevó a cabo un proyecto de investigación en el que se dispuso de abundante información genética y experimental de los animales. Por ello, se decidió conservar liofilizadas muestras de lomo fresco de cada

Tabla 2. Porcentaje de ácidos grasos de grasa subcutánea determinado por cromatografía de gases y estimado por NIRS en diversas partidas de animales

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

Ahora bien, se ha de destacar que cuando se analizan individualmente las partidas, se observa una variabilidad importante en ellas de forma que pueden existir valores individuales muy diferentes a los valores de la media representativa de la partida (García Olmo, 1999). Por tanto, dada la mayor rapidez de análisis y el menor coste analítico de la técnica NIRS, ésta permitiría realizar la estimación de ácidos grasos de muestras individuales de partidas de cerdo Ibérico, pudiendo clasificar, no sólo la partida en conjunto a tra

animal, una vez triturado y homogeneizado, así como las de los lomos compañeros, una vez curados, de modo que pudiesen servir para el desarrollo de nuevas técnicas analíticas. Tal como se intuía, este material ha servido para abordar un estudio de viabilidad de aplicación de la técnica NIRS a productos del cerdo Ibérico (Angulo, 1995).

Dicho trabajo se realizó a partir de un total de 63 muestras de lomo sin curar y 51 muestras de lomo curado. Los estadísticos de las ecuaciones



NIRS obtenidas aparecen reflejados en la Tabla 3. Este trabajo puso de manifiesto que la tecnología NIRS permite predecir adecuadamente humedad, grasa y proteína tanto en lomo fresco como en lomo curado de cerdo Ibérico y que la estimación de la composición química de lomo curado, podría ser realizada directamente sobre producto sin previa liofilización, por no existir diferencias significativas entre la capacidad predictiva de las ecuaciones NIRS obtenidas para la estimación de la composición química de dicho producto, sin liofilizar o liofilizado (Angulo, 1995).

Tabla 3. Estadísticos de calibración NIRS para la predicción de humedad, proteína y grasa en lomo de cerdo Ibérico.

Variable	Lomo sin curar ⁽²⁾		Lomo curado ⁽²⁾			
	Liofilizado		Sin Liofilizar		Liofilizado	
	ETVC	r ²	ETVC	r ²	ETVC	r ²
Humedad	-	-	0,50	0,96	-	-
Proteína	1,38	0,90	1,80	0,77	1,69	0,81
Grasa	1,32	0,94	1,46	0,94	1,48	0,93

(1) n= 63; (2) n = 51.

ETVC = Error típico de validación cruzada; r² = coeficiente de determinación.

Al mismo tiempo, este estudio de viabilidad puso en evidencia la necesidad de minimizar diferentes fuentes de error asociadas al análisis de productos altos en humedad y heterogéneos, tales como los productos cárnicos. Entre las fuentes de error a minimizar se encontraría el efecto que sobre la señal espectroscópica parecen tener factores tales como la variación de temperatura y humedad ambientales, número de submuestras a analizar, tipo de interacción radiación-muestra (reflectancia, transmitancia, etc.), forma de presentación de la muestra al instrumento (picado

grosero, entero, etc.). Todos estos aspectos, están siendo objeto de estudio en la actualidad en el Dpto. de Producción Animal de la UCO en el marco de diferentes proyectos.

Jamón de cerdo Ibérico

Los resultados obtenidos en los trabajos realizados por Martínez (1996) y Sánchez (1998) mostraron la capacidad de la tecnología NIRS para predecir adecuadamente humedad, proteína y grasa en jamón fresco, tanto liofilizado como sin liofilizar, de cerdo Ibérico. Dicho trabajo se realizó a partir de un total de 70 muestras de jamón fresco liofilizado y 32 muestras de jamón fresco sin liofilizar. Se ha de tener en cuenta que, para este último caso, el tamaño de la población muestral (n=32) sólo se considera adecuado para llevar a cabo un estudio de viabilidad, siendo dicho número insuficiente para la obtención de ecuaciones robustas.

Los estadísticos de las ecuaciones NIAS obtenidas para predecir humedad, proteína y grasa, aparecen reflejados en la Tabla 4.

Tabla 4. Estadísticos de calibración NIRS para la predicción de humedad, proteína y grasa en jamón de cerdo Ibérico.

Variable	Jamón			
	Sin Liofilizar ⁽¹⁾		Liofilizado ⁽²⁾	
	ETVC	r ²	ETVC	r ²
Humedad	0,30	0,98	0,94	0,81
Proteína	1,23	0,95	0,44	0,99
Grasa	1,35	0,94	0,51	0,99

(1)n=32;(2)n=70.

Al igual que se ha comentado para el producto lomo, este estudio de viabilidad puso de manifiesto la necesidad de poner a punto una meto-



dología de minimización de errores espectrales, a fin de incrementar la precisión de las ecuaciones, aspecto este en el que se trabaja en la actualidad.

los modelos de clasificación que usan como variables datos espectrales NIRS (modelos 2 y 3) poseen unos menores errores de clasificación que los que utilizan datos de ácidos grasos obtenidos por Cromatografía de Gases.

**RESUMEN
DE LOS TRABAJOS REALIZADOS EN LA UCO, EN EL TERRENO DEL ANÁLISIS NIRS CUALITATIVO DE PRODUCTOS DERIVADOS DEL CERDO IBÉRICO**

Grasa subcutánea de cerdo Ibérico

Los trabajos realizados relativos a la caracterización de grasas de cerdo Ibérico, indican que el análisis de clasificación multivariante (análisis discriminante o redes neuronales) utilizando datos espectrales, permite clasificar grasa en función del tipo de alimentación (bellota, recebo y pienso), con un menor error que modelos que utilizan como variables, el contenido en 11 ácidos grasos obtenidos por cromatografía de gases (De Pedro et al., 1992; Lobo, 1993; Hervás et al., 1994).

Los resultados de dichos trabajos, mostrados en la Tabla 5, fueron obtenidos a partir de un total de 118 muestras de grasa subcutánea de jamón procedentes de tres grupos de animales sometidos a tres tipos de alimentación diferente: GI (bellota + 1 kg de pienso), Gli (bellota + 1,5 kg de pienso) y GIII (sólo pienso). Este conjunto inicial de muestras fue dividido en dos grupos. Un primer grupo (n=64) fue empleado como conjunto de calibración para la obtención de los modelos de clasificación. Un segundo grupo (n=54) fue empleado como conjunto de validación para la evaluación de los modelos obtenidos.

Como se deduce de los datos de la Tabla 5,

Tabla 5. Comparación de modelos de clasificación de grasa subcutánea de jamón de cerdo Ibérico en función del tipo de alimentación. Resultados de validación (n = 54) de modelos obtenidos con 64 muestras no pertenecientes al grupo de validación

	Análisis discriminante ¹ Acidos Grasos por CG			Análisis discriminante ² Datos NIRS			Redes Neuronales ³ Datos NIRS		
	Clasificado en			Clasificado en			Clasificado en		
	GI	GII	GIII	GI	GII	GIII	GI	GII	GIII
GI	19 (76%)	5 (20%)	1 (4%)	21 (84%)	3 (12%)	1 (4%)	24 (96%)	1 (4%)	0 (0%)
GII	4 (27%)	11 (73%)	0 (0%)	3 (20%)	12 (80%)	0 (0%)	1 (7%)	14 (93%)	0 (0%)
GIII	0 (0%)	0 (0%)	14 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	14 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	14 (100%)

Variables utilizadas: (1) = contenido en 10 AGS obtenidos por CG. (2) y (3) = datos espectroscópicos NIRS sintetizados en 11 componentes principales

GI: Bellota más 1 Kg de pienso; GII: Bellota más 1,5 Kg de pienso; GIII: Sólo pienso

Estos resultados poseen una sólida base científica y de apoyo al conocimiento de las propiedades de la señal espectroscópica NIRS. Cada producto contiene un «espectro único» característico de su composición química, física y sensorial. La creación de librerías espectrales a partir de muestras de grasa con alimentación bien definida, permitirá poner a punto una metodología de autenticación de productos del cerdo Ibérico, con una información de calidad más global que la que se define actualmente en base al contenido en cuatro ácidos grasos.

Jamón de cerdo Ibérico

A partir de muestras de jamón procedentes de cerdos Ibéricos sometidos a diferentes regímenes alimenticios durante la etapa de cebo, se evaluó la posibilidad de diferenciar la alimentación a partir de la información contenida en los espectros NIR.

Dicho estudio de viabilidad se realizó a partir de un total de 70 muestras de jamón fresco liofilizado procedentes de tres grupos de animales sometidos, cada uno de ellos, a una alimentación diferente, a base de bellota, harina de ce-



bada y pienso comercial. Este set inicial fue dividido en dos grupos de muestras. Un primer set (n=43) fue empleado como grupo de aprendizaje para la obtención de los modelos de clasificación. Un segundo set (n=27) fue empleado como grupo de validación para la evaluación de los modelos obtenidos.

Los resultados obtenidos (Martínez, 1996) mostraron la capacidad de la tecnología NIRS para diferenciar, en el grupo de aprendizaje, muestras de jamón fresco liofilizado en función de su alimentación (Tabla 6). Sin embargo, al evaluar dicho modelo con el grupo de validación, los errores de clasificación fueron superiores (Tabla 7). Ello pudo deberse, en parte, al bajo número de muestras utilizado tanto en el grupo de aprendizaje como en el de evaluación.

Tabla 6. Número y porcentaje de muestras del Grupo de Aprendizaje clasificadas según el tipo de alimentación.

GRUPO ORIGINAL	GRUPO ASIGNADO		
	BELLOTA	H. CEBADA	PIENSO
BELLOTA	15 (100%)	0 (0%)	0 (0%)
H. CEBADA	0 (0%)	13 (76%)	4 (23%)
PIENSO	0 (0%)	2 (18%)	9 (82%)

Tabla 7. Número y porcentaje de muestras del Grupo de Validación clasificadas según el tipo de alimentación.

GRUPO ORIGINAL	GRUPO ASIGNADO		
	BELLOTA	H. CEBADA	PIENSO
BELLOTA	7 (86%)	0 (0%)	1 (14%)
H. CEBADA	2 (20%)	4 (40%)	4 (40%)
PIENSO	0 (0%)	2 (22%)	7 (78%)

Estos trabajos iniciales fueron realizados a partir de muestras de jamón fresco, procedentes de animales producidos en el marco de un proyecto de investigación. En la actualidad se están ampliando estos modelos predictivos NIRS iniciales a partir de muestras provenientes directamente de animales producidos en condiciones de campo.

CONCLUSIONES Y LÍNEAS DE ACTUACIÓN

La necesidad de garantizar el origen en productos y procesos, es una tarea esencial para las diferentes DD.OO, las cuales en multitud de ocasiones, tienen que utilizar metodologías de control complicadas, caras y susceptibles de vulnerarse por agentes fraudulentos. Los resultados obtenidos relativos a la aplicación de la tecnología NIRS a productos derivados del cerdo Ibérico, junto con el reconocimiento, de que la supervivencia del sector del cerdo Ibérico, pasa por una apuesta por la calidad, la trazabilidad de los productos y las garantías a los consumidores, justifican la necesidad de profundizar en el establecimiento de las bases científico-técnicas del análisis cuantitativo y cualitativo NIRS de productos derivados del cerdo Ibérico.

Desde nuestra posición como investigadores, no directamente implicados en el sector productivo, queremos resaltar que, para poner definitivamente a punto un sistema actual, ágil y económico de control de calidad basado en la tecnología NIRS, precisamos de la colabo-

ración del sector productor e industrial, asociaciones profesionales y de la Administración. En definitiva, de todos aquellos agentes que crean en la importancia de la transparencia y garantía a los consumidores, con respecto a la calidad y autenticidad de los productos del cerdo Ibérico.

Son ya muchas las entidades que así lo han entendido, entre otras A.E.C.E.R.I.B.E.R., y que se encuentran colaborando en la actualidad con el Dpto. de Producción Animal a través de diferentes proyectos (Proyecto 1 FD97-1252-002-02; Proyecto 1 FD97-0990) Los resultados de dichos proyectos, sin lugar a dudas, nos permitirán avanzar en el conocimiento y aportar una metodología idó-



nea para ser implementada en Sistemas de Aseguramiento y Certificación de la Calidad, necesarios para la supervivencia del sector del cerdo Ibérico.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo no hubiera sido posible sin la participación y el entusiasmo de numerosas personas (profesores, alumnos y PAS) de la Sección del Departamento de Producción Animal de la ETSIAM, miembros del grupo de investigación Zootecnia, y la colaboración del Servicio Centralizado NIBS-Banco de Muestras de la Universidad de Córdoba, el Laboratorio Agroalimentario de Córdoba, productores e industrias del sector, y de igual forma, sin la financiación de proyectos de la CICYT y de la UE.

BIBLIOGRAFÍA

Angulo, M. F. (1995) Comparación de técnicas analíticas para la determinación de la composición química de lomo fresco y de lomo curado de cerdo Ibérico. Trabajo profesional fin de carrera. ETSIAM. Universidad de Córdoba.

Bertrand, D. (1993). Data pre-treatment and original analysis in spectroscopy. En Advanced Comet Chemometrics School. Libramont Belgium 26-28/IV/1993.

Davies, A.M.C. y Williams, Ph. (1996). Near Infrared Spectroscopy: The Future Waves. NIR Publications. Chichester. UK. 742 pp.

De Pedro, E.J., Garrido, A., Bares, I., Casillas, M., y Murray, I. (1992). Application of near infrared spectroscopy for quality control of Iberian pork industry.). En «Near infra-red spectroscopy Bridging the Gap between Data Analysis and NIR Applications». Hildrum, K.I. et al. (Eds.). Ellis Norwood, NY, 341-347.

De Pedro, E. (1995). El cerdo Ibérico. Jornadas Técnicas COVAP.p. 63-81

De Pedro, E; Garrido A.; Lobo, A; Dardenne, P. y Murray, I. (1995). Objective classification of Iberian pig carcasses: GC versus NIR. Leaping ahead with Near Infrared Spectroscopy, Batten, GD et al., (Eds). Royal Australian Chemical Institute, p: 291-295.

Downey, J. (1996). Authentication of food and food ingredients by NIRS. Journal of Near Infrared Spectroscopy 4: 47-61.

García Olmo, J. (1999). Clasificación y Autenticación de canales de cerdo Ibérico mediante espectroscopía en el infrarrojo cercano (NIRS). Anaporc n° 192. p: 113-141.

Garrido, A., Gómez, A., Guerrero, J.E. y Fernández, V. (1996). NIRS: Una tecnología de apoyo para un servicio integral en Alimentación Animal. En: Avances en Alimentación y Nutrición Animal. Rebollar, P et al. (Eds). FEDNA, p: 275-300.

Geladi, P. (1996). An overview of multivariate spectral data analysis. En Near Infrared Spectroscopy: The Future Waves. Davies, A.M.C. y Williams, P.C. (Eds.).NIR

Publications. Chichester. UK p. 165-173.

González, A. (1997). Contribución al estudio de los piensos utilizados en el cebo del cerdo Ibérico. Tesis Doctoral. Universidad de Extremadura.

Hervas, C., Garrido, A., Lucena, B., Garcia, N. y De Pedro, E. (1994). Near infrared spectroscopy for classification of Iberian pig carcasses using an artificial neural network. Journal of Near Infrared Spectroscopy, Vol. 2: 177-184.

Kaffka, K. y Giarmati, L.S. (1995). Quality determination in the food industry. En Leaping Ahead with Near Infrared Technology. Batten, GD et al., (Eds.). Royal Australia Chemical Institute. P: 261-269.

Lobo, A. (1993). Bases para la caracterización objetiva de canales de cerdo Ibérico: Técnica NIRS (Espectroscopía en el Infrarrojo Cercano). Trabajo profesional fin de carrera. ETSIAM. Universidad de Córdoba.

Mark, H. (1992). Qualitative discriminant analysis. En Handbook of near-infrared analysis. Burns, D.A. & Ciurczak, E.W. (eds.). Marcel Dekker, NY.: 329-363.

Martínez M.L., Garrido A., De Pedro E. Y Sánchez L. (1998). Effects of sample heterogeneity on NIR meat analysis: the use of the RMS statistic. Journal of Near Infrared Spectroscopy, vol. 6: A313-A318.

Martínez, M.L (1996). Aplicación de la técnica NIRS al estudio de la composición química de carne de jamón de cerdo Ibérico: Contrastación de tres tipos de cebas. Trabajo profesional fin de carrera. ETSIAM. Universidad de Córdoba.

McClure, W. (1992). Analysis using Fourier transforms. En Handbook of near infrared analysis. Burns, P.A. & Ciurczak, E.W. (eds.) Marcel Dekker, NY: 181-224.

Osborne, B.G. y Fearn, T. (1986). Near Infrared Spectroscopy in Food Analysis. Longman Scientific and Technical, Halow, Essex, England.

Proyecto 1 FD97-0990. "Espectroscopía en el infrarrojo cercano (NIRS) como herramienta para la innovación tecnológica de los sistemas de control de calidad de alimentos y productos animales en el ámbito de la Comunidad Autónoma Andaluza".

Proyecto 1 FD97-1252-002-02. «Optimización de la evaluación genética de cerdos Ibéricos con inclusión de parámetros de calidad en la materia prima y productos elaborados».

Sánchez López, M. L. (1998). Aspectos metodológicos del análisis NIR/NIT de carne de jamón de cerdo Ibérico. Trabajo profesional fin de carrera. ETSIAM. Universidad de Córdoba.

Shenk, J. S. y Westerhaus, M. O. (1995). Routine operation, calibration, development and network system management manual. NIRSystems, Inc., 12101 Tech Road, Silver Spring,

Shenk, J.S. y Westerhaus, M.O. (1996). Calibration the ISI way. En Near Infrared Spectroscopy: The Future Waves. Davies, A.M.C. y Williams, P.C. (Eds.).NIR Publications. Chichester. UK pp: 198-202.

Stark, E. (1996). Near Infrared Spectroscopy past and future. En Near Infrared Spectroscopy: The Future Waves. Davies, A.M.C. y Williams, P.C. (Eds.).NIR Publications. Chichester. UK pp:700- 713.