

TECNOLOGÍA FT-NIRS PARA CONTROL DE CALIDAD DE LOMO DE CERDO IBÉRICO EN LA LÍNEA DE PROCESADO: INTACTO Y HOMOGENEIZADO

Cáceres-Nevalo, J.M., Garrido-Varo, A., De Pedro-Sanz, E. y Pérez-Marín, D.C.
Universidad de Córdoba, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agronómica y de Montes,
Departamento de Producción Animal, Campus de Rabanales, N-IV, km 396, Córdoba 14014.
caceresnevadojm@gmail.com

INTRODUCCIÓN

La calidad de los productos derivados del cerdo Ibérico está estrechamente relacionada con el contenido de grasa intramuscular. Por tanto, es de gran importancia conocer el contenido de grasa de los lomos con la finalidad de mejorar genéticamente dicha raza, pudiendo incluir este parámetro en futuras selecciones de progenitores. La determinación de parámetros químicos con métodos clásicos conlleva un gran consumo de tiempo y reactivos químicos, así como la necesidad de destrucción de la muestra y un elevado coste de análisis. Como alternativa a los métodos clásicos de análisis, se recurre a técnicas y métodos que permitan realizar el mayor número de determinaciones posibles por unidad de tiempo, reduciendo el coste de análisis, el uso de reactivos y la destrucción de la muestra. En este sentido, la tecnología NIRS ha mostrado ser útil para medir y evaluar la calidad de la carne de cerdo. Sin embargo, la mayoría de las investigaciones han sido realizadas utilizando carne picada (Zamora-Rojas et al., 2011; Solís et al., 2001). Dado que el lomo del cerdo Ibérico es un producto cárnico de alto valor, la industria requiere tecnologías que permitan el análisis de estos productos en intacto, particularmente para la determinación de su contenido de grasa. Para poder validar la capacidad de la tecnología NIRS para el análisis de lomo intacto, evitando recurrir al homogeneizado de las muestras, es necesario desarrollar modelos robustos, con muestras que representen una amplia variabilidad en composición. Publicaciones anteriores relacionadas con el desarrollo de ecuaciones NIRS en lomo intacto de cerdo han utilizado un número reducido de muestras y/o no han sido adecuadamente validadas (González-Martín et al., 2002; Barlocco et al., 2006). El objetivo del presente estudio fue evaluar un instrumento FT-NIRS acoplado a un sensor de fibra óptica de 5 metros de longitud para determinar la composición química de piezas intactas de lomo de cerdo Ibérico, las cuales se analizaron tanto intactas como homogeneizadas.

MATERIAL Y MÉTODOS

En este trabajo se utilizaron 277 cerdos Ibéricos pertenecientes a Sánchez Romero Carvajal S.A, los cuales fueron sacrificados con un peso medio de canal de 160 kg y una edad de 14 meses. Tras el despiece de las canales se obtuvo la cinta de lomo (*Longissimus dorsi*) de la cual se tomó una muestra de unos 2 cm de grosor y 80 g de peso de la parte central. Fueron evaluados dos modos de análisis: intacto y homogeneizado. Las muestras fueron homogeneizadas mediante picadora de cuchilla horizontal una vez que habían sido analizadas en intacto. La recogida de espectros se realizó con un espectrómetro FT-NIRS, el cual trabaja en reflectancia en el rango espectral de 834,2 a 2505,6 nm con un intervalo de 1,074312 nm y posteriormente fueron tratados con el software OPUS 7.0. Este instrumento estaba conectado a un cabezal Q412 mediante fibra óptica, con una longitud de 5 m. La superficie muestreada fue de 38,46 cm². La composición química de las muestras se determinó aplicando el método oficial de referencia. El tratamiento quimiométrico de los datos espectroscópicos y químicos generados se realizó utilizando el software WinISI 1.5 y OPUS 7.0. La metodología a seguir para el desarrollo de las calibraciones es la descrita en diferentes publicaciones (Shenk & Westerhaus, 1996; Williams & Sobering, 1996). Se seleccionaron 2/3 del colectivo muestral para constituir el colectivo de calibración, y un 1/3 para el colectivo de validación. La obtención de las ecuaciones de calibración se hizo por regresión multivariante de mínimos cuadrados parciales (PLS) con el software OPUS 7.0. Para la validación de los modelos desarrollados, fue aplicado el protocolo establecido por Windham et al., (1989). Para colectivos con más de 100 muestras, Shenk et al., (2001) asume que SEP(c) límite no debería exceder 1,30 veces el valor ETC, así como el bias límite no debería exceder el 0,6 veces el valor ETC. Por otro lado, establece que coeficiente de predicción (Rp²) debería ser superior a 0,6 y la pendiente estar comprendida entre 0,9 y 1,1. Los mejores modelos fueron elegidos de acuerdo al mayor valor de Rp² y RPD_{vc}, y al menor valor de SEP(c). El estadístico RPD es usado para poder comparar diferentes trabajos entre sí.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A partir de los datos espectroscópicos de las 277 muestras analizadas en intacto, y utilizando el algoritmo CENTER (WinISI), se seleccionaron los colectivos de calibración y validación. En la Tabla 1 se recogen los estadísticos descriptivos de los colectivos de calibración y validación. El colectivo de validación estuvo representado en su totalidad por el colectivo de calibración. La tabla 2 muestra los estadísticos de calibración y validación de las mejores ecuaciones.

Tabla 1. Estadísticos descriptivos para el colectivo de calibración y validación.

Parámetro	Calibración (N=185)				Validación (N=92)			
	Rango	Media	DT	CV	Rango	Media	DT	CV
Grasa	1,66-15,2	5,61	2,37	41,17	2,24-11,09	6,18	2,01	32,52
Humedad	64,89-74,45	71,55	1,55	2,17	68,31-73,86	71,2	1,41	1,98
Proteína	17,8-23,87	21,03	0,94	4,47	18,91-22,97	20,85	0,82	3,93

Tabla 2. Estadísticos de calibración y validación externa.

Parámetro	Lomo Intacto								
	ETC	ETVC	RPD _{vc}	ETP(c)	ETP(c) _{lim}	Bias	Bias _{lim}	R _p ²	Slope
Grasa	0,94	1,06	1,80	1,21	1,22	0,20	± 0,56	0,52	0,51
Humedad	0,62	0,87	1,73	0,79	0,80	-0,03	± 0,37	0,35	0,54
Proteína	0,46	0,51	1,71	0,59	0,60	-0,11	± 0,28	0,50	0,60
Parámetro	Lomo homogeneizado								
	ETC	ETVC	RPD _{vc}	ETP(c)	ETP(c) _{lim}	Bias	Bias _{lim}	R _p ²	Slope
Grasa	0,27	0,29	7,66	0,32	0,35	-0,02	± 0,16	0,98	1,00
Humedad	0,19	0,31	4,74	0,22	0,25	-0,01	± 0,11	0,93	0,90
Proteína	0,18	0,26	3,54	0,22	0,24	0,01	± 0,11	0,86	0,92

ETC: error típico de calibración; ETVC: error típico de validación cruzada; ETP: error típico de predicción; ETP(c): error típico de predicción corregido por el bias; ETP(c)_{lim}: error típico de predicción corregido por el bias límite; R_p²: coeficiente de determinación para la predicción; RPD_{vc} (DT/ETVC).

Los resultados obtenidos para lomo picado son muy similares a los obtenidos por Solís et al., (2001), Barlocco et al., (2006) y González-Martín et al., (2002), a pesar de que en nuestro caso hemos utilizado un equipo FT-NIRS con una sonda de 5 metros de longitud y una distancia a la muestra de 10 cm, mientras que en los trabajos citados anteriormente se utiliza un equipo monocromador FOSS NIRSystems 6500 (Barlocco et al., 2006; Solís et al., 2001) y un FOSS NIRSystems 5000 con una sonda de fibra óptica de 1,5 metros de longitud (González-Martín et al., 2002), los cuales miden a una distancia de 2,5 cm respecto de la muestra, y por tanto están más adaptados para análisis en laboratorio. Además, dichos autores utilizan un número reducido de muestras y mayores superficies muestreadas, a excepción de González-Martínez et al., (2002) cuya superficie muestreada es de 25 cm². Respecto a las ecuaciones de lomo intacto, Barlocco et al., 2006 obtuvo valores de RPD_{vc} para los parámetros de grasa y humedad relativamente inferiores a los obtenidos en este trabajo (1.1 y 1.4), probablemente debido a las características de su colectivo muestral, el cual además de tener un reducido número de muestras (N=44), posee unos valores de desviación típica menores (0,41 y 0,43 para grasa y humedad) que los utilizados en el presente trabajo (2,37 y 1,55). Ello, sin duda, afecta a los valores del RPD. Asimismo, el rango de grasa es relativamente pequeño (3,24-3,51) y la superficie muestreada es de 50 cm². Por otro lado, González-Martín et al., (2002) obtiene valores de RPD_{vc} (2,55 y 1,91), y ETVC (1,25 y 0,83) para grasa y humedad muy similares a los obtenidos en este trabajo. Sorprende, los elevados valores de R_{vc}² de 0,93 para grasa y aunque no es posible saber con certeza a que son

debidos, es muy probable que se haya obtenido dicho valor utilizando la totalidad de muestras, las cuales poseen una amplia variabilidad de grasa (3%-19%) y que asimismo, no se haya eliminado ninguna muestra anómala, como es habitual durante el proceso de calibración y validación cruzada. Es también probable que dado el reducido número de muestras utilizado en este trabajo (N=56), se haya producido un sobreajuste de la calibración y que estos valores no se mantengan en validación y con un mayor número de muestras. La última etapa del proceso de desarrollo de ecuaciones de calibración es la validación de dichas ecuaciones con muestras externas. La evaluación de los modelos desarrollados se llevó a cabo usando el colectivo nombrado anteriormente (N=92). Los estadísticos de validación para lomo intacto cumplen los límites establecidos por Windham et al., (1998) y Shenk et al., (2001), en el caso de bias y SEP(c), pero no para el coeficiente de determinación de predicción (R_p^2) o la pendiente (Tabla 2). Estos estadísticos muestran que las ecuaciones desarrolladas solamente podrían ser utilizadas para realizar una discriminación entre muestras con altos medios, y bajos contenidos de grasa y proteína. En cuanto a la humedad, su $R_p^2 < 0,5$ podría ser atribuido a la dificultad de realizar en paralelo, la recogida del espectro y obtener el valor de humedad de referencia, y asimismo, a los cambios considerables que existen de humedad por el propio procedimiento de análisis de vía húmeda. Por el contrario, este problema no sucede en análisis de lomo homogeneizado, ya que todos los estadísticos cumplen los límites establecidos por Windham et al., (1998) y Shenk et al., (2001).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Barlocco et al., (2006). *Animal Science* 82: 111-116.
- González-Martín et al., (2002). *Analytica Chimica Acta* 453: 281-288.
- Solís et al., (2001). *ITEA*, 22(2): 613-615.
- Shenk, J. S., & Westerhaus, M. O., (1996). *Near Inf. Spec.*: 198-202.
- Shenk et al., (2001). *Handbook of near-infrared analysis*: 419-1474
- Zamora-Rojas et al., (2011), *Food Chemistry* 129: 1889-1897.
- Windham et al., 1989. *Agriculture Handbook* 643: 96-103.
- Williams, P.C. & Sobering, D. (1996). *Near Infrared Spectroscopy*: 185-188.

Agradecimientos: Se agradece a Sánchez Romero Carvajal S.A. por financiar este trabajo como parte del proyecto "Análisis de lomo de cerdos ibéricos mediante tecnología NIRS".

FT-NIRS TECHNOLOGY FOR THE QUALITY CONTROL OF IBERIAN PORK LOIN IN THE PROCESSING LINE: INTACT AND HOMOGENIZED

ABSTRACT: The term "Iberian pig" is closely linked to term "quality". The quality of the products derived from the Iberian is related to the content of intramuscular fat. Therefore, it is very important to know the fat content of loins with the purpose of genetically improving said race, being able to include this parameter in future selections of parents.

Conventional chemical analyses of meat products are time-consuming, expensive and destructive. The advantages of NIR spectroscopy are its speed, portability, suitability for both at-line and on-line analysis, low cost and the possibility of simultaneously measuring many different parameters in many samples. The purpose of this study was to develop and validate calibration for the prediction of moisture, protein and fat in Iberian pig pork loins using an FT-NIR instrument coupled to a 5-metre fibre optic sensor head. The best equations obtained for intact and minced loin displayed Standard Error of Cross-Validation (SECV) of 1.06% and 0.29% and Determination Coefficient of Cross-Validation (R_{CV}^2) of 0.69 and 0.98 for fat: SECV of 0.87% and 0.31% and R_{CV}^2 of 0.67 and 0.96 for moisture; while for protein, the SECV values were 0.51% and 0.26% and the R_{CV}^2 values were 0.66 and 0.92.

Keywords: FT-NIR spectroscopy spectrometer, Iberian pig loin, fibre optic probe, chemical composition.