

SENSORES NIRS PORTÁTILES PARA EL CONTROL DE CALIDAD INDIVIDUALIZADO DE JAMONES DE CERDO IBÉRICO ANTES Y DESPUÉS DE LA SALAZÓN

Fernández-Navales, J., De Pedro-Sanz*, E., Guerrero, J. E., Garrido-Varo, A. y Pérez-Marín, D.

Ingeniería de Sistemas de Producción Agroganaderos, Departamento de Producción Animal, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Agroalimentaria y de Montes, Universidad de Córdoba, Campus de Excelencia Internacional Agroalimentario (ceiA3), Campus Rabanales, km 396, N-IV, 14014, Córdoba. *pa1pesae@uco.es

INTRODUCCIÓN

Los jamones de cerdo Ibérico de montanera tienen una alta reputación nacional e internacional, no sólo por las características organolépticas y las propiedades saludables del producto, sino también por estar basados en un sistema de producción sostenible, aprovechando los recursos naturales de la dehesa (Garrido y De Pedro, 2007). Por otra parte, cada día hay más preocupación en el consumidor por la ingestión de sal y su repercusión en la salud, asociados con problemas de hipertensión, entre otros (He & MacGregor, 2003). El proceso de curado del jamón requiere que las piezas estén un periodo de tiempo mínimo sometidos a la acción de la sal, siendo determinantes este tiempo de salazón y las características de la grasa y el músculo de los jamones, tanto en el proceso tecnológico, como en el contenido en sal y su la calidad organoléptica final (Andrés *et al.*, 2004; Gou y Comaposada, 2002). En las características de los depósitos grasos del cerdo ibérico, la alimentación va a ser determinante (Cava *et al.*, 2000, De Pedro, 2008 y Ventanas *et al.*, 2007), destacando además Timón *et al.* (2001) que estas características de la grasa fresca siguen manteniéndose en la grasa del jamón curado. Por ello, es importante conocer las características del producto antes de comenzar el proceso de elaboración. En muchas industrias, los jamones son adquiridos en fresco, sin conocerse con fiabilidad las características individuales de cada uno de ellos; sólo se tiene la información de la evaluación global del lote de animales, en base al informe de inspectores de campo, existiendo variaciones importantes entre individuos (De Pedro y García Olmo, 1999). La caracterización individual de los jamones, antes y después del comienzo del proceso de salazón, permitiría a las industrias conocer, de forma fiable, el tipo de producto del que parte y diseñar el proceso de curación adecuado a las características del producto. Estudios previos han mostrado que se puede determinar el régimen alimenticio mediante espectroscopía NIRS en grasa subcutánea y en músculo de la canal (De Pedro *et al.* 2007; Garrido *et al.* 2013). El objetivo del presente trabajo es doble, de una parte evaluar un instrumento portátil MEMS-NIRS, como herramienta para implementar un sistema de reconocimiento, rápido y no destructivo, de jamones de cerdo ibérico durante el proceso de salazón y, asimismo, establecer la zona más adecuada para esta caracterización.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se utilizaron 367 jamones de cerdos Ibéricos sacrificados en la campaña 2011/2012, de los cuales 207 fueron alimentados con pienso (Cebo) y 160 aprovechando los recursos de la montanera (Bellota); la edad de sacrificio fue de 12 y 15 meses, respectivamente. La salazón se realizó en cámara a 4 °C y HR del 95 %, permaneciendo los jamones recubiertos de sal durante un número de días equivalente al peso de los jamones más 1.

Las medidas espectrales fueron tomadas en dos zonas diferentes del jamón, sobre la zona superficial del músculo *Adductor* y sobre el tejido adiposo que recubre la zona de la maza, durante las etapas de entrada y salida de salado. Dichas medidas se realizaron con un instrumento portátil MEMS (PHAZIR-1624, Polychromix, Inc., Wilmington, MA, EE.UU.) en el modo de reflectancia (1600-2400 nm). El espectro representativo de cada zona fue el resultado de promediar 5 medidas espectrales. El tiempo de integración del sensor fue de 600 ms. La temperatura de las muestras durante la medición osciló entre 8 y 10 °C.

Previamente al desarrollo de modelos de clasificación, se realizó una estructuración de los datos mediante un Análisis por Componentes Principales, calculando posteriormente las distancias de Mahalanobis al centro de la población. Se ha utilizado como criterio para considerar un espectro anómalo, la existencia de una distancia al centro mayor que 3 (Shenk y Westerhaus, 1991, 1996). Para el tratamiento quimiométrico de los datos espectroscópicos generados se empleó el software WinISI II versión 1.05 (ISI, 2000). Se

obtuvieron modelos de clasificación PLS-DA (Partial Least Square – Discriminant Analysis), con el objeto de diferenciar las muestras en función del régimen alimenticio (Bellota & Cebo), en cada una de las zonas del pernil y a la entrada y salida del proceso de salazón. Se asignaron de forma arbitraria los valores 1 y 2 para cada una de las clases y se utilizó el valor de corte de 1,5, atendiendo a las recomendaciones de McElhinney *et al.*, (2000) y Downey, (1994).

Para cada uno de los modelos PLS-DA, se evaluaron diferentes pretratamientos de la señal, MSC (Corrección del efecto multiplicativo de la dispersión), una combinación del SNV + Detrending y la no corrección de la dispersión, así como diferentes derivadas según las indicaciones de Shenk y Westerhaus (1996).

La exactitud de los modelos fue evaluada, mediante el cálculo del porcentaje de muestras correctamente clasificadas, tanto para el modelo global como para cada uno de los grupos individuales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los mejores modelos de discriminación desarrollados para evaluar la aplicabilidad del equipo portátil MEMS en la caracterización de jamones de cerdo ibérico se muestran en la Tabla 1. Se observa que todos los modelos desarrollados clasifican correctamente un porcentaje elevado de jamones superior al 83,9 %, tanto antes de la entrada y salida de salazón como en la salida. En general, se observan mayores porcentajes de aciertos, cuando los espectros se registran sobre jamones antes del salado (96,5 %, 98,9 %, en músculo y 98,6 %, 96,1 % en tejido adiposo) frente a la obtención del espectro en jamones tras el salado (83,9 % y 85,9% en músculo y 97,9 % y 93,2 % en tejido adiposo).

Un análisis más detallado de los datos de la Tabla 1 nos revela que en el caso de realización de la medida en el tejido adiposo, los resultados para las dos etapas (entrada y salida de salado) son similares y con porcentajes de aciertos muy elevados en ambos casos (> 96 % previo a salazón y > 93 % después del salado). Igualmente, cuando las medidas se realizan en el músculo *Adductor*, el porcentaje de muestras correctamente clasificadas es inferior a la salida de salado (> 83 %) en relación a la medida en músculo sin salar (> 96 %). Esto podría explicarse por presencia de agua residual en el jamón, como consecuencia del proceso de lavado de pernils, así como a la interferencia causada por la presencia de sal en el músculo.

Los resultados obtenidos en este trabajo confirman el alto potencial de los sensores portátiles MEMS-NIRS para el control no destructivo de jamones individuales, aportando además una información adicional de gran interés científico y tecnológico, como es la posibilidad de realizar este control no solo a nivel de la canal, como indican Zamora *et al.*, (2012), sino también durante el proceso crítico de salado, permitiendo a los industriales del sector optimizar el proceso de curación, con el fin de lograr una óptima curación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- A.I. Andrés, A.I., Cava R., Ventanas, J., Tovar, V. & Ruiz J. 2004. *Meat Sci.* 68: 45–51.
- Cava, R., Ventanas, J., Ruíz, J., Andrés. A.I. & Antequera, T. 2000. *Food Sci Technol Int.* 6: 235-242.
- De Pedro, E.J., & García Olmo, J. 1999. *Solo Cerdo Ibérico.* 3: 89-94.
- De Pedro, E., De La Haba, M.J., García, J., Garrido, A. & Nuñez N., 2007. 5th International Symposium of the Mediterranean Pig. pp. 219-223.
- De Pedro, E. 2008. *El Cerdo Ibérico: una revisión transversal*. J. Forero (Coord.). pp 353-375.
- Downey, G. 1994. *Analyst.* 119: 2.367-2.375.
- He, F. J., & MacGregor, G. A. 2003. *Hypertension*, 42: 1093–1099
- Garrido-Varo, A. & De Pedro, E. 2007. *Handbook of Near-Infrared Analysis.* pp. 387–397.
- McElhinney, J. Downey, G. & Fearn, T. 2000. 9th International Conference on Near Infrared Spectroscopy. pp. 511-515.
- Gou, G., & Comaposada, J.. 2002. *Eurocarne*, 105: 85–96.
- Shenk, J.S. & Westerhaus, M.O. 1991. *Crop Sci* 31: 469-474.
- Shenk, J.S. & Westerhaus, M.O. 1996. *Near infrared spectroscopy: The future waves* pp. 198–202.
- Timón, M. L., Martín, L., Petró, M.J., Jurado, A. & García, C. 2001. *J. Sci. Food Agric.* 82: 186–191.
- Ventanas, S., Ruíz, J., García, C. & Ventanas, J. 2007. *Meat Sci.* 77: 324–330.
- Zamora-Rojas, E. *et al.* 2012. 7th International Symposium on the Mediterranean Pig. pp. 551–555.

Agradecimientos: El presente trabajo se ha desarrollado en el marco del Proyecto CDTI “Implantación de tecnologías innovadoras en el proceso de elaboración del jamón ibérico de los Pedroches”. Nuestro agradecimiento a las empresas que han colaborado en el suministro de muestras (Celestino Gómez Parra, S.A., Sociedad Cooperativa Ganadera Andaluza del Valle de Los Pedroches (COVAP), Jamones y embutidos LA FINOJOSA S.L., Ibérico de bellota S.A. (IBESA), Hermanos RODRÍGUEZ BARBANCHO S.L.), así como la colaboración técnica de M^a Carmen Fernández Fernández, Antonio López López y Manuel Sánchez Calderón del Dpto. de Producción Animal.

Tabla 1. Porcentaje de muestras correctamente clasificadas con los mejores modelos PLS-DA obtenidos para los diferentes pre-tratamientos y zonas de medida

		Etapas del proceso de elaboración			
		Entrada en Salazón		Salida en Salazón	
Zona	Grupos de clasificación	Bellota (n= 143*)	Cebo (n= 177*)	Bellota (n= 143*)	Cebo (n= 177*)
Músculo Adductor	Bellota	138	2	120	25
	Cebo	5	175	23	152
	Correctamente clasificado (%)	96,5	98,9	83,9	85,9
		Entrada en Salazón		Salida en Salazón	
Tejido adiposo	Grupos de clasificación	Bellota (n= 143*)	Cebo (n= 177*)	Bellota (n= 143*)	Cebo (n= 177*)
	Bellota	141	7	140	12
	Cebo	2	170	3	165
	Correctamente clasificado (%)	98,6	96,1	97,9	93,2

*número de muestras una vez eliminados los espectros anómalos

PORTABLE NIR SENSORS FOR INDIVIDUAL CONTROL OF IBERIAN PIG HAMS BEFORE AND AFTER THE SALTING PROCESS.

ABSTRACT

The aim of the present study was to evaluate the potential of a portable NIRS instrument for the authentication of Iberian pig hams, both at the beginning and at the end of the salting process. The high precision reached by the classification models prior to the salting process suggests that the NIR spectral range (1600-2400 nm) contains information that will make possible to precisely differentiate and define the animal's feeding regime, based both on the fat (> 96 % of correct classification) as well as on the muscle in the hams (> 83 % of correct classifications) with great accuracy. This would provide the industry with the tools to control the quality of the raw material it receives and would allow producers to design a production process suitable for the characteristics of the product.

Keywords: feeding regime, iberian ham, MEMS device, salting process