SEGUIMIENTO DEL PROCESO DE SALADO EN JAMÓN IBÉRICO MEDIANTE ESPECTROSCOPÍA DE REFLECTANCIA EN EL INFRARROJO CERCANO

Fernández Novales, J., Garrido Novell, C., 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.e-mail:g12fenoj@uco.es

INTRODUCCIÓN

Uno de los puntos críticos del procesado de jamones ibéricos es el salado, que se realiza tradicionalmente dejando los jamones enterrados en sal tantos días como kilogramos tenga la pieza. Un elevado número de piezas sale a la venta con cantidades de sal superiores a las adecuadas organolépticamente produciendo rechazo en el consumidor (Armenteros *et al*., 2012, Andres *et al*., 2005)**.** La determinación analítica de la concentración de sal, además de ser compleja y lenta, es destructiva y difícil de implantar a nivel de la industria (Huang, *et al*., 2001). Varias publicaciones muestran el potencial de la tecnologia NIRS, para medir el contenido de sal en carne y productos cárnicos, picados y/ o homogeneizados, si bien no existen trabajos publicados que utilizen muestra intacta. El objetivo del presente trabajo es, evaluar el potencial de un instrumento NIRS portátil para el seguimiento del contenido en sal de jamones de cerdo ibérico, durante el proceso de salado.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se analizaron 108 muestras de carne intacta proveniente de seis perniles de jamón ibérico (ibérico puro X Duroc-Jerssey), tres provenientes de animales alimentados con pienso y tres alimentados con bellota. Los cerdos fueron sacrificados en la campaña 2010/2011 a la edad de 12 meses en el caso de los animales alimentados con pienso y 15 meses en el caso de los alimentados con bellota. Durante el proceso de salazón (15 días cubierto de sal a 4º C y HR = 95 %), cada 3 días (0, 3, 6, 9, 12,15) se extrajo 1 muestra de cada jamón con un sacabocados cilíndrico de acero para conseguir una mayor variabilidad del contenido de sal. Estos cilindros de carne se dividieron en tres zonas, según el nivel de profundidad (superficial, exterior e interior).

Las medidas espectrales fueron tomadas 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 obtenido al promediar los 5 espectros de la misma. El tiempo de integración del sensor fue de 600 ms. La temperatura de las muestras durante la medición fue de 8-10 ° C. Una vez realizado el análisis NIRS, las muestras fueron enviadas al laboratorio, para la determinación de la concentración de cloruros mediante volumetría MOHR (BOE,1979).

La selección de muestras, para los colectivos de calibración y validación, se realizó de forma estructurada, utilizando el algoritmo Center incluido en el software WinISI, ver.1,50 (Infrasoft Internacional, Port Matilda, PA, EE.UU.). Se eliminaron 9 espectros anómalos y las 99 muestras restantes se dividieron en dos colectivos diferentes: 79 muestras de calibración (80%) y 20 de validación externa (20%, tabla 1).

Para el tratamiento quimiométrico de los datos espectroscópicos y químicos generados se empleó el software WinISI 1.05 (ISI, 2000). Previamente a la obtención de modelos de regresión MPLS, entre los datos espectroscópicos y el porcentaje de cloruro sódico, se hizo un pre-tratamiento de espectros mediante derivación y reducción del efecto scatter. Los estadísticos utilizados para la selección de las mejores ecuaciones de calibración fueron: el error típico de los residuales (ETVC) y el coeficiente de determinación (R^2_{VC}) para el colectivo de validación cruzada. Para el proceso de validación se utilizó el procedimiento

desarrollado por Shenk *et al.* (1989) que entre otros estadísticos, utiliza los valores de error típico de predicción con y sin corregir por el sesgo (ETP, y ETP (C)).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Como se puede apreciar en la tabla 1, ambos colectivos de calibración y validación muestran la amplia variabilidad del parámetro estudiado durante la etapa de salado. Los valores más bajos correspondieron a las muestras interiores mientras que los valores más altos se alcanzaron en las muestras superficiales de los últimos días de control del salado.

A pesar, de que por definición, el cloruro sódico no absorbe en la región del infrarrojo cercano, el contenido en sal podría ser medido indirectamente, como consecuencia de desplazamientos en las bandas de absorción de agua (Begley *et al.*, 1984). De hecho, las ecuaciones obtenidas para la predicción del contenido de sal durante el proceso de salado del jamón ibérico (tabla 2), presentan una elevada capacidad predictiva, con porcentajes de varianza explicada superiores al 84%, presentando la mejor ecuación un R^2_{VC} = 0,87 y un ETVC = 1,13%. En la tabla 3 se puede apreciar, cómo afectan los diferentes pre-tratamientos a la precisión y exactitud de las ecuaciones. A pesar de que los valores del ETC y ETP resultaron muy similares, para todos los tratamientos ensayados, sólo la ecuación obtenida utilizando primera derivada y corrección de scatter (SNV), presenta valores del ETP(C), dentro de los limites de control establecidos por Shenk et al (1989), esto es (ETP (C) limite = ETC x 1,3.

En jamón curado, solo existe un trabajo publicado, que evalúe la tecnologia NIRS, para la predecir la concentración de sal (Prevolnick, *et al.*, 2011). Dichos autores obtienen valores de R^2_V = 0,90 y ETP = 0,44%, si bien utilizan la región VIS+ NIRS (400-2500 nm) y el análisis se realiza sobre producto picado. El mas alto valor de ETP obtenido en la mejor de las ecuaciones desarrolladas en el presente trabajo (ETP = 0,98%) puede deberse a diferentes factores: el análisis se realiza sobre producto intacto, el instrumento portátil utiliza un rango de medida reducido (1600-2400 nm), y el colectivo de calibración está poco equilibrado, en cuanto al número de muestras representativas de los diferentes porcentajes de sal. Sin embargo, la capacidad predictiva de la mejor de las ecuaciones es sufiente, para el realizar un seguimiento continuo de cada pieza durante el proceso de salado. La información obtenida utilizando tecnologia NIRS-MEMS, es útil para animar al sector industrial, a continuar colaborando en esta " costosa" (en cuanto al alto valor de las piezas de jamón) línea de investigación, y asimismo, para informar a las empresas que desarrollan instrumentación NIRS portátil, de la necesidad de inversión en instrumentos portátiles, como el utilizado en este trabajo, pero con un mas amplio rango de medida.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

● Andres, A.I., Ventanas, S., Ventanas J., Cava, R., Ruiz, J. 2005. Eur. Food Res. Technol. 221:30-35. ●Armenteros, M., Aristoy, M., Barat, J.M., Toldrá, F. 2012, Meat Sci. 90:361-367. ●Begley, T. H., Lanza, E., Norris, K. H., Hruschka, W. R. 1984. J. Agric. Food Chem. 32: 984–987. ●BOE.1979. Orden de 31 de Julio de 1979 por la que se establecen métodos oficiales de análisis de aceite y grasas, productos cárnicos, cereales y derivados, fertilizantes, productos fitosanitarios, productos lacteos, piensos, agua y productos derivados de la uva. ●Huang, Y., Rogers, T. M., Wenz, M. A., Cavinato, A. G., Mayes,D. M., Bledsoe, G. E., Rasco, B. A. 2001. J. Agric. Food Chem., 49(9): 4161–4167. ●Prevolnik, M., Škrlep, M., Janeš, L., Velikonja-Bolta, Š., Škorjanc, D., Čandek-Potokar, M. 2011. Meat Sci. 88: 299-304. ●Shenk, J.S., Westerhaus, M.O., Abrams, S.M. 1989. Analysis of forage quality. Marten, G.C., Shenk, J., Barton, F.E. (eds.). USDA. ARS. Agriculture Handbook Nº 643, Washington, USA. p. 104-110.

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.).

Tabla 1. *Caracterización del colectivos muestral completo, de calibración y validación.*

Parámetro		Colectivo muestral completo (*n =99*)	Colectivo de calibración (*n=79*)	Colectivo de validación (*n=20*)
ClNa (%)	Rango	0,01-10,6	0,01-10,6	0,01-7,7
	Media	2,22	2,23	2,18
	DT	3,08	3,21	2,56

Tabla 2. *Estadísticos de calibración para la predicción del contenido de sal en jamón.*

Parámetro	Derivada	N	Media	DT	Rango	R^2vc	ETVC
ClNa (%)	1,4,4,1 SNV + DT	73	1,99	3,09	0.01-10,6	0,87	1,13
	1,4,4,1	73	1,99	3,11	0,01-10,6	0,84	1,25
	2,4,4,1 SNV + DT	74	2,015	3,07	0.01-10,6	0,84	1,22
	2,4,4,1	74	2,11	3,23	0.01-10,6	0,87	1,16

Tabla 3. *Estadísticos de validación externa (N = 20) para las ecuaciones de la tabla 2*

Parámetro	Derivada	Media	DT	ETP	ETP(c)	Sesgo	R^2_V
ClNa (%)	1,4,4,1 SNV + DT	2,18	2,56	0,98	1,01	-0,04	0,86
	1,4,4,1	2,18	2,56	1,35	1,31*	-0,44	0,76
	2,4,4,1 SNV + DT	2,18	2,56	1,02	1,04*	-0,12	0,84
	2,4,4,1	2,18	2,56	1,09	1,09*	-0,26	0,87

MONITORING SALTING PROCESS OF IBERIAN HAM BY NEAR INFRARED REFLECTANCE SPECTROSCOPY

ABSTRACT: The aim of the present study was to evaluate a portable MEMS-NIRS instrument to predict salt content in Iberian pig hams during the salting process. The results obtained suggest, that the predictive ability (SEP =0,98; R^2 = 0,86) of the best equation obtained for the prediction of the salt content is enough, to ensure continuous monitoring of each individual ham during the salting process.

Keywords: Iberian ham, Salt, MEMS-NIRS, quality control