



VALOR NUTRICIONAL DE LOS PRODUCTOS DE LA SOJA PARA CERDOS POSDESTETE

Los productos de la soja reducen la presencia de factores antinutricionales y ofrecen buenos niveles de proteína bruta y aminoácidos.

Laia Blavi y Hans H. Stein

Departamento de Ciencias Animales,
Universidad de Illinois

INTRODUCCIÓN

La soja es uno de los cultivos más importantes y es la principal fuente de proteína en las dietas para cerdos, ya que su concentración y balance de aminoácidos (AA) es muy bueno. Sin embargo, el haba de soja cruda contiene factores antinutricionales: factores antitripsicos, ureasa, lecitina, ácido fítico, oligosacáridos (rafinosa, estiquiosa, y verbascosa), y proteínas antigénicas (glicina y β -conglucina) (Baker, 2000; NRC, 2012; He *et al.*, 2015). Los factores antitripsicos, la ureasa y la lecitina se pueden reducir después de un correcto procesamiento térmico ya que son termolábiles, pero los factores antigénicos o los oligosacáridos son termoestables por lo que esto no es posible.

El haba de soja contiene aproximadamente un 37 % de proteína cruda y un 20 % de grasa (tabla 1). Normalmente, el haba se descascarilla parcialmente para incrementar su valor nutritivo. Después de molerla, la mayoría de la grasa es extraída con disolventes,

generalmente hexano, y el resultado es la harina de soja descascarillada que contiene menos de un 2 % de grasa. La concentración total de carbohidratos en la soja es de un 35-40 %, con aproximadamente un 15 % de carbohidratos no estructurales, como la sacarosa, el ácido urónico, los oligosacáridos y los azúcares libres. La concentración de oligosacáridos (rafinosa, estiquiosa y verbascosa) en el haba de soja es del 4-7 % (NRC, 2012), pero en la harina de soja puede ser del 7-11 %, con una concentración de estiquiosa del 5,1-7,3 % y de rafinosa del 1,1-3,8 % (Cervantes-Pahm y Stein, 2010; NRC, 2012).

Los principales oligosacáridos en la harina de soja son la rafinosa, la estiquiosa y la verbascosa. Son los llamados α -galactósidos debido a la presencia de galactosa. La rafinosa está formada por una unidad de glucosa, una unidad de fructosa y una unidad de galactosa. La estiquiosa y la verbascosa tienen una estructura similar a la rafinosa con la excepción de que contienen 2 o 3 unidades de galactosa, respectivamente. La glucosa y la fructosa están conectados mediante un enlace α -(1-2)-glucosídico, mientras que el enlace glucosa-galactosa y el galactosa-galactosa es de tipo α -(1-6)-glucosídico (figura 1). Los enlaces glucosídicos en los α -galactósidos pueden ser hidrolizado mediante la enzima α -galactosidasa. Sin embargo, los cerdos no secretan las enzimas digestivas necesarias para hidrolizar el enlace α -(1-6), por lo que la rafinosa, estiquiosa y verbascosa son consideradas indigestibles para los cerdos, y pasan a ser fermentadas en el tracto digestivo (Canibe y Bach Knudsen, 1997). Se ha demostrado que la digestibilidad ileal de los α -galactósidos está entre el 50 y el 80 % (Bengala-Freire *et al.*, 1991; Canibey Bach Knudsen, 1997; Smiricky *et al.*, 2002), lo que indica una importante fermentación en el intestino delgado de los cerdos. Esta fermentación es la que permite a los cerdos con más de 20 kg utilizar la energía de estos oligosacáridos en forma de ácidos grasos volátiles. Sin embargo, los cerdos jóvenes alimentados con grandes cantidades de harina de soja no manejan la fermentación de estos oligosacáridos muy eficientemente, y se observan efectos negativos como la diarrea, malestar gastrointestinal y una reducción del peso vivo (Liyang *et al.*, 2003). Por consiguiente, la inclusión de harina de soja en las dietas para cerdos posdestete se restringe al 20 %.

TABLA 1. Composición nutricional del haba de soja y la harina de soja en Estados Unidos (NRC, 2012).

	HABA DE SOJA	HARINA DE SOJA 48 %
Materia seca %	92,36	89,98
Proteína bruta %	37,56	47,73
Cenizas %	4,89	6,27
Extracto etéreo %	20,18	1,52
Carbohidratos %		
Sacarosa	6,42	4,30
Rafinosa	0,77	3,78
Estiquiosa	3,89	7,33
Verbascosa	0,03	0,00
Almidón	1,89	1,89
FND	10,00	8,21

ELIMINACIÓN DE LOS OLIGOSACÁRIDOS

Los oligosacáridos de la harina de soja convencional se pueden eliminar mediante la eliminación de los constituyentes no proteicos del haba de soja descascarillada y desgrasada con agua y etanol, con tratamientos enzimáticos o fermentativos. De esta manera se obtienen diferentes productos: concentrado de proteína de soja, aislado de proteína de soja, harina de soja fermentada o harina de soja tratada enzimáticamente.

CONCENTRADO DE PROTEÍNA DE SOJA

El concentrado de proteína de soja, por definición, debe contener como mínimo un 65 % de proteína bruta (PB) (Endres, 2001). Se produce mediante lixiviación ácida, extracción con alcohol acuoso o desnaturizando la proteína con humedad y temperatura, antes de la extracción con agua (Endres, 2001). Por lo tanto, el concentrado de proteína de soja contiene menos factores antitripsicos, azúcares, rafinosa y estiquiosa, pero mayor concentración de PB y AA (tabla 2) comparado con la harina de soja convencional (Oliveira y Stein, 2016). La digestibilidad de los AA en el concentrado de proteína de soja es similar a la de la harina de soja, con la excepción de algunos AA donde la digestibilidad ileal estandarizada es mayor en el concentrado de proteína de soja que en la harina de soja (Oliveira y Stein, 2016; Pedersen et al., 2016). El concentrado de proteína de soja también contiene mayor energía digestible y metabolizable que la harina de soja (Oliveira y Stein, 2016).

Se ha observado que la adición de concentrado de proteína de soja a dietas posdestete, a expensas de proteínas animales, no afecta el rendimiento productivo durante las primeras cuatro semanas posdestete (Guzmán et al., 2016; Casas et al., 2017). Además, la adición de concentrado de proteína de soja reduce la incidencia de diarrea posdestete (Guzmán et al., 2016). Por lo tanto, el concentrado de proteína de soja se puede utilizar en las dietas posdestete para reemplazar las proteínas de origen animal.

AISLADO DE PROTEÍNA DE SOJA

El aislado de proteína de soja contiene como mínimo un 80 % de PB (Middelbos y Fahey, 2008). Se produce solubilizando la proteína con un pH ligeramente alcalino y precipitando con ácido el extracto resultante (Berk, 1992). Por consiguiente, la mayoría de constituyentes no proteicos resultan eliminados, consiguiendo un aislado de proteína de soja con muy poca concentración de factores antitripsicos y fibra, y prácticamente sin oligosacáridos (tabla 2). La glicina y β -conglucina también son desactivadas en el proceso, ya que la extracción se hace a temperaturas superiores a los 50 °C (Sissons et al., 1982). La digestibilidad de los AA en el aislado de proteína de soja es similar a la caseína (Cervantes-Pahm y Stein, 2010) y a la harina de soja. Pero el aislado de proteína de soja tiene va-

lores de digestibilidad ileal estandarizada superiores a la harina de soja para algunos AA (Pedersen et al., 2016). El aislado de proteína de soja es bien aceptado por los cerdos en destete (Li et al., 1991) pero su coste de producción es muy elevado y lo hace un ingrediente poco común en la producción porcina.

HARINA DE SOJA FERMENTADA

La harina de soja fermentada es producida mediante la inoculación de una bacteria a la soja convencional, normalmente *Aspergillus oryzae* (Hong et al., 2004). El haba de soja cruda se remoja en agua destilada durante 3 horas y después se coloca en un autoclave a 100-120 °C durante 20 minutos. Se enfría a temperatura ambiente durante 3 horas, y después se inocula con la bacteria para colocarlo en la incubadora durante 48 horas a 30 °C y 90 % de humedad. Después de la fermentación, el haba de soja se seca a 50-60 °C y se muele en un molino (Hong et al., 2004).

La harina de soja fermentada no contiene sacarosa, estiquiosa y rafinosa, debido a que el *Aspergillus oryzae* produce α -galactosidasas durante el proceso de fermentación (Cervantes-Pahm y Stein, 2010). Además, la harina de soja fermentada contiene más materia seca, PB y cenizas que la harina de soja convencional (tabla 2). Sin embargo, la digestibilidad ileal estandarizada de la lisina es menor en la harina de soja fermentada que en la convencional (Cervantes-Pahm y Stein, 2010). El ratio lisina:PB también es menor que en la harina de soja convencional, el concentrado de proteína de soja, el aislado de proteína de soja y la soja tratada enzimáticamente (Pedersen et al., 2016). Esto es debido al secado con calor, que puede dar como resultado un daño térmico de la harina de soja. Este daño térmico puede promover las reaccio-

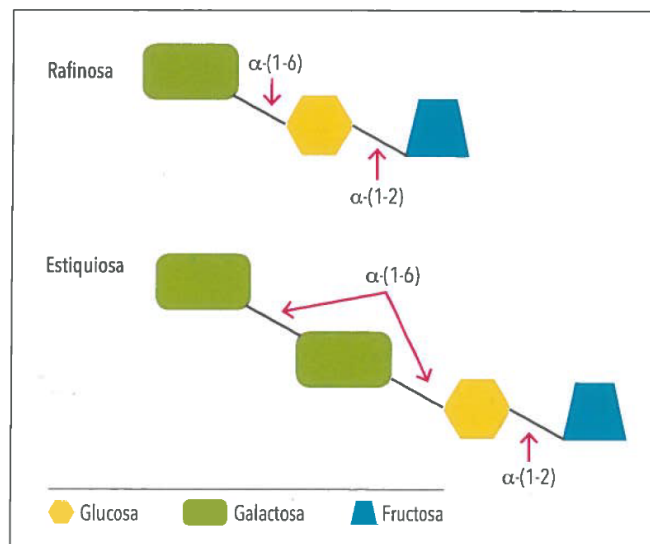


FIGURA 1. Principales oligosacáridos de la harina de soja.

nes de Maillard que destruyen parte de la lisina de la harina de soja fermentada y también pueden reducir la digestibilidad de la lisina (Stein *et al.*, 2009).

La concentración de glicina y β -conglucina en la harina de soja fermentada es similar a la convencional, pero contrasta con el aislado de proteína de soja que tiene una baja concentración de proteínas antigénicas (Cervantes-Pahm y Stein, 2010). La glicina y la β -conglucina reducen la ganancia media diaria y el índice de conversión en cerdos jóvenes (Zhao *et al.*, 2008), y también pueden reducir la altura de las vellosidades en el intestino delgado y disminuir la digestibilidad del nitrógeno (Li *et al.*, 1991).

HARINA DE SOJA TRATADA ENZIMÁTICAMENTE

La harina de soja tratada enzimáticamente se produce tratando la harina de soja descascarillada durante muchas horas con una mezcla de enzimas (Goebel y Stein, 2009). El tratamiento enzimático remueve los azúcares y reduce la concentración de oligosacáridos y de proteínas antigénicas (Cervantes-Pahm y Stein, 2010). Por consiguiente, la concentración de PB y otros nutrientes es mayor en la harina de soja tratada enzimáticamente que en la convencional (tabla 2). Además, no hay diferencias en la digestibilidad ileal

estandarizada de los AA entre la harina de soja convencional y la tratada enzimáticamente (Cervantes-Pahm y Stein, 2010; Pedersen *et al.*, 2016). Muchos estudios han demostrado que la harina de soja tratada enzimáticamente es bien aceptada por los cerdos jóvenes (NRC, 2012). ➤

CONCLUSIÓN

La reducción de oligosacáridos y de proteínas antigénicas en concentrados de proteína de soja, aislados de proteína de soja, harina de soja fermentada y harina de soja tratada enzimáticamente, incrementan el valor nutricional de la soja para cerdos jóvenes. Además, la digestibilidad de los AA es normalmente similar a la harina de soja convencional o algunas veces incluso superior. Como resultado, estos productos de la soja se pueden usar en dietas para lechones posdestete como reemplazantes de la harina de pescado u otras fuentes de proteína animal. Los cerdos no secretan las enzimas digestivas necesarias para hidrolizar los α -galactósidos, por lo que la rafinosa, estiquiosa y verbascosa son consideradas indigestibles.

TABLA 2. Composición nutricional de la harina de soja, el concentrado de proteína de soja, el aislado de proteína de soja, la harina de soja fermentada y la harina de soja tratada enzimáticamente (NRC, 2012).

	HARINA DE SOJA	CONCENTRADO DE PROTEÍNA DE SOJA	AISLADO DE PROTEÍNA DE SOJA	HARINA DE SOJA FERMENTADA	HARINA DE SOJA TRATADA ENZIMÁTICAMENTE
Materia seca %	89,9	92,6	93,7	92,7	92,9
Proteína bruta %	47,7	65,2	84,8	55,6	54,1
Cenizas%	6,3	6,11	4,2	7,1	7,0
Carbohidratos%					
Sacarosa	4,30	0,67	0,13	-	-
Rafinosa	3,78	0,46	-	-	-
Estiquiosa	7,33	0,91	-	-	-
Verbascosa	0,00	-	-	-	-
Aminoácidos%					
Arginina	3,45	4,75	6,14	3,95	3,70
Histidina	1,28	1,70	2,19	1,41	1,37
Isoleucina	2,14	2,99	3,83	2,48	2,55
Leucina	3,62	5,16	6,76	4,09	4,25
Lisina	2,96	4,09	5,19	3,20	3,14
Metionina	0,66	0,87	1,11	0,71	0,75
Fenilalanina	2,40	3,38	4,40	2,78	2,87
Treonina	1,86	2,52	3,09	2,13	2,09
Tryptófano	0,66	0,81	1,13	0,72	0,69
Valina	2,23	3,14	4,02	2,57	2,67