

Identificado y cuantificado de ingredientes en piensos y mezclas alimentarias mediante tecnología NIRS

D. Pérez Marín, A. Garrido Varo, J. E. Guerrero Ginel • Dpto. Producción Animal. ETSIAM. Universidad de Córdoba



El análisis NIRS del pienso intacto puede significar un importante avance para industria de la alimentación animal, ya que reduce las tareas de preparación de muestra, evitando la molienda

Introducción

A escala mundial, la industria de fabricación de alimentos animales está atravesando una época de importantes cambios a todos los niveles, lo que se está traduciendo en variaciones tanto cuantitativas, relativas a las cuotas de producción y su distribución, como cualitativas, ligadas al manejo, actualización y control de los procesos de producción, así como de la calidad de los productos obtenidos.

El enfoque adoptado en la actualidad en materia de seguridad alimentaria está basado en la cadena alimentaria desde una perspectiva integrada, de forma que todos los eslabones que la conforman, desde la producción primaria al consumidor, compartan la responsabilidad de producir alimentos inocuos, sanos y nutritivos. Para materializar estos objetivos se requiere un entorno reglamentario y normativo adecuado, así como el establecimiento de sistemas de trazabilidad, control y prevención a lo largo de todo el proceso (FAO, 2003).

En base a ello, la Unión Europea ha concretado un extenso y complejo marco legislativo para regular el sector de la alimentación animal en toda su dimensión, implementando, entre otras, nue-

vas normativas y medidas relativas a la circulación de materias primas y piensos, a los parámetros analíticos de declaración obligatoria y/o voluntaria, y a la importancia de la descripción detallada de los productos usados en la fabricación de piensos. El objetivo común de toda la legislación existente o propuesta en esta materia dentro del territorio comunitario es la producción de piensos seguros, es decir, que no tengan repercusiones negativas para la salud de los animales ni, en los eslabones siguientes de la cadena alimentaria, para el consumidor de productos de origen animal, y asimismo, que no dañen el medioambiente (Cooke y Nelson, 2001).

Una de las principales novedades normativas introducidas hace referencia a la necesidad de un etiquetado más detallado en los piensos compuestos, tanto a nivel cuantitativo como cualitativo. Concretamente, la Directiva 2002/2/CE del Parlamento Europeo y del Consejo (CE, 2002), introdujo la llamada "declaración abierta", la cual comporta la obligatoriedad de enumerar en la etiqueta todas las materias primas utilizadas en la producción de un determinado pienso compuesto, indicando en orden decreciente sus porcentajes en peso, con una tolerancia permitida de +/- 15% del valor declarado.

En el caso particular de la declaración del porcentaje de ingredientes en piensos, existen serias dudas sobre la existencia de una metodología practicable que pudiera ser aplicada por todas las partes interesadas (industria, consumidores, importadores, organismos de inspección). En el momento actual, la microscopía óptica es el método oficial para la identificación de ingredientes, sin embargo presenta una serie limitaciones en el análisis cualitativo, y asimismo no permite realizar análisis cuantitativos como los demandados por la Directiva 2002/2/CE (Jorgensen, 1998; Murray et al., 2005).

Independientemente del cumplimiento de las normativas correspondientes, por otra parte cambiantes (CE, 2006), parece obvio que en la actualidad las necesidades de control analítico sistemático en la industria de los piensos precisa de mejores y más automatizados sistemas de control de su propio proceso productivo, de la variabilidad y

calidad de las materias primas usadas, así como del producto final obtenido. Disponer de esta información es esencial para el fabricante desde el punto de vista de la obtención de productos competitivos, tanto en coste como en eficacia, en cuanto a los requerimientos nutricionales del animal y calidad de los productos derivados (Jiang, 2001; Van Barneveld, 2001). En el momento actual, dentro de este sector se impone el concepto de autocontrol como medida preventiva de posibles crisis alimentarias futuras, a través de la implantación de sistemas de aseguramiento de la calidad y marcas de garantía, lo que conlleva asimismo el incremento del volumen de determinaciones analíticas (Pérez- Marín, 2005).

El escenario general descrito pone de manifiesto la necesidad por parte de la industria de la alimentación animal de disponer de herramientas analíticas rápidas, económicas y precisas, que permitan cumplir con los niveles de control requeridos en la actualidad y posibiliten realmente la trazabilidad de una matriz de ingredientes tan compleja como son los piensos.

La Espectroscopía NIR reúne todos los requisitos necesarios para disponer sistemas de control de calidad actualizados en la industria de fabricación de piensos, consecuencia de los principales atributos que la caracterizan como son su alta velocidad de respuesta, su bajo coste analítico por muestra, la nula o escasa necesidad de preparación de muestra, su versatilidad para el análisis de muy diversos productos y parámetros, su elevada reproducibilidad y repetibilidad, la posibilidad de su incorporación en línea, así como el ser una técnica limpia que no utiliza reactivos y que, por tanto, no produce residuos (Garrido et al., 1996; Garrido et al, 2003). No obstante, la mayoría del trabajo científico relativo al uso de la tecnología NIRS en alimentación animal se refiere al análisis de materias primas, como cereales, forrajes, oleaginosas, etc., siendo más limitado el número de trabajos publicados que hacen referencia al análisis NIRS de piensos compuestos, como ponen de manifiesto algunas revisiones recientes realizadas en este ámbito (Garrido, 2006; Roberts et al., 2004).

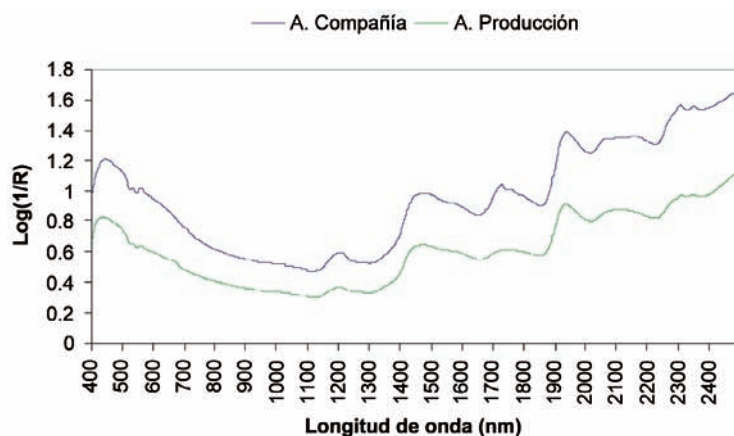
Conscientes de esta situación, el Departamento de Producción Animal de la Escuela Técnica Superior de Ingenieros Agrónomos y Montes de la Universidad de Córdoba viene realizando en los últimos años una intensa actividad de I+D+i relacionada con el estudio del potencial de la tecnología NIRS para el control de calidad de piensos compuestos. Esta actividad se ha centrado en diferentes aspectos, entre los cuales la posibilidad de detección simultánea de la composición química y en ingredientes y/o aditivos en piensos, ha sido una línea de trabajo prioritaria y relevante. A continuación presentamos algunos de los resultados obtenidos en relación a dicha línea de trabajo.

Hacia el control de procesos y el etiquetado de piensos utilizando la huella digital NIRS

Cada producto tiene un espectro NIR único y característico, similar a la huella dactilar que define a cada persona, debida fundamentalmente a la radiación absorbida por los

Figura 1

Espectros medios de un colectivo de piensos destinados a animales de producción y de un colectivo de piensos destinados a animales de compañía



enlaces químicos específicos, que constituyen dicha sustancia, así como a otros fenómenos denominados de radiación dispersa, especular, etc., y que en gran medida son consecuencia de la composición físico-química del producto. No obstante, para extraer información físico-química relevante y singular de cada muestra, es necesario recurrir al uso de algoritmos matemáticos de pretratamiento de la señal espectral (Bertrand, 2000).

La **Figura 1** muestra el espectro medio característico de piensos de animales de producción y de piensos para animales domésticos analizados en un espectrofotómetro NIR de espectro continuo que trabaja en la región espectral comprendida entre 400 y 2500 nm. Aparentemente, los espectros muestran una forma muy similar a lo largo de toda la región de medida, con algunas diferencias visibles en zonas del espectro que se asocian a las regiones características de proteína y grasa.

La **Tabla 1** recoge los estadísticos correspondientes a calibraciones NIRS desarrolladas utilizando un colectivo muestral de piensos multiespecie muy variado y analizados en forma intacta, es decir, en su forma de presentación original (harinas, pellets, migajas, extrusionados, etc.) sin molienda previa, para la predicción de su compo-

Tabla 1

Cálculo del margen extra que se obtiene por animal sacrificado al realizar una variación de 0,1 en el índice de conversión

Constituyente	Media	DT	Rango	ETVC	r ²	RPD
Humedad	10,30	1,35	6,0-12,9	0,49	0,87	2,76
Proteína Bruta	18,08	3,21	12,4-33,1	0,55	0,97	5,84
Grasa Bruta	5,18	2,38	1,6-14,9	0,61	0,94	3,90
Fibra Bruta	6,57	3,67	2,3-18,6	0,52	0,98	7,06
Cenizas	7,89	1,78	3,9-14,8	0,69	0,85	2,58

DT: Desviación Típica; ETVC: Error Típico de Validación Cruzada; r²: Coeficiente de determinación; RPD: DT/ETVC

Tabla 2

Estadísticos de calibración para la predicción de la composición en ingredientes de piensos compuestos analizados en forma intacta

	Media	DT	ETVC	r ²	RPD
Trigo	11,43	10,63	6,75	0,60	1,57
Cebada	11,79	14,98	7,71	0,74	1,94
Maíz	14,12	14,49	5,32	0,87	2,72
Harina de Soja	11,11	9,86	3,30	0,89	2,99
Harina de Girasol	4,00	6,85	0,94	0,98	7,29
Palmiste	0,74	2,49	0,32	0,98	7,89
Salvado	7,97	8,10	3,99	0,76	2,03
Gluten	8,05	8,93	1,73	0,96	5,16
Alfalfa	1,14	4,69	1,15	0,94	4,08
Altramuz	1,34	4,00	2,02	0,74	1,98
Mandioca	1,27	3,05	1,60	0,72	1,90
P. de Remolacha	0,29	0,81	0,13	0,97	6,02
Harina de Carne	1,37	2,91	0,68	0,94	4,26
Carne Ave	1,21	4,33	0,97	0,95	4,46
Carne Total	2,74	5,73	0,68	0,99	8,41
Harina Pescado	0,10	0,43	0,27	0,60	1,58
Melazas	2,24	2,46	0,98	0,84	2,52
Grasa	1,87	1,48	0,49	0,89	3,04
Suero	0,10	0,51	0,18	0,88	2,85
Sal	0,38	0,13	0,07	0,70	1,81
Lisina	0,04	0,07	0,05	0,58	1,48
Metionina	0,03	0,06	0,03	0,77	2,09
Carbonato Cal.	1,54	1,64	0,68	0,83	2,40
Fosfato Bic.	0,26	0,39	0,16	0,83	2,42
Suplem. Min.-Vit.	0,23	0,13	0,04	0,92	3,51

DT: Desviación Típica; ETVC: Error Típico de Validación Cruzada; r²: Coeficiente de determinación; RPD: DT/ETVC

sición química. Para los cinco parámetros predichos (humedad, proteína, grasa, fibra y cenizas), las ecuaciones obtenidas presentan una adecuada capacidad predictiva, similar o incluso superior a la obtenida por otros autores trabajando con producto finamente molido, así como con piensos de una única especie.

Por su parte la **Tabla 2** recoge los valores de los estadísticos de calibración obtenidos para la determinación de la composición de ingredientes (expresados en porcentaje) de piensos compuestos, analizados igualmente en forma intacta.

Los resultados muestran que no sólo es posible obtener modelos cuantitativos de elevada precisión y exactitud para la predicción del porcentaje de macro-ingredientes en piensos compuestos, sino que también se puede caracterizar su contenido en micro-ingredientes, como lisina o suplementos minerales-vitámicos (corrector).

La alta capacidad predictiva de las ecuaciones obtenidas con el análisis del producto intacto puede ser atribuida entre otras causas al uso de cápsulas dotadas de amplias superficies de exposición, lo que corrobora las recomendaciones de Brimmer y Hall (2001), que sugirieron ampliar las superficies de análisis (60 cm² o más) para incrementar la reproducibilidad de los espectros NIR. En

cualquier caso y como se observa en la **Tabla 2**, el porcentaje de la varianza explicada (r²) para cada ingrediente varía de forma importante en el caso de unos y otros ingredientes. Trabajos realizados en nuestro Departamento (Pérez-Marín 2005 y Pérez-Marín et al. 2005) han mostrado que otros tratamientos matemáticos más sofisticados, permiten incrementar el valor de r² y disminuir el error (ETVC).

El análisis NIRS del pienso intacto puede significar un importante avance para la industria de la alimentación animal, ya que reduce las tareas de preparación de muestra, evitando la molienda; ello supone un importante ahorro de tiempo, y permite además rentabilizar al máximo una de las ventajas principales de la tecnología NIRS, como es la generación de los resultados analíticos de forma prácticamente instantánea.

Una vez desarrolladas las calibraciones, la sistemática de trabajo en rutina sería la que se presenta en el diagrama de la **Figura 2**. Al laboratorio llega una muestra de pienso desconocida, se le recoge su espectro NIRS y de forma instantánea obtenemos la predicción de los parámetros para los que se hayan desarrollado modelos de predicción.

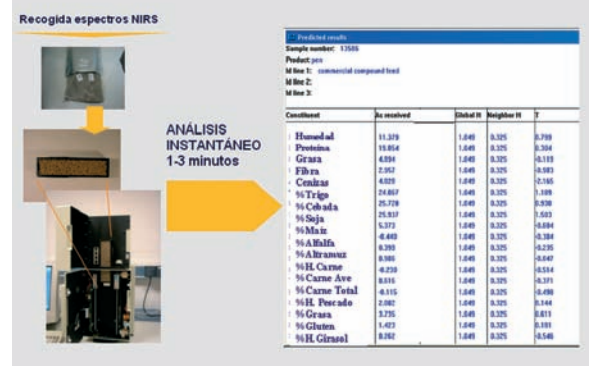
La obtención de modelos de predicción robustos, que representen toda la variabilidad existente y esperada posteriormente en el análisis de rutina, necesita disponer de un grupo muestral con una estructura y distribución adecuadas, y asimismo constituido por muestras reales idénticas a las que se pretende controlar, evitando el empleo de muestras fabricadas experimentalmente en laboratorio para el desarrollo de calibraciones, cuando lo que se pretende es el control de un determinado proceso industrial como la fabricación de piensos.

Los resultados mostrados abren grandes expectativas para la implementación de este tipo de aplicaciones NIRS en la industria de los piensos compuestos, no sólo para cumplir con las normativas vigentes, sino asimismo para controlar el proceso en diferentes puntos de la línea de producción. En este sentido, estamos trabajando en la incorporación "on-line" de la tecnología NIRS en el proceso de fabricación de piensos compuestos (Fernández et al., 2005), lo que permitiría controlar la formula-

En la actualidad las necesidades de control analítico sistemático en la industria de los piensos, precisa de mejores y más automatizados sistemas de control

Figura 2

Análisis NIRS en rutina de piensos compuestos para la predicción de su composición química y en ingredientes



ción en tiempo real, reduciendo el impacto de la variación de los ingredientes sobre el coste y la calidad del pienso final (Ver **Figura 3**).

Conclusiones

La tecnología NIRS es en la actualidad la única que permite el análisis de muestras a gran escala, tanto a nivel de laboratorio como a nivel de planta lo que permite, la toma de decisiones en tiempo real.

Agradecimientos

Este trabajo ha sido posible con la ayuda de muchas personas e instituciones, pero sobre todo los autores quieren agradecer la colaboración de SAPROGAL.

Nota: Cabe destacar que la obtención de ecuaciones robustas para predicción de la composición de ingredientes necesita de un trabajo de intensa colaboración con los fabricantes de piensos para poder disponer de grandes librerías espectrales con muestras autenticadas que permitan utilizar algoritmos de regresión más adecuados y la obtención de calibraciones universales. El grupo de la UCO ofrece conocimiento y su experiencia, que ha sido pionera a nivel mundial en esta línea de trabajo, para la implementación de una aplicación como la descrita, en la

Figura 3
Simulación en laboratorio del análisis NIRS "on-line" de piensos compuestos



industria de la alimentación animal española y para la adaptación de la misma a las necesidades individuales de cada empresa. CESFAC podría coordinar una acción orientada a este esfuerzo colaborativo. Interesados en participar en dicha iniciativa colectiva contactar con la Prof^a Ana Garrido Varo.

Referencias bibliográficas

A disposición del lector.



Planificación, control y trazabilidad para una producción totalmente automatizada

Esta aplicación permite realizar la gestión, control y seguimiento de los equipos de fabricación de una forma totalmente automática, junto con la posterior trazabilidad de todos los datos adquiridos durante la fase de producción en cualquier tipo de proceso industrial.

Esto nos permite obtener una información y un producto final con las garantías de calidad y producción exigidas por el mercado. Hacemos de la atención y servicio a los clientes nuestra auténtica vocación. Todo ello con un amplio equipo de profesionales, que ofrece un servicio de respuesta inmediata en caso de averías, con la posibilidad de un servicio permanente las 24 horas.



Vall Companys, S.A.



Esporc, S.A.



SCA Iberica, S.A.

**"AEmes", FABRICACIÓN DE PIENSOS,
TRAZABILIDAD DIRECTA EN TIEMPO REAL,
INCREMENTO PRODUCCIÓN Y CALIDAD TOTAL**



APLICACIONES ELÉCTRIQUES, s.a.

c/ Amnistia Internacional, 22
17190 SALT (Girona)
Tel. 972 40 50 23
Fax 972 40 22 30
E-mail: info@aplielec.com
Web: www.aplielec.com