

Control de calidad de derivados de soja en España:

harinas, habas y concentrados



R. Lázaro*, M. Pérez Serrano* y G.G. Mateos*

De acuerdo con las estadísticas oficiales, en España se producen en torno a los 18 Mt de pienso. El consumo de harina de soja en nuestro país se estima alrededor de los 5 Mt y el de haba de soja en torno a 0,4 Mt. Dado que los productos de soja constituyen una parte importante de las dietas para animales, es necesario establecer un control de calidad adecuado.

Datos de determinadas encuestas realizadas a proveedores de habas y harina de soja y a fábricas de piensos muestran un alto grado de entendimiento y que, en general, la logística de los suministros es adecuada y que no hay problemas en cuanto a llegar a un acuerdo entre proveedores y suministradores para fijar el precio en función del mercado. Sin embargo, sería interesante que ambos subsectores colaboraran conjuntamente en temas relacionados con el control de calidad.

En la **Tabla 1** se muestra la composición media de algunos de los productos derivados de soja que se encuentran en el mercado (FEDNA, 2003). La suma de los parámetros del análisis proximal (humedad, cenizas, extracto etéreo, proteína) y de la FND se encuentra en torno al 85-90%, lo que indica que una parte importante de los constituyentes de la soja quedan sin determinar. Parte de ellos son pectinas y otros derivados fibrosos solubles. En cualquier caso y sobre todo con los concentrados, se precisa de mayor in-

formación sobre esta fracción indeterminada. Así, por ejemplo, el ácido láctico puede ser un constituyente importante en el caso de concentrados de soja obtenidos mediante procesos de fermentación.

El control de calidad de los derivados de soja es más limitado en el caso de fábricas de menor producción y la calidad es más variable para el caso de la soja integral que para la harina. En cualquier caso, no es muy habitual modificar regularmente las matrices de composición de ambas materias primas para la formulación de piensos.

Factores antinutricionales y medidas de calidad de la soja

La soja contiene un elevado número de factores antinutricionales que en parte se destruyen al procesar el haba mediante calor, caso de los inhibidores de las proteasas (factores de Kunitz y Bowman-Birk), las lectinas o hemoaglutininas y la ureasa. Los inhibidores de las proteasas son proteínas que forman complejos con la tripsina y quimo-

Tabla 1. Composición de algunos productos de soja¹

| | Harina Soja 44% | Soja Integral | Concentrado Soja (E) ² | Concentrado Soja (F) ³ |
|------------------|-----------------|---------------|-----------------------------------|-----------------------------------|
| Humedad | 12.1 | 9.4 | 7.0 | 8.1 |
| Cenizas | 6.2 | 4.9 | 6.0 | 6.9 |
| Proteína Bruta | 44.0 | 36.3 | 63.5 | 53.0 |
| Extracto Etéreo | 1.7 | 19.8 | 1.0 | 1.0 |
| FND | 12.5 | 12.0 | 9.0 | 9.1 |
| Almidón + almid. | 7.5 | 6.9 | 5.0 | 5.0 |
| Total | 84.0 | 89.3 | 92.5 | 83.1 |

¹ FEDNA, 2003

² Extracción alcohólica

³ Productos obtenidos por fermentación

* Dpto. de Producción Animal, U.P. Madrid

tripsina, con lo que reducen la actividad de estas enzimas y la digestibilidad proteica. Asimismo, producen hipertrofia del páncreas como reacción del organismo animal para aumentar la producción enzimática. Normalmente se ha aceptado que niveles de inhibidores de la tripsina inferiores a 6 mg/kg eran adecuados en alimentación de monogástricos. Sin embargo, hay trabajos que indican que niveles en pienso por encima de 2 a 3 mg/kg pueden afectar tanto a la digestibilidad como al consumo y al crecimiento, especialmente en primeras edades (Bruggink, 1993; Zarkadas y Wiseman, 2000). En las Figuras 1, 2 y 3 se muestran los efectos de los factores antitripsínicos de la soja integral sobre los parámetros productivos y digestivos de los lechones según estos últimos autores.

Las hemoaglutininas o lectinas son proteínas que incrementan la permeabilidad de la pared del intestino delgado, permitiendo la absorción de compuestos que pueden perjudicar el funcionamiento del sistema inmune. Afortunadamente las lectinas son muy sensibles a la temperatura por lo que el tratamiento térmico de la soja reduce los niveles a mínimos aceptables.

La ureasa en sí no tiene efecto negativo alguno sobre la productividad en monogástricos, pero tiene la virtud de destruirse por calor aproximadamente a la misma velocidad que los inhibidores de la tripsina. Por ello se utiliza como medida indirecta de la destrucción de estos últimos. En el caso de rumiantes, la ureasa puede producir efectos tóxi-

cos si la dieta es rica en urea u otros ingredientes ricos en nitrógeno no proteico.

Los factores goitrogénicos captan yodo, provocan hipertiroidismo e incrementan las necesidades orgánicas en este oligoelemento. El contenido en habas de soja es muy reducido y además son susceptibles al calor, por lo que su importancia con procesamientos adecuados es nula.

En la práctica, dados los elevados costes y dificultad del análisis de los factores antitripsínicos (Kakade et al., 1974) y de lectinas o hemoaglutininas (Valdebouce et al., 1980; Koelher et al., 1986; Hamer et al., 1989), el control de calidad de la fracción proteica de la harina y el haba de soja se realiza mediante determinaciones indirectas. Al ser factores antinutricionales termolábiles, su concentración se reduce a medida que se incrementan los tiempos y temperaturas en el procesamiento de la soja. De hecho, estas medidas indirectas nos dan una idea tanto del nivel de los factores antinutritivos como del grado de procesamiento de la harina o el haba. Los tests más utilizados para evaluar la bondad del procesado térmico son los de la ureasa (Caskey y Knapp, 1944; AOCS, 1980a), la solubilidad en KOH (Araba y Dale, 1990; Parsons et al., 1991; Whittle y Araba, 1992) y el índice de dispersibilidad de la proteína (AOCS, 1980b; Batal et al., 2000). El test de la ureasa, enzima existente de forma natural en la soja, se expresa en unidades de pH que se incrementan al añadir urea y calentar. Los valores del test de la ureasa y de la solubilidad en KOH se reducen con el procesamiento. Sin embargo, el test de la ureasa no es adecuado para detectar sobreprocesamiento, ya que

Figura 1. Efecto de los factores antitripsínicos (IT) de la soja sobre el crecimiento de los lechones (Zarkadas y Wiseman, 2000)

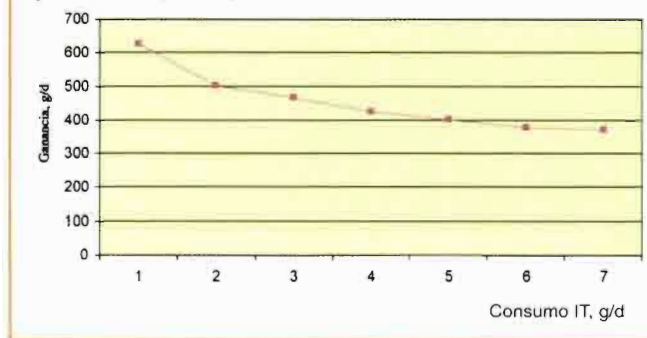


Figura 2. Efecto de los factores antitripsínicos de la soja sobre el índice de conversión del pienso en lechones (Zarkadas y Wiseman, 2000)

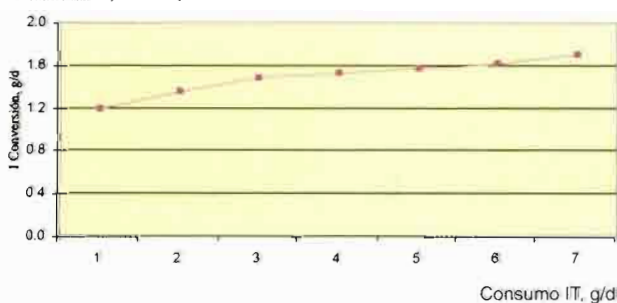


Figura 3. Efecto de los factores antitripsínicos de la soja sobre la integridad de la mucosa intestinal de los lechones (Zarkadas y Wiseman, 2000)

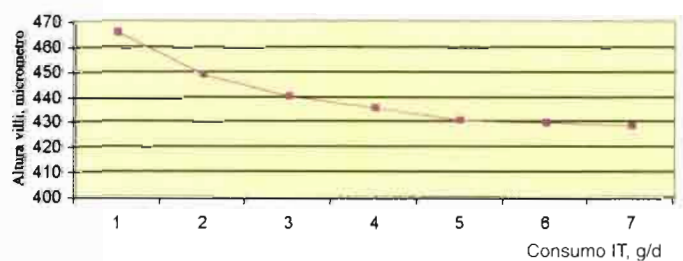


Tabla 2. Resultados de una encuesta sobre medidas de evaluación de la calidad de la harina de soja (Porcentaje de muestras analizadas para el parámetro en cuestión)

| | Producción, mt/año | |
|------------------------------|--------------------|------|
| | >200 | >120 |
| Proteína bruta | 100 | 100 |
| Humedad y fibra [†] | 80 | 30 |
| Cenizas | 20 | 5 |
| Urea soluble | 10 | - |
| Urea no soluble | - | - |
| Urea en la ureasa | <30 | <20 |
| Solubilidad en KOH | <30 | <10 |
| Índice de dispersibilidad | - | - |
| Salmonelitas | <20 | <10 |
| Horugas | <10 | <5 |

[†] Tecnología NIR

la escala de valores de la ureasa no tiene un rango negativo. Por tanto, un valor de ureasa cero puede indicar tanto un procesamiento adecuado como un sobreprocesamiento. Por otro lado, la solubilidad en KOH detecta mejor el exceso de procesado y es menos útil para estudiar si el procesamiento ha sido deficiente. Además, ambos índices presentan una limitación importante ya que la reducción de los valores es poco pronunciada al principio del procesamiento, cayendo de forma brusca a partir de determinados tiempos y temperaturas. En cambio, los valores de dispersibilidad de la proteína parecen valorar mejor la calidad del procesado, con una reducción más gradual de los valores y mejor correlacionada con la productividad de los animales.

En cualquier caso, es importante tener en cuenta el muestreo y tamaño de partícula a la hora de realizar estos análisis. Los resultados son comparables sólo dentro de un mismo laboratorio, pero difícilmente entre distintos laboratorios, a no ser que el procedimiento de molienda y los criterios laborales seguidos sean similares en todos ellos.

Dentro de los factores termoestables se encuentran los factores antigénicos, los oligosacáridos, las saponinas, los estrógenos, los compuestos cianógenos y los fitatos. Su importancia práctica en alimentación animal en relación con la soja es reducida, excepto en el caso de los factores antigénicos y los oligosacáridos.

Los factores antigénicos o alérgicos (glicinina y b-conglicinina) provocan la producción de anticuerpos como respuesta del sistema inmune del animal. Producen daños en la mucosa intestinal y afectan a los procesos de digestión y absorción de los nutrientes, favoreciendo la aparición de diarreas y reduciendo la productividad de los animales jóvenes, especialmente en terneros.

La soja tiene un contenido alto de oligosacáridos solubles (en torno al 6%), fundamentalmente de estaquiosa y rafinosa. Dado que los monogástricos carecen de α -galactosidasas a nivel de intestino delgado, estos compuestos no son digeridos hasta que entran en el intestino grueso, en

donde las α -galactosidasas bacterianas los degradan, provocando flatulencia y diarreas.

Los niveles de estos factores antinutricionales termoestables se pueden reducir con tratamientos por extracción con agua y etanol, uso de enzimas exógenas, procesos de fermentación y utilización de variedades mejoradas genéticamente.

Harina de soja

En la **Tabla 2** se muestran los parámetros de evaluación más frecuentemente utilizados para determinar la calidad de la harina de soja y en la **Tabla 3** se detalla un resumen de las normas de calidad según distintas fuentes. El parámetro más importante a controlar en cuanto a composición química es el contenido en proteína bruta, que varía en función del tipo de haba. Además, varía en función de la adición de cascarilla u otras materias inertes, estimándose que la disponibilidad de los aminoácidos es mayor cuanto mayor es el nivel proteico de la harina. Otros parámetros de composición química que se determinan en el control de calidad de la harina son el contenido en cenizas y la humedad y la fibra que cada vez se obtienen más por tecnología NIR.

Un buen procesamiento medido en base a los parámetros mencionados anteriormente implica un incremento en la digestibilidad de todos los aminoácidos, mientras que un procesamiento excesivo puede reducir tanto el contenido en algunos aminoácidos totales como disponibles. En este sentido, los aminoácidos más afectados en caso de sobreprocesado son la lisina y la cisteína, mientras que la metionina y treonina se ven poco afectadas.

En cuanto a los índices de evaluación del procesamiento y nivel de factores antinutricionales, es habitual la determinación del test de la ureasa y la solubilidad en KOH, pero no de factores antitripsicos directamente por su coste y dificultad. Asimismo, los análisis de lisina total y disponible

Tabla 3. Normas de control de calidad de la harina de soja

| | Fedna, 02 | A, 99 [†] | A, 98 [†] | C, 97 [†] |
|-----------------------------|-----------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Humedad, % | <13 | <12,5 | <13,5 | <12,5 |
| Proteína bruta, % | 44 ± 1,7 | >44 | >43 | >44 |
| Extracto Etéreo, % | 1,7 ± 0,5 | - | - | - |
| Fibra bruta, % | 5,6 ± 1,0 | <7 | - | >7 |
| Cenizas, % | <7 | - | - | - |
| ureasa, u/gH ₂ O | 0,4 | <0,4 | <0,3 | <0,3 |
| Ni soluble, % | 79 ± 6 | - | 82 ± 12 | - |

[†] Distintos proveedores de correctores y servicios



son complicados y costosos, lo que hace que no se determinen en muchos laboratorios.

Finalmente, algunos laboratorios, sobre todo en fábricas de gran volumen, analizan algunos parámetros de microbiología (*Salmonella spp.*, *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* y hongos). No se trata de análisis del todo implantados, dada la problemática existente para el muestreo.

Soja integral

El haba es un producto alternativo a la harina de soja interesante en piensos por su elevado valor energético y excelente palatabilidad. En la **Tabla 4** se muestra un resumen de las normas de calidad de la soja integral propuestas por distintas fuentes. Los parámetros de composición química y de evaluación del procesamiento son los mismos que para el caso de la harina, aunque la calidad de la fracción lipídica es de especial relevancia en este caso.

El procesamiento de la soja influye directamente en la disponibilidad de la grasa, quedando ésta más libre con tratamientos térmicos más activos (extrusión vs tostado). Esto implica una mejora en la digestibilidad de la grasa en el caso de piensos en harina pero también un ligero mayor riesgo de enranciamiento durante el almacenaje, dado el grado de instauración de la grasa. La disponibilidad de la grasa es un factor esencial para determinar el valor energético de la soja integral y, aunque es difícil de valorar, se puede estimar mediante la proporción de grasa extraída por análisis de extracto etéreo sin hidrólisis ácida con respecto a la extraída con hidrólisis ácida.

En cuanto a la calidad de la proteína de los diferentes productos procesados de soja la variabilidad existente es mayor que en el caso de la harina, lo que se debe al alto número de métodos de procesamiento disponibles (tostado, cocido expandido, extrusión en húmedo o seco), así como al mayor desconocimiento.

Concentrados de soja

Los productos de soja existentes en el mercado difieren entre sí en cuanto a su contenido en energía, proteína y factores antinutricionales. Los diversos tratamientos mejoran

la calidad, especialmente de la fracción proteica, pero a costa del incremento de precio por unidad de proteína. Aunque la harina de soja es la fuente proteica más utilizada en alimentación animal por su coste, disponibilidad, contenido en proteína y perfil de aminoácidos, su contenido en factores antinutritivos limita su utilización en primeras edades. Por ello, los concentrados de soja tienen mayor interés en las dietas para animales jóvenes, especialmente en lechones.

Los concentrados de soja se obtienen tras descascarillar y eliminar por extracción con agua o mezcla de agua y alcohol, fermentación o adición de enzimas exógenos de parte o todo el contenido en oligosacáridos de las harinas. Los tratamientos complementarios tales como el calentamiento con condiciones variables de pH, proteólisis, precipitación, etc. desnaturalizan los factores antinutritivos y reducen sus efectos. El descascarillado mejora la palatabilidad y permite incrementar la concentración en proteína del producto comercial. Así, se obtienen concentrados de soja cuyo contenido proteico varía entre un 53 y un 65% y con niveles de utilización en lechones comprendidos entre el 5 y el 12%. En la **Tabla 5** se muestra la concentración típica en factores antinutritivos de los distintos productos de soja. El procesamiento de los concentrados reduce en gran medida el nivel de factores antitripsicos y de oligosacáridos, habiendo mayor variación para el caso de los factores antigénicos.

En general, los terneros pre-rumiantes son más sensibles a los factores alergénicos que los lechones y estos que las aves, por lo que los concentrados de soja adquieren especial interés en piensos de iniciación para terneros y lechones.

Conclusiones y perspectivas de futuro

Dada la creciente demanda de productos de soja y la problemática en relación con la trazabilidad de materias primas y productos acabados, el control de calidad de los derivados de soja debe enfocarse no sólo en base a parámetros de composición química, sino también de calidad de procesamiento y bacteriología. En el caso de los índices de eva-

Tabla 4. Normas de control de calidad de la soja integral

| | Fedna, 02 | A, 99 ¹ | A, 98 ¹ | C, 97 ¹ |
|--------------------|-----------|--------------------|--------------------|--------------------|
| Humedad, % | <11 | <12,5 | <13,5 | <12,5 |
| Proteína Bruta, % | 36,3 ± 2 | >35 | >36 | >37 |
| Extracto Etéreo, % | 19,8 ± 2 | >16 | - | 16,5 |
| Fibra Bruta, % | 5,3 ± 1,5 | <6,5 | - | - |
| Cenizas, % | <6 | - | - | - |
| Unidad, ApH | <0,4 | <0,4 >0,05 | <0,3 >0,05 | <0,3 - |
| FE soluble, % | 79 ± 6 | - | 82 ± 12 | - |

¹ Distintos proveedores de correctores y servicios



luación de la calidad del procesamiento, sería de especial interés la búsqueda de nuevos métodos fáciles de realizar tal como resultarían con la aplicación de la tecnología NIR. Actualmente en aves se formula con niveles de productos de soja en piensos vegetales en algunos casos por encima del 40% del total, lo cual hace necesaria la garantía de calidad de estos productos. La colaboración en temas de calidad entre importadores, procesadores y fábricas de pienso se hace pues indispensable.

Por otro lado, es de interés la obtención de nuevos productos con bajos niveles de oligosacáridos mediante la utilización de nuevas variedades de soja mejoradas, enzimas exógenos, procesos de extracción específicos o fermentación. A este particular, la aplicación de programas de mejora genética de la soja permitirá la obtención de harinas enriquecidas en aminoácidos, fósforo disponible y ácidos grasos particulares, tales como el ácido oleico.

Finalmente, en numerosas ocasiones no se valora de forma adecuada algunos microingredientes de la soja tales como la colina, la vitamina E, la genisteína y las isoflavonas, así como de la fracción fibra y su posible relación con la estructura de la mucosa digestiva de los animales.

Tabla 5. Factores antinutritivos en derivados de la soja (Adaptación de varios autores: Gorrachategui, 2001; Russett, 2001; Hansen, 2003).

| | Haba de soja | | Harina de soja | | Concentrados de soja | |
|---------------------------|--------------|---------|----------------|----------|----------------------|-------|
| | Crudo | Decorf. | 44% | 48% | A | B |
| test ureasa, API | 2,0 | 0,5 | 0,05-0,5 | 0,05-0,2 | <0,05 | <0,05 |
| I. tripsina, mg/g | 45-65 | 2-25 | 4-8 | 4-8 | <4 | <2 |
| Glicina ¹ | 182000 | 182000 | 66000 | 66000 | <100 | <1 |
| B-Conglicina ¹ | 65000 | 65000 | 10-50000 | 10-50000 | <10 | <2 |
| Lectinas, ppm | 3550 | 3550 | 10-200 | 10-200 | <1 | <1 |
| Saponinas, % | 0,5 | 0,5 | 0,6 | 0,6 | 0 | 0 |
| Oligosacáridos, % | 14 | 15 | 15 | 15 | 2-3 | 1 |

¹ ELISA, ppm.

Bibliografía

- AOCS (1980a). Urease Activity. Official Method Ba 9-58. American Oil Chemists Society, Champagne, IL.
- AOCS (1980b). Protein Dispersibility Index. Official Method Ba 10-65. American Oil Chemists Society, Champagne, IL.
- Araba, M. y Dale, N. M. (1990). Evaluation of KOH solubility as an indicator of overprocessing of soybean meal. *Poult. Sci.* 69: 76-83.
- Batal, A. B., Douglas, M. W., Engram, A. E. y Parsons, C. M. (2000). Protein dispersibility index as an indicator of adequately processed soybean meal. *Poult. Sci.* 79: 1592-1596.
- Bruggink, J.H.B. (1993). Utilización de concentrados de proteína de soja en dietas de animales jóvenes. En: IX Curso de Especialización FEDNA. Tecnología y nutrición. Influencia del procesamiento sobre el valor nutritivo de materias primas y piensos terminados. pp. 175-196.
- Caskey, C.D. y Knapp, F. (1944). Method for determining inadequately heated soybean meal. *Ind. Eng. Chem. (Anal. Ed.)* 16: 640-641.
- FEDNA (2003). Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos. Ed. C. de Blas, G. G. Mateos y P.G. Rebollar. Fundación Española para el Desarrollo y la Nutrición Animal, Universidad Politécnica Madrid.
- Gorrachategui, M. (2001). La soja: fuente proteica para los animales jóvenes. *Nuestra Cabaña* 307: 6-12.
- Hamer, R.J., Koninkx, J.F.J.G., Van Oort, M.G., Huisman, J.W.V.M. (1989). New development in lectin analysis. En: Recent advances of research on antinutritional factors in legume seeds. Ed. J. Huisman, A.F.B. Van der Poel e I.E. Liener. Pudoc, Wageningen, The Netherlands. Pp. 30-33.
- Hansen, O.K. (2003). Soya proteins for feed products. *Feed International* 24(9): 14-18.
- Kakade, M.L., Rakis, J.J., McGee, J.E. y Puskai, G. (1974). Determination of trypsin inhibitor activity of soy products: a collaborative analysis of an important procedure. *Cereal Chem.* 51: 376-382.
- Koelher, H.H., Herrick, H.E. y Burke, D.W. (1986). Differentiating the lectin activity in twenty-four cultivars of dry beans (*Phaseolus vulgaris*). *J. Food Sci.* 51: 1471-1475.
- Parsons, C. M., Hashimoto, K, Wedekind, K. J. y Baker, D. H. (1991). Soybean KOH solubility in potassium hydroxide: an in vitro tests of in vivo protein quality. *J. Anim. Sci.* 69: 2918-2924.
- Russett, J.C. (2001). Soy proyein concentrate for animal feeds. *Chemurgy Research Notes, SPC-T-47*. pp. 1-14.
- Valdebouce, P., Bergeron, E., Gaborit, T., Delort-Laval, J. (1980). Content and distribution of trypsin inhibitor and haemagglutinins in some legume seeds. *Can. J. Plant Sci.* 60: 695-701.
- Whittle, E. y Araba, M. (1992). Sources of variability in the protein solubility assay for soybean meal. *J. Appl. Poultry Res.* 1:221-225
- Zarkadas, L.N. y Wiseman, J. (2000). Inclusion of full-fat soybean in piglet diets. *Proceedings of the British Society Animal Science Occasional Meeting: The weaner pig*. pp: 45-46.