

ESTUDIO PRELIMINAR PARA IDENTIFICAR EL ORIGEN DE LAS HARINAS DE SOJA MEDIANTE TECNOLOGÍA NIRS Y MEDICIÓN DEL COLOR

Núñez-Romero, N., García-Rebollar, P., Lázaro, R., Serrano, M.P. y Mateos, G.G.
Departamento de Producción Animal, UPM. Ciudad Universitaria, s/n. 28040, Madrid.
paloma.grebollar@upm.es

INTRODUCCIÓN

La composición química y el valor nutritivo de las harinas de soja (HS) varían con las condiciones de cultivo y los procesos utilizados para su obtención entre países de origen (Thakur y Hurburgh, 2007; De Coca-Sinova *et al.*, 2008). Sueiro *et al.* (2008) han observado diferencias analíticas muy significativas entre HS obtenidas de Estados Unidos (USA), Brasil (BRA) y Argentina (ARG), en especial en lo referente al perfil de aminoácidos y el contenido en azúcares y minerales. Por ello, el conocimiento del país de origen puede ayudar a mejorar la tipificación de las HS comerciales. La tecnología NIRS ha demostrado ser un potente sensor para la identificación de numerosos productos agroalimentarios, con la ventaja adicional de no precisar la aplicación de ningún método previo de preparación de las muestras (Garrido-Varo *et al.*, 2003). Algunas propiedades físicas de las HS de fácil medición, tal como el color, podrían estar relacionadas con la intensidad del tratamiento térmico recibido y con el valor nutricional de la harina (McNaughton *et al.*, 1981). El objetivo de este trabajo fue realizar una evaluación preliminar del potencial de estos métodos rápidos para identificar el país de origen de las HS utilizadas comúnmente en el mercado español.

MATERIAL Y MÉTODOS

Un total de 117 muestras de HS fueron recogidas de 3 países diferentes e identificadas por el puerto de procedencia: ARG (n=54), BRA (n=39) y USA (n=23). Todas las muestras fueron analizadas utilizando un espectrofotómetro Foss NIRSystem 5000, sin ningún tratamiento previo de preparación. Los datos espectrales se registraron como log 1/R en el intervalo entre 1100 a 2500 nm. Cada muestra se dividió en dos submuestras, utilizando el espectro medio para el análisis estadístico. Simultáneamente a las lecturas con el NIRS, se determinó por triplicado el color de cada submuestra sobre la superficie de la ventana de cuarzo de las cápsulas, utilizando un colorímetro Minolta (modelo CR-300). El color fue expresado por las coordenadas del sistema CIELAB (L^* , a^* , b^*) y en el análisis estadístico se utilizaron los valores medios de cada parámetro para las 6 mediciones por muestra.

Para desarrollar los modelos de clasificación NIRS, los 3 grupos de HS por país de procedencia se dividieron al azar en dos colectivos, uno de calibración (n=102 muestras) para desarrollar los modelos y otro de validación externa (n=12) con muestras no incluidas en las calibraciones (Tabla 1). Para el tratamiento estadístico de la información espectral se desarrollaron diferentes modelos utilizando el análisis discriminante del software WinISI II v.1.5 con el algoritmo PLS2. En todos los modelos se utilizaron 4 grupos de validación cruzada combinando diferentes estrategias para el pretratamiento de los datos espectrales: sin corrección (0,0,1,1), SNV+Detrend (0,0,1,1), SNV+D (1,5,5,1) y SNV+D (2,5,5,1). El mejor modelo fue seleccionado en base al menor error estándar (SECV) y el mayor coeficiente de determinación (r^2) en validación cruzada. Los resultados de la validación externa se evaluaron por el porcentaje de muestras correctamente clasificadas globalmente y para cada país de procedencia de las harinas (Fernández-Ibañez *et al.*, 2009).

Tabla 1. Número de muestras de harinas de soja de cada origen en los colectivos de calibración y validación externa para el desarrollo de los modelos discriminantes

	Calibración	Validación
Argentina	49	6
Brasil	33	6
USA	20	3

Los resultados de color se analizaron mediante el procedimiento GLM de SAS (1990) para diseños al azar, con el país de origen de la HS como efecto principal del modelo. Para la separación de medias se llevó a cabo un t-test y los datos se presentan como medias corregidas por mínimos cuadrados.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El mejor modelo de clasificación del origen de las HS ($SECV= 0.282$, $r^2_{CV}=0.605$) fue obtenido con el tratamiento de la señal espectral (2,5,5,1). La Tabla 2 muestra los resultados de validación cruzada del análisis discriminante realizado sobre datos espectrales de estas harinas. El número que aparece en la diagonal corresponde a las muestras del colectivo de calibración correctamente clasificadas por el modelo según su país de origen, mientras que los situados fuera de la diagonal indican muestras erróneamente clasificadas. El error global de clasificación del modelo fue muy bajo (8,03%), y afectó principalmente a las muestras de USA, probablemente por encontrarse insuficientemente representadas en el modelo desarrollado respecto a los otros dos orígenes (Pérez-Marín *et al.*, 2006). En la Figura 1 se representa la proyección de las muestras en el espacio tridimensional formado por los 3 primeros factores, donde es posible apreciar una separación bastante clara entre países de procedencia de las harinas.

Tabla 2. Número de muestras de harinas de soja clasificadas correctamente por país de origen en validación cruzada

Origen	Argentina	Brasil	USA	% Aciertos
Argentina	47	2	0	95,9
Brasil	1	32	0	97,0
USA	2	3	15	75,0

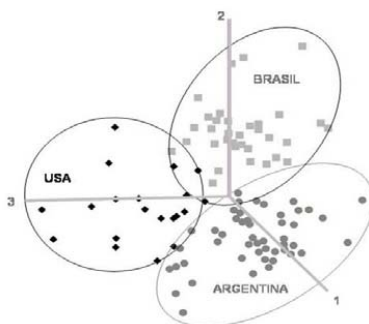


Figura 1. Representación 3D de los scores del colectivo de muestras de calibración del modelo discriminante para los 3 primeros factores PLS.

Los resultados de la validación externa obtenidos con un colectivo de muestras no incluidas en el modelo figuran en la Tabla 3. Todas las muestras fueron encuadradas en sus correspondientes categorías excepto una muestra de ARG, por lo que el porcentaje global de muestras clasificadas erróneamente (6,67%) resultó similar al obtenido en validación cruzada.

Tabla 3. Número de muestras de harinas de soja clasificadas correctamente por país de origen en validación externa

Origen	Argentina	Brasil	USA	% Aciertos
Argentina	5	1	0	83.3
Brasil	0	6	0	100
USA	0	0	3	100

El origen de las HS influyó significativamente ($P < 0,01$) sobre los parámetros que definen el color, excepto en la luminosidad (Tabla 4). Las HS de BRA presentaron intensidades de rojos más altas que las de ARG y USA, y las HS de USA tuvieron tonalidades amarillas más intensas que las de origen Sudamericano.

Tabla 4. Influencia del origen sobre el color de las harinas de soja

	Argentina	Brasil	USA	e.e.	P
L* (luminosidad)	67.9	68.1	68.7	0.475	0.569
a* (+a*=rojo, -a*=verde)	5.32a	6.05b	5.24a	0.188	0.0025
b* (+b*=amarillo, -b*=azul)	21.6a	20.8b	22.4c	0.220	0.0001

Los resultados obtenidos en este trabajo han de ser corroborados con el desarrollo de modelos generados con un mayor número de muestras, pero la tecnología NIRS parece ser una herramienta eficaz para identificar el origen de las HS. El análisis NIRS presenta claras ventajas frente a otras técnicas rápidas (p.e., color) porque los datos espectrales engloban la información de todas las propiedades físico-químicas de las muestras, y hace posible su implantación real en el control de recepción de fábricas de piensos.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- De Coca-Sinova, A., Valencia, D. G., Jiménez-Moreno, E., Lázaro, R. y Mateos, G. G. 2008. *Poultry Sci.* 87: 2613-2623.
- Fernández-Ibañez, V., Soldado, A., Martínez-Fernández, A. y de la Roza-Delgado, B. 2009. *Food Chem.* 113: 629-634
- Garrido-Varo, A., Pérez-Marin, J.E., Guerrero, J.E. y Gómez-Cabrera, A. 2003. En: *XIX Curso de Especialización FEDNA*, Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal, Madrid, pp: 3-26
- McNaughton, J.L., Reece, F.N. y Deaton, J.N. 1981. *Poultry Sci.* 60:393-400.
- Pérez-Marín, D.C., Garrido-Varo, A. y Guerrero, J.E. 2006. *Applied Spectr.* 60:1432-1437. Statistical Analysis Systems Institute. 1990. *SAS user's guide: statistics*. Versión 6, 4ª edición. Cary, NC: SAS Institute, Inc, USA.
- Sueiro, S., Hermida, M., Valencia, D.G., Serrano, M.P. y Mateos, G.G. 2008. *Poult. Sci.* 87:29 (Abstr.)
- Thakur, M. y Hurburgh, C.R., 2007. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 84:835-843. WinISI II software v.1.5. (2000) Port Matilda, PA, USA: Infrasoft International.

PRELIMINARY ASSESSMENT FOR ORIGIN IDENTIFICATION OF SOYBEAN MEALS BY NIRS AND COLOUR

ABSTRACT: The aim of this work was to investigate the potential of near infrared spectroscopy (NIRS) and colour (CIELAB system) for discrimination among soybean meals (SBM) from different geographical origins (Argentine, Brazil and USA). A total of 102 samples were involved to develop models using PLS2-discriminant analysis on spectral data for intact SBM, and 15 samples were randomly selected from different origins for external validation. The best predictive model, using a second derivative data pre-treatment and full cross-validation, correctly classified 92% of training samples by their origin. The classification value of the model was 93% using the validation set of samples. Colour of the total set of SBM samples differs among origins, being the redness of the Brazilian meals higher than Argentinian and USA meals. The yellowness of the USA meals was higher than the Sudamerican meals. These results show that NIRS technology can be used as a quick method for predicting the origin of soybean meals. This methodology can be easily implemented in the quality control of the feed mill industry.

Keywords: soybean meal, origin, colour, NIRS.