

Composición y valor nutritivo del guisante en la alimentación porcina



Alberto Quiles

Departamento de Producción Animal. Facultad de Veterinaria.
Universidad de Murcia. Campus de Espinardo. 30071-Murcia.
quiles@um.es

Fotos del autor



El valor nutritivo del guisante depende del contenido en factores antinutricionales como los taninos o los inhibidores de la tripsina.

» Introducción

En los piensos compuestos para cerdos la fuente proteica de origen vegetal más utilizada es la harina de soja. Sin embargo, como es el principal subproducto de la extracción de aceite de soja, su coste y disponibilidad están fuertemente relacionados con la evolución de los precios agrícolas en el mercado mundial; los cuales dependen de las variaciones en la población y crecimiento económico, de los cambios en las preferencias en el consumo; así como, de las condiciones climáticas y rendimiento de las cosechas (Gill, 1997 y Trostle, 2008). Por lo tanto, el precio y la disponibilidad de la harina de soja pueden variar rápidamente de un año para otro, por lo que es sumamente interesante introducir en los piensos animales materias primas de origen local como fuentes proteicas, como es el caso de las leguminosas-grano.

Por otra parte, la agricultura ecológica no acepta el uso de subproductos de las semillas de oleaginosas, cuando se someten a procesos de extracción por disolventes, como por ejemplo el hexano, o el uso de materias primas modificadas genéticamente, como la soja; estando, además, prohibida la suplementación con aminoácidos sintéticos para equilibrar la dieta de los cerdos de acuerdo a sus necesidades (IFOAM, 2005). Por lo tanto, es crucial el empleo de determinadas leguminosas para satisfacer las necesidades proteicas y de aminoácidos de los animales en los sistemas de producción ecológica de acuerdo a las normas de la IFOAM (2005). En este sentido, la búsqueda de fuentes proteicas alternativas ha llevado a un creciente interés por el uso de leguminosas-grano, ya que constituyen una importante fuente de proteína vegetal, como es el caso del guisante.

En la alimentación animal, las leguminosas-grano se utilizan principalmente como fuente proteica, pero también como una valiosa fuente de energía, debido a su alto contenido en almidón (habas, guisantes) y lípidos (altramuces) (Gatel, 1994, Bach Knudsen, 1997 y Salgado et al., 2002a). En general, se caracterizan por su capacidad para utilizar el nitrógeno atmosférico en nutriente debido a la simbiosis con bacterias fijadoras de nitrógeno de las especies *Rhizobium* (Sprent y Thomas, 1984 y Zahran, 1999). Por lo tanto, a diferencia de otros vegetales, los cultivos de leguminosas-grano necesitan menos fertilizantes nitrogenados para el crecimiento y el uso de leguminosas en los sistemas de rotación de cultivos reduce la necesidad de estos fertilizantes en los cultivos posteriores (Rochester et al., 1998). Los beneficios del nitrógeno en los sistemas de rotación entre cereales y leguminosas se atribuye no sólo a la transferencia de nitrógeno

fijado biológicamente (Chalk, 1998 y Evans et al., 2001), sino también a la reducción en la inmovilización de nitratos en el suelo durante la descomposición de las leguminosas, en relación a los residuos de cereales (Green y Blackmer, 1995).

Por todo ello, los beneficios en relación al nitrógeno resultan de la combinación de los efectos de las leguminosas como ahorradoras de nitrógeno y de la fijación de nitrógeno bacteriano (Chalk et al., 1993 y Herridge et al., 1995). Además, la rotación de cultivos y los cultivos intercalados con leguminosas pueden proporcionar estrategias eficaces para la supresión de malezas (Liebman y Dyck, 1993 y Bulson et al., 1997). El crecimiento de las malezas y su desarrollo puede ser interrumpido debido a las diversas condiciones de cultivo vigentes en los diferentes cultivos utilizados (por ejemplo, las fechas de las necesidades de fertilizantes, la siembra o la maduración), lo que impide el dominio de sólo unas pocas especies de malas hierbas (Froud-Williams, 1988 y Liebman y Janke, 1990). Debido a estos efectos, el cultivo de leguminosas grano es una parte importante en la rotación de cultivos, especialmente en la agricultura ecológica (Badgley et al., 2007).

A pesar de ello, el uso de leguminosas-grano en la alimentación animal se ha visto obstaculizado, en parte, por la alta concentración de metabolitos secundarios que actúan como factores antinutricionales (FAN), entre los que destacan los taninos, inhibidores de la tripsina, alcaloides, lectinas, saponinas y glucósidos de pirimidina. Los posibles efectos negativos de estos metabolitos secundarios incluyen, el rechazo del pienso (taninos, alcaloides), la reducción de la digestibilidad de nutrientes (taninos, inhibidores de la tripsina, lectinas) o los efectos tóxicos (alcaloides) (Lallès y Jansman, 1998 y Huisman y Tolman, 2001). No obstante, debido al considerable progreso en la Mejora Vegetal, el nivel de metabolitos secundarios en las leguminosas-grano ha disminuido notablemente. Además, hoy en día se dispone de métodos de procesamiento capaces de reducir la presencia de metabolitos secundarios y de polisacáridos no amiláceos (PNA) en las leguminosas-grano, aumentando así su valor nutritivo.

En Europa, las leguminosas-grano más importantes son los guisantes (*Pisum sativum*), las haba (*Vicia faba*) y los altramuces (*Lupinus spp.*). En Europa se cultivan dos subespecies de guisantes: la *Pisum sativum* hortense caracterizada por flores blancas y *Pisum sativum* arvense que muestra flores de color oscuro (Gatel y Grosjean, 1990). Los guisantes se cultivan principalmente para el consumo humano; sin embargo, en los últimos años, son utilizados cada vez más en la alimentación porcina, sobre todo en Canadá, Estados Unidos y Australia.

Composición nutricional

1. Proteína y aminoácidos

Los guisantes contienen 246 g PB/kg MS (Degussa, 2006). Jezierny et al. (2007) reportaron un contenido similar 249 g PB/ kg MS. En comparación con la harina de soja, los guisantes secos contienen un 45% de su contenido (Degussa, 2006) (Cuadro 1).

La proteína de los guisantes se compone principalmente de globulinas (50-65%) y en menor medida de albúminas (20-

para cerdos (Gatel y Grosjean, 1990, Gatel, 1994 y Mekbungwan, 2007). Por lo tanto, cuando se formulan dietas para cerdos que contienen guisantes como fuente de proteína deben suplementarse con otras fuentes proteicas alternativas, como la harina de soja o AA sintéticos, para cumplir las necesidades en cuanto a los AA sulfurados y al triptófano.

2. Lípidos

En general, el contenido en grasa (extracto etéreo) de los guisantes es bajo (15 a 20 g/kg de MS); por lo que está en un rango similar a los valores de la harina de

Cuadro 1

Contenido en proteína bruta y aminoácidos del guisante en comparación con la soja (g/kg MS) (Degussa, 2006).

	Guisante	Soja
Proteína bruta	246	541
Aminoácidos esenciales		
Arginina	21.0	39.7
Histidina	6.0	14.4
Isoleucina	10.0	24.3
Leucina	17.4	40.9
Lisina	17.3	33.1
Metionina	2.2	7.3
Fenilalanina	11.7	27.2
Treonina	9.1	21.3
Triptófano	2.2	7.4
Valina	11.4	25.5
Aminoácidos no esenciales		
Alanina	10.5	23.3
Ácido aspártico	28.2	62.0
Cistina	3.5	8.0
Ácido glutámico	40.0	97.6
Glicina	10.6	23.0
Prolina	10.2	27.5
Serina	11.5	27.3

25%) y de glutelinas (15-20%). Las globulinas están compuestas por dos grandes proteínas caracterizadas por sus coeficientes de sedimentación, denominadas 7S y 11S globulinas (Casey et al., 1986). En los guisantes, las globulinas se llaman vicillina (7S) y legumina (11S), siendo esta última la dominante en el guisante (Gueguen, 1983).

La proteína de los guisantes contiene una cantidad de lisina (80 g/kg de PB) superior a la proteína de soja (69 g/kg de PB). La proporción de treonina (38 a 42 g/kg de PB) es similar a la harina de soja (45 g/kg de PB); sin embargo, existe una deficiencia importante en los aminoácidos (AA) sulfurados metionina y cistina, mientras que el triptófano es algo menos deficiente con respecto a los requerimientos para los cerdos (20 a 50 kg de peso corporal) (Degussa, 2006). De hecho, las semillas de guisantes contienen menos del 50% de los AA en comparación con la harina de soja (Cuadro 1), lo que limita su uso como única fuente proteica en dietas

soja (15-28 g/kg MS) (DLG, 1999 y Jezierny et al., 2007). Sin embargo, existe un acuerdo generalizado de que el extracto etéreo de las leguminosas-grano no representa una medida adecuada para determinar el contenido de lípidos en la composición de los piensos, ya que sus componentes incluyen cantidades significativas de lípidos no nutritivos (ceras, cutina). Mediante la cromatografía de gases se puede obtener una información más detallada sobre el contenido de ácidos grasos (Coxon y Wright, 1985 y Palmquist y Jenkins, 2003). Usando esta técnica, se identificaron como ácidos grasos predominantes en los guisantes el ácido linoleico (480 mg/g de lípidos totales) y el ácido oleico (260 mg/g de lípidos totales), mientras que el contenido de lípidos totales (suma de los ácidos grasos) ascendió a 18 g/kg MS (Bastianelli et al., 1998).

3. Carbohidratos

Dentro de los carbohidratos se incluyen los azúcares de bajo peso molecu-

Cuadro 2

Contenido en extracto etéreo y carbohidratos (g/kg MS) y en energía (MJ/kg MS) en los guisantes comparado con los cereales y la soja (Jeziorny et al., 2007).

	Guisante	Soja	Maíz	Trigo	Centeno	Cebada
Extracto etéreo	14.8-20.0	14.8-28.0	43.8	22.7	18.2	21.3
Carbohidratos						
Azúcares totales ¹	88/102 ²	137	20	19	32	21
Almidón	454/407 ²	27	690	651	613	587
PNA	180/178 ²	217	97	119	152	186
Energía						
ED	16.5	16.4-18.0	16.6	16.0	15.6	14.3
EM	15.1	14.9-16.3	16.1	15.27	14.6	13.7
EN	9.2-10.3	9.1-10.6	11.3	10.6	10.9	11.0

¹ Suma de monosacáridos, sacarosa, rafinosa, estaquinoso y verbascoso.

² Guisantes con flores blancas/guisantes con flores de color.

lar, el almidón y varios polisacáridos no amiláceos (PNA) (Bach Knudsen, 1997). En general, los guisantes son ricos en almidón (478-534 g/kg MS).

Sin embargo, hemos de destacar que el contenido del almidón en leguminosas-grano puede variar en función del método analítico utilizado (Hall et al., 2000). El contenido de lignina en los guisantes es menor (0,4-3 g/kg MS) en comparación con otras leguminosas-grano como el haba o el altramuz (Salgado et al., 2002a). El contenido de hemicelulosa de los guisantes se sitúa en un rango de 23 a 95 g/kg de MS y su contenido en celulosa entre 52 y 77 g/kg de MS (Salgado et al., 2002a, Salgado et al., 2002b).

El contenido en α -galactósidos (estaquinoso, rafinosa y verbarcosa) es de 5-6 g/kg de MS y para la sacarosa de 3-3,5 g/kg de MS.

» Metabolitos secundarios de las plantas

Las leguminosas de grano contienen una serie de metabolitos secundarios de las plantas, también conocidos como sustancias bioactivas, que puede ejercer una amplia gama de efectos, tanto positivos como negativos, en los animales que los consumen (Champ, 2002 y Jamroz y Kubizna, 2008). La mayoría de los metabolitos secundarios de las plantas, como taninos, inhibidores de la proteasa, alcaloides, lectinas, saponinas y glucósidos de pirimidina se han clasificado como factores antinutricionales (Liener, 1989 y D'Mello, 1995), ya que pueden poner en peligro el crecimiento, rendimiento, fertilidad y estado de salud del ganado debido a una variedad de mecanismos subyacentes (Huisman y Tolman, 2001, Brenes et al., 2004 y Pusztai et al., 2004). Estos metabolitos secundarios de las plantas se pueden dividir en dos grandes categorías: un

1. Taninos

Los taninos son compuestos polifenólicos solubles en agua. Se clasifican en dos subgrupos: taninos hidrolizables y taninos no hidrolizables o condensados (proantocianidinas) (Jansman, 1993). Los taninos pueden tener una influencia considerable en el valor nutritivo de las leguminosas-grano, en parte debido a su influencia en la disminución de la palatabilidad por sus propiedades astringentes, como consecuencia de la formación de complejos entre los taninos y las glicoproteínas salivales (Reed, 1995). Debido a esta capacidad de unión a las proteínas, los taninos pueden disminuir la digestión enzimática (Jansman, 1993), provocando un aumento de la secreción de proteínas endógenas (Marquardt, 1989). En este sentido, los taninos reducen la digestibilidad ileal aparente de la proteína bruta (Jansman et al., 1993, Van der Poel et al., 1992 y Grosjean et al., 1998), de los aminoácidos (Jansman et al., 1993), y, en menor medida, de la energía (Grosjean et al., 1998).

Los taninos condensados son los compuestos fenólicos predominantes en

grupo lábil al calor, como los inhibidores de la proteasa y las lectinas, que son sensibles a las temperaturas de granulación del pienso, y un grupo estable al calor como taninos, alcaloides, glucósidos de pirimidina y saponinas, que son estables a las temperaturas del proceso (D'Mello, 1995). El valor nutritivo de los guisantes depende en parte del contenido en estos factores antinutricionales.



Los guisantes pueden incorporarse en los piensos en crecimiento hasta 400 g/kg.

los guisantes (Marquardt et al., 1977 y Bastianelli et al., 1998). Su presencia en las cubiertas de las semillas se limita, fundamentalmente, a los cultivos de flores de color (Griffiths, 1981), con contenidos que van desde 15,7 hasta 35,4 g/kg (Makkar et al., 1997). No obstante, taninos no condensados pueden ser detectados en cultivos de flores blancas (Makkar et al., 1997 y Jezierny et al., 2008). Los taninos condensados dominan claramente en los guisante de flores de color, con nivel 100 veces superior respecto a los guisantes de flores blancas (5.49 vs 0.07 g/kg) (Bastianelli et al., 1998).

2. Inhibidores de las proteasas

El efecto general de los inhibidores de las proteasas es el de reducir la digestibilidad de las proteínas e incrementar las secreciones pancreáticas. Ello es debido a la formación de un complejo estable (enzima-inhibidor) que transita a lo largo del tubo digestivo sin ser atacado, aumentando las pérdidas de material endógeno y causando hipertrofia en el páncreas.

Tradicionalmente, los inhibidores de las proteasas pertenecen a dos clases principales, el inhibidor de tripsina Kunitz, que está presente principalmente en la soja, y el inhibidor de la tripsina/quimotripsina de la familia Bowman-Birk, presente en las leguminosas-grano (Huisman y Tolman, 2001 y Pusztai et al., 2004). En general, la actividad del inhibidor de tripsina (AIT) se utiliza como medida para determinar la actividad

Cuadro 3

Coefficientes de digestibilidad ileal estandarizada para la proteína y los aminoácidos del guisante en comparación con la soja (Jezierny et al., 2009)

	Guisante	Soja
Proteína bruta	0.79	0.87
Aminoácidos esenciales		
Arginina	0.89	0.94
Histidina	0.81	0.89
Isoleucina	0.81	0.91
Leucina	0.80	0.89
Lisina	0.85	0.90
Metionina	0.76	0.91
Fenilalanina	0.82	0.90
Treonina	0.75	0.85
Triptófano	0.67	0.85
Valina	0.78	0.88
Aminoácidos no esenciales		
Alanina	0.76	0.87
Ácido aspártico	0.83	0.89
Cistina	0.67	0.82
Ácido glutámico	0.87	0.91
Glicina	0.73	0.82
Prolina	0.80	0.91
Serina	0.81	0.90

de inhibidor de las proteasas (Struthers et al., 1983, Le Guen, et al., 1995 y Grosjean et al., 2000), que puede se expresa en mg o g de tripsina inhibida (mg o g TI) o como unidad de inhibidor de tripsina (TIU), teniendo en cuenta que 1.90 TIU/mg es equivalente a 1 mg de TI/g (Kakade et al., 1974).

Según Jezierny et al. (2007), los guisantes tienen un bajo nivel de actividad inhibidora de la tripsina (<0,2 a 5,0 mg TI/g de PB). Niveles de actividad de los inhibidores de la tripsina de hasta 3,2 mg de TI/g de dieta no afectó ni a la secreción pancreática de nitrógeno o de proteína ni

Levadura viva para cerdas y lechones

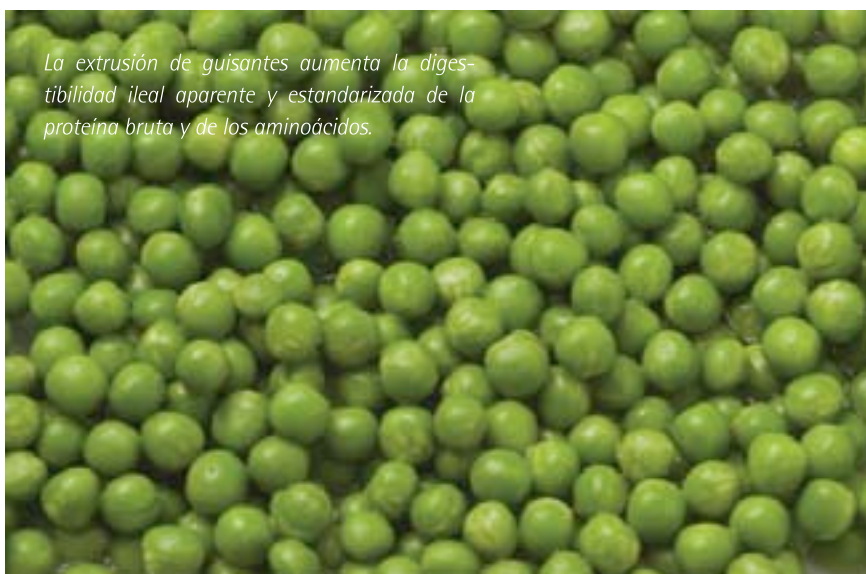
El secreto de mi bienestar interior es gracias a mi madre.



Levucell® SB - *Saccharomyces cerevisiae boulardii* I-1079* :

- protege la fase de parto (menos pérdida de peso, mejora la ingestión),
- proporciona mejor confort para la cerda en la fase del parto (reduce el estrés),
- asegura lechones vigorosos y sanos,
- mejora la homogeneidad de la camada al destete.

*Autorizado UE para cerdas y lechones (E1703).



La extrusión de guisantes aumenta la digestibilidad ileal aparente y estandarizada de la proteína bruta y de los aminoácidos.

a la actividad quimotripsina pancreática en cerdos jóvenes (Gabert et al., 1996). Asimismo, según Batterham et al. (1993), los cerdos en crecimiento pueden tolerar niveles dietéticos de al menos 4,7 mg TI/g, sin repercusiones negativas importantes en la tasa de crecimiento, consumo de alimento e índice de conversión. Dados los niveles de inclusión en la dieta de los guisantes es de suponer que es poco probable que estos niveles de umbral se superen.

3. Lectinas

Las lectinas, también conocidas como fitohemaglutininas, son glicoproteínas con capacidad para aglutinar los glóbulos rojos *in vitro* (Gatel, 1994); característica que puede ser utilizada para identificar y detectar las lectinas en ingredientes alimenticios (D'Mello, 1995). Las lectinas se caracterizan por su gran riqueza en cistina, y en su estructura se encuentran puentes disulfuro que las hacen inatacables por las enzimas digestivas. *In vivo*, las lectinas pueden unirse a los receptores de las células epiteliales de la mucosa intestinal y alterar los procesos digestivos (Gatel, 1994). Otros efectos de las lectinas son cambios en la función intestinal, disminución de la producción de células endocrinas y hormonas intestinales, la interferencia con la ecología bacteriana en la luz intestinal, y el daño a las células de la mucosa (King et al., 1983).

El contenido en lectinas de los guisantes expresada como actividad de lectina o actividad de hemaglutinina, según la literatura científica, es muy variable y poco precisa, debido, en parte, a los diferentes métodos analíticos utilizados para medir la actividad de lectina (Valdebouze et al., 1980, Gatel, 1994 y Champ, 2002); pudiendo dar un rango entre 100 y 400 unidades/mg.

Los guisantes tienen una décima parte de la actividad de lectina con respecto a la soja desengrasada (Valdebouze et al., 1980). La actividad de lectina en otras leguminosas-grano (por ejemplo, frijol)

es 25 veces mayor que en los guisantes (Gupta, 1987).

4. Saponinas

Las saponinas son glucósidos que están presentes en muchos vegetales. Se caracterizan por dar un sabor amargo, y por sus efectos antinutricionales, como consecuencia del aumento de la permeabilidad de las células de la mucosa del intestino delgado, facilitando la absorción de componentes que el intestino normalmente no aceptaría y que, a su vez, puede provocar la inhibición del transporte activo de nutrientes a través de la pared intestinal (Johnsson et al., 1982). Además, tienen una pobre absorción a nivel intestinal, ya que no sólo forma complejos insolubles con 3- β -hidroxiesteroides, sino también grandes micelas mixtas con los ácidos biliares y el colesterol (Pusztai et al., 2004).

En los guisantes se han aislado dos tipos de saponinas: saponina B y 2,3-dihidroxi-2,5 dihidroxi-6 metil-4H-pirano (DDMP). El contenido en saponinas es alto (0,7-1,9 g/kg) (Heng et al., 2006).

La presencia de los factores antinutricionales disminuye el valor nutritivo de los guisantes, pero pueden ser eliminados o reducidos por medio de la tecnología aplicada a los cultivos (Pettersson, 1998; Duc et al, 1999.) o por medio de diferentes procesos tecnológicos, tales como los tratamientos físicos (descascarillado, remojado), tratamientos térmicos (extrusión, cocción) o biológicos (germinación, suplementos de enzimas). En este sentido, varios estudios (Owusu-Asiedu et al, 2002; Stein y Bohlke, 2007), demuestran que los tratamientos de los guisantes consiguen mejorar la digestibilidad del almidón y la proteína en cerdos, lo que puede atribuirse, al menos en parte, a una reducción de los metabolitos secundarios de las plantas. Sin embargo, la elección de la tecnología del procesamiento depende de la disponibilidad de las instalaciones y de las consideraciones económicas.

Los tratamientos térmicos son métodos adecuados para reducir el contenido de la actividad de varios metabolitos secundarios (Alonso et al, 2000; O'Doherty y Keady, 2000; Jiménez-Martínez et al, 2001.), especialmente los termolábiles como los inhibidores de las proteasas o las lectinas, pero también los taninos. Además, como se muestra en los guisantes, los tratamientos térmicos pueden inducir cambios conformacionales en las proteínas de reserva, lo que las hace más accesibles a las enzimas digestivas, y, por lo tanto, se aumenta la digestibilidad de aminoácidos (Van der Poel et al, 1991; Canibe y Eggum, 1997).

Por otra parte, los tratamientos térmicos aumentan la digestibilidad ileal aparente del almidón de los guisantes, debido a una tasa de hidrólisis del almidón por la amilasa pancreática (Freire et al., 1991). Así mismo, la extrusión o la micronización provocan mejoras de 4 a 6 unidades porcentuales en las digestibilidades ileales en la mayoría de los aminoácidos. En este sentido, la extrusión reduce significativamente los niveles de taninos y de los inhibidores de la tripsina, lo que puede contribuir a la mejora de los valores de digestibilidad ileal aparente y estandarizada en guisantes extruidos (O'Doherty y Keady, 2000; Mariscal-Landín, et al, 2002.). En efecto, la extrusión de guisantes a una temperatura de alrededor de 115°C aumenta la digestibilidad ileal aparente y estandarizada de la proteína bruta, de los aminoácidos ayuda y también la digestibilidad del almidón y de la energía en cerdos en crecimiento (Stein y Bohlke, 2007). Del mismo modo, Owusu-Asiedu et al. (2002) reportaron una mejora de la digestibilidad ileal aparente y estandarizada de la proteína bruta y de la mayoría de aminoácidos en lechones destetados cuando eran alimentados con guisantes extruidos a 135°C. Además, el empleo de guisantes extruidos a 130°C durante 30 segundos mejora significativamente la tasa de crecimiento y el índice de conversión en cerdos en crecimiento y finalización en comparación con cerdos alimentados con guisantes sin tratar (O'Doherty y Keady, 2001).

En otro orden de cosas, el cocido en agua desionizada durante 1h (posteriormente poner a remojo durante 8 horas) reduce el contenido de taninos en guisantes de flores de color guisantes de 8,46 a 5,51 g/kg de MS (Pastuszewska et al., 2004).

» Valor nutritivo

1. Digestibilidad de la energía

La fracción de carbohidratos, incluyendo los azúcares de bajo peso molecular, el almidón y diversos polisacáridos no amiláceos (PNA), proporciona una importante fuente de energía. En el Cuadro 2

se muestran los principales componentes energéticos (g/kg MS) y su valor de energía (MJ/kg MS) de los guisantes en comparación con los cereales y la harina de soja. Los cereales, en su fracción de carbohidratos contienen cantidades significativamente mucho más altas de almidón que los guisantes; mientras que éstos tienen cantidades más altas de azúcares totales (total de monosacáridos, sacarosa, rafinosa, estaquiosa y verbascosa) y PNA.

El contenido en energía digestible (ED) de los guisantes es similar al de los cereales.

La digestibilidad ileal aparente de la sacarosa es casi del 100%, mientras que la del almidón se sitúa entre el 85 y el 97% (Freire et al., 1991; Canibe y Eggum, 1997). La extrusión mejora la digestibilidad del almidón.

Por otra parte, Freire et al. (1991) observaron una alta digestibilidad ileal aparente de α -galactósidos de los guisantes cuando se alimenta a los lechones con cantidades de 43 g/kg de dieta. Ello es debido a la producción de α -galactósidas por parte de los microorganismos intestinales.

Respecto a los polisacáridos no amiláceos se observa una baja digestibilidad en el intestino delgado, pero gracias a los procesos de fermentación microbiana en el intestino grueso la digestibilidad total del tracto digestivo puede situarse entre 80 y 87% (Canibe y Eggum, 1997; Stein y Bohlke, 2007).

2. Digestibilidad de los aminoácidos

El principal obstáculo al empleo de guisantes como fuente proteica en los piensos porcinos es su bajo nivel en aminoácidos azufrados (metionina y cistina) y en triptófano en comparación con la harina de soja (Gatel y Grosjean, 1990; Gatel, 1994; Mekbungwan, 2007). Sin embargo, si se complementa adecuadamente con cereales y se suplementa con aminoácidos sintéticos, los guisantes pueden ser incluidos en dietas para cerdos sin ningún tipo de efecto negativo sobre el crecimiento (Stein et al., 2004).

Los guisantes pueden incluirse en los piensos de crecimiento y finalización hasta 400 g/kg, si se emplean variedades de flores blancas con bajo contenido en taninos.

En el Cuadro 3 se muestran los valores de digestibilidad ileal estandarizada para la proteína y los aminoácidos de los guisantes en comparación con la harina de soja, reflejando todos los coeficientes valores más bajos en los guisantes, destacando la baja digestibilidad ileal estandarizada de la metionina, cistina y triptófano. La razón por la que ciertos

AA tienen digestibilidades más bajas que otros puede estar relacionada con su localización en la semilla. En efecto, la albúmina que tiene relativamente una elevada concentración de metionina y triptófano es menos digestible que otras proteínas de la semilla. El valor para la digestibilidad ileal estandarizada de la proteína en este estudio fue once unidades porcentuales menor en comparación con los datos de Kasprovicz y Frankiewicz (2004).

Por otra parte, la digestibilidad ileal estandarizada de la proteína y de los aminoácidos está influida por factores tales como los altos niveles de metabolitos secundarios de las plantas o de fibra (Salgado et al., 2003), y por las pérdidas endógenas de proteínas y aminoácidos (Jansman et al., 1995; Grala et al., 1999). En este sentido, las diferencias encontradas entre autores son debidas, en buena parte, a las variaciones en la composición química de los diferentes cultivos; en particular, en el mayor o menor contenido de metabolitos secundarios de las plantas. Por ejemplo, la digestibilidad ileal estandarizada de la proteína y de los aminoácidos en los guisantes de flores blancas es más alta que en los de flores de color debido a su mayor contenido en taninos (Mariscal Landín et al., 2002; Kasprovicz y Frankiewicz, 2004).

Dentro de los guisantes, la digestibilidad ileal estandarizada de la proteína y de los aminoácidos en los cultivos de primavera es superior a la de los cultivos de invierno, debido su mayor contenido en inhibidores de la tripsina (Mariscal Landín, et al., 2002).

En otro orden de cosas, estudios *in vivo* revelaron que las proteínas de la fracción globulina de guisantes (vicillina y legumina) pueden ser degradadas por las enzimas proteolíticas, mientras que las proteínas de la albúmina (lectina, PA1b, y PA2) son resistentes en el estómago y en el intestino delgado de los cerdos (Salgado et al., 2003; Le Gall et al., 2005). Debido a ello determinadas propiedades estructurales inherentes de las globulinas pueden ser un factor importante que limite su digestión en el tracto gastrointestinal (Carbonaro et al., 2000).

3. Digestibilidad del fósforo

Los guisantes contienen 0,4% de fósforo, del que que aproximadamente entre el 45 y el 52% está ligado a los fitatos, por lo que tiene una baja digestibilidad para los cerdos. Sin embargo el fósforo no ligado es muy digestible, con unos valores de digestibilidad total aparente entre el 42 y el 55%, superiores a los de cereales como el maíz o la harina de soja (Jongbloed y Kemme, 1990; Helander et al., 1996; Stein et al., 2006).

Conclusiones

Se puede concluir que el uso de guisantes como fuente de proteína en dietas para cerdos puede ser limitado, debido a la baja concentración en aminoácidos azufrados y triptófano, en comparación con otras fuentes de proteínas vegetales, como la harina de soja. Por tanto, los guisantes deben ser adecuadamente suplementados con granos de cereales y/o con aminoácidos sintéticos. Otra limitación, que debe tenerse en cuenta cuando se incorporan guisantes a las dietas de cerdos, es su contenido en factores antinutricionales, tales como taninos e inhibidores de las proteasas; si bien ya se disponen de variedades de guisantes con contenidos insignificantes de estos factores y, además, existen diferentes métodos tecnológicos que pueden aplicarse para mejorar el valor nutritivo de los guisantes.

Bibliografía

- Alonso, R., Aguirre, A., Marzo, F., 2000. Effects of extrusion and traditional processing methods on antinutrients and *in vitro* digestibility of protein and starch in faba and kidney beans. *Food Chem.* 68, 159–165.
- Bach Knudsen, K.E., 1997. Carbohydrate and lignin contents of plant materials used in animal feeding. *Anim. Feed Sci. Technol.* 67, 319–338.
- Badgley, C., Moghtader, J., Quintero, E., Zakem, E., Chappell, M.J., Avilés-Vázquez, K., Samulon, A., Perfecto, I., 2007. Organic agriculture and the global food supply. *Renew. Agric. Food Sys.* 22, 86–108.
- Bastianelli, D., Grosjean, F., Peyronnet, C., Duparque, M., Régnier, J.M., 1998. Feeding value of pea (*Pisum sativum* L.). 1. Chemical composition of different categories of pea. *Anim. Sci.* 67, 609–619.
- Batterham, E.S., Saini, H.S., Andersen, L.M., Baigent, R.D., 1993. Tolerance of growing pigs to trypsin and chymotrypsin inhibitors in chickpeas (*Cicer arietinum*) and pigeonpeas (*Cajanus cajan*). *J. Sci. Food Agric.* 61, 211–216.
- Brenes, A., Jansman, A.J.M., Marquardt, R.R., 2004. Recent progress on research on the effects of antinutritional factors in legume and oil seeds in monogastric animals. In: Muzquiz, M., Hill, G.D., Cuadrado, C., Pedrosa, M.M., Burbano, C. (Eds.), *Recent Advances of Research in Antinutritional Factors in Legume Seeds and Oilseeds*. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, pp. 195–217.
- Bulson, H.A.J., Snaydon, R.W., Stopes, C.E., 1997. Effects of plant density on intercropped wheat and field beans in an organic farming system. *J. Agric. Sci.* 128, 59–71.

- Canibe, N., Eggum, B.O., 1997. Digestibility of dried and toasted peas in pigs. 2. Ileal and total tract digestibilities of amino acids, protein and other nutrients. *Anim. Feed Sci. Technol.* 64, 311–325.
- Canibe, N., Bach Knudsen, K.E., 2002. Degradation and physicochemical changes of barley and pea fibre along the gastrointestinal tract of pigs. *J. Sci. Food Agric.* 82, 27–39.
- Carbonaro, M., Grant, G., Cappelloni, M., Pusztai, A., 2000. Perspectives into factors limiting in vivo digestion of legume proteins: antinutritional compounds or storage proteins? *J. Agric. Food Chem.* 48, 742–749.
- Casey, R., Domoney, C., Ellis, N., 1986. Legume storage proteins and their genes. In: Mifflin, B.J. (Ed.), *Oxford Surveys of Plant Molecular and Cell Biology*, vol. 3. Oxford University Press, Oxford, pp. 1–95.
- Chalk, P.M., 1998. Dynamics of biologically fixed N in legume-cereal rotations: a review. *Aust. J. Agric. Res.* 49, 303–316.
- Chalk, P.M., Smith, C.J., Hamilton, S.D., Hopmans, P., 1993. Characterization of the N benefit of a grain legume (*Lupinus angustifolius* L.) to a cereal (*Hordeum vulgare* L.) by an in situ ¹⁵N isotope dilution technique. *Biol. Fertil. Soils* 15, 39–44.
- Champ, M.M.J., 2002. Non-nutrient bioactive substances of pulses. *Br. J. Nutr.* 88 (Suppl. 3), S307–S319.
- Coxon, D.T., Wright, D.J., 1985. Analysis of pea lipid content by gas chromatographic and microgravimetric methods. Genotype variation in lipid content and fatty acid composition. *J. Sci. Food Agric.* 36, 847–856.
- Degussa, 2006. Amino Dat 3.0. The amino acid composition of feedstuffs. 5th rev. ed., Degussa AG, Feed Additives, Hanau, Germany.
- DLG, 1999. Kleiner Helfer für die Berechnung von Futterrationen. Wiederkäuer und Schweine. DLG-Verlag, 10. Auflage, Frankfurt am Main, Germany.
- D'Mello, J.P.F., 1995. Anti-nutritional substances in legume seeds. In: D'Mello, J.P.F., Duc, G., Marget, P., Esnault, R., Le Guen, J., Bastianelli, D., 1999. Genetic variability for feeding value of faba bean seeds (*Vicia faba*): Comparative chemical composition of isogenics involving zero-tannin and zero-vicine genes. *J. Agric. Sci.* 133, 185–196.
- Evans, J., McNeil, A.M., Unkovich, M.J., Fettel, N.A., Heenan, D.P., 2001. Net nitrogen balances for cool-season grain legume crops and contributions to wheat nitrogen uptake: a review. *Aust. J. Exp. Agric.* 41, 347–359.
- Freire, B.J., Aumaitre, A., Peiniau, J., 1991. Effects of feeding raw and extruded peas on ileal digestibility, pancreatic enzymes and plasma glucose and insulin in early weaned pigs. *J. Anim. Physiol. A. Anim. Nutr.* 65, 154–164.
- Froud-Williams, R.J., 1988. Changes in weed flora with different tillage and agronomic management systems. In: Altieri, M.A., Liebman, M. (Eds.), *Weed Management in Agroecosystems: Ecological Approaches*. CRC, Boca Raton, Florida, pp. 213–236.
- Gabert, V.M., Sauer, W.C., Li, S., Fan, M.Z., Rademacher, M., 1996. Exocrine pancreatic secretions in young pigs fed diets containing faba beans (*Vicia faba*) and peas (*Pisum sativum*): nitrogen, protein and enzyme secretions. *J. Sci. Food Agric.* 70, 247–255.
- Gatel, F., 1994. Protein quality of legume seeds for non-ruminant animals: a literature review. *Anim. Feed Sci. Technol.* 45, 317–348.
- Gatel, F., Grosjean, F., 1990. Composition and nutritive value of peas for pigs: a review of European results. *Livest. Prod. Sci.* 26, 155–175.
- Gill, C., 1997. World feed panorama. High cost of feedstuffs: global impact, response. *Feed Intern.* 18, 6–16.
- Grala, W., Verstegen, M.W.A., Jansman, A.J.M., Huisman, J., van Leeuwen, P., 1999. Apparent protein digestibility and recovery of endogenous nitrogen at the terminal ileum of pigs fed diets containing various soyabean products, peas or rapeseed hulls. *Anim. Feed Sci. Technol.* 80, 231–245.
- Green, C.J., Blackmer, A.M., 1995. Residue decomposition effects on nitrogen availability to corn following corn or soybean. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 59, 1065–1070.
- Griffiths, D.W., 1981. The polyphenolic content and enzyme inhibitory activity of testas from bean (*Vicia faba*) and pea (*Pisum* spp.) varieties. *J. Sci. Food Agric.* 32, 797–804.
- Grosjean, F., Bastianelli, D., Bourdillon, A., Cerneau, P., Jondreville, C., Peyronnet, C., 1998. Feeding value of pea (*Pisum sativum* L.). 2. Nutritional value in the pig. *Anim. Sci.* 67, 621–625.
- Grosjean, F., Jondreville, C., Williatte-Hazouard, I., Skiba, F., Carrouée, B., Gatel, F., 2000. Ileal digestibility of protein and amino acids of feed peas with different trypsin inhibitor activity in pigs. *Can. J. Anim. Sci.* 80, 643–652.
- Guéguen, J., 1983. Legume seed protein extraction, processing, and end product characteristics. *Qual. Plant. Plant Foods Hum. Nutr.* 32, 267–303.
- Gupta, Y.P., 1987. Anti-nutritional and toxic factors in food legumes: a review. *Plant Foods Hum. Nutr.* 37, 201–228.
- Hall, M.B., Jennings, J.P., Lewis, B.A., Robertson, J.B., 2000. Evaluation of starch analysis methods for feed samples. *J. Sci. Food Agric.* 81, 17–21.
- Herridge, D.F., Macellos, H., Felton, W.L., Turner, G.L., Peoples, M.B., 1995. Chickpea increases soil-N fertility in cereal systems through nitrate sparing and N₂ fixation. *Soil Biol. Biochem.* 27, 545–551.
- Helander, E., Nasi, M. and Partanen, K. 1996. Effects of supplementary *Aspergillus niger* phytase on the availability of plant phosphorus, other minerals, and nutrients in growing pigs fed on high pea-diets. *J. Anim. Phys. Anim. Nutr.* 76, 66–79.
- Heng, L., Vincken, J.P., van Koningsvele, G., Legger, A., Gruppen, H., van Boekel, T., Roozen, J. and Voragen F. 2006. Bitterness of saponins and their content in dry peas. *J. Sci. Food Agric.* 86, 1225–1231.
- Huisman, J., Tolman, G.H., 2001. Antinutritional factors in the plant proteins of diets for non-ruminants. In: Garnsworthy, P.C., Wiseman, J. (Eds.), *Recent Developments in Pig Nutrition*, vol. 3. Nottingham University Press, Nottingham, pp. 261–322.
- IFOAM (International Federation of Organic Agriculture Movement), 2005. *Basic Standards for Organic Production and Processing*. Version 2005.
- Jamroz, D., Kubizna, J., 2008. Harmful substances in legume seeds - their negative and beneficial properties. *Pol. J. Vet. Sci.* 11, 389–404.
- Jansman, A.J.M., 1993. Tannins in feedstuffs for simple stomached animals. *Nutr. Res. Rev.* 6, 209–236.
- Jansman, A.J.M., Huisman, J., van der Poel, A.F.B., 1993. Ileal and faecal digestibility in piglets of field beans (*Vicia faba* L.) varying in tannin content. *Anim. Feed Sci. Technol.* 42, 83–96.
- Jansman, A.J.M., Verstegen, M.W.A., Huisman, J., van den Berg, J.W.O., 1995. Effects of hulls of faba beans (*Vicia faba* L.) with a low or high content of condensed tannins on the apparent ileal and fecal digestibility of nutrients and the excretion of endogenous protein in ileal digesta and feces of pigs. *J. Anim. Sci.* 73, 118–127.
- Jezierny, D., Mosenthin, R., Eklund, M., Rademacher, M., 2007. Determination of standardized ileal digestibilities of crude protein and amino acids in legume seeds for growing pigs. In: *Proceedings of the 16th International Science Symposium on Nutrition of Domestic Animals*, Radenci, pp. 198–203.
- Jezierny, D., Mosenthin, R., Eklund, M., 2008. Determination of standardized ileal digestibilities of crude protein and amino acids in legume seeds for grower pigs. *Proc. Soc. Nutr. Physiol.* 17, 148.
- Johnsson, I.D., Obst, J.M., Davies, R., 1982. Observations on the use of lupin feeding or exogenous hormones to improve the reproductive performance of stud and commercial ewes in the southeast of South Australia. *Wool Tech. Sheep Breed.* 30, 23–30.
- Jongbloed, A. W. and Kemme, P. A. 1990. Apparent digestible phosphorus in the feeding of pigs in relation to availability, requirement and environment. 1. Digestible phosphorus in feedstuffs from plant and animal origin. *Neth. J. Agric. Sci.* 38, 567–575.

- Kakade, M.L., Rackis, J.J., McGhee, J.E., Puski, G., 1974. Determination of trypsin inhibitor activity of soy products: a collaborative analysis of an improved procedure. *Cereal Chem.* 51, 376–382.
- Kasprowicz, M., Frankiewicz, A., 2004. Apparent and standardized ileal digestibility of protein and amino acids of several field bean and pea varieties in growing pigs. *J. Anim. Feed Sci.* 13, 463–473.
- King, T.P., Begbie, R., Cadenhead, A., 1983. Nutritional toxicity of raw kidney beans in pigs. Immunocytochemical and cytopathological studies on the gut and the pancreas. *J. Sci. Food Agric.* 34, 1404–1412.
- Lallès, J.P., Jansman, A.J.M., 1998. Recent progress in the understanding of the mode of action and effects of antinutritional factors from legume seeds in non-ruminant farm animals. In: Jansman, A.J.M., Hill, G.D., Huisman, J., van der Poel, A.F.B. (Eds.), *Recent Advances of Research in Antinutritional Factors in Legume Seeds and Rapeseed*. Centre for Agricultural Publishing and Documentation (PUDOC), Wageningen, pp. 219–232.
- Le Gall, M., Quillien, L., Guéguen, J., Rogniaux, H., Sève, B., 2005. Identification of dietary and endogenous ileal protein losses in pigs by immunoblotting and mass spectrometry. *J. Nutr.* 135, 1215–1222.
- Le Guen, M.P., Huisman, J., Guéguen, J., Beelen, G., Verstegen, M.W.A., 1995. Effects of a concentrate of pea antinutritional factors on pea protein digestibility in piglets. *Livest. Prod. Sci.* 44, 157–167.
- Liebman, M., Janke, R., 1990. Sustainable weed management practices. In: Francis, C.A., Flora, C.B., King, L.D. (Eds.), *Sustainable Agriculture in Temperate Zones*. John Wiley & Sons, New York, pp. 111–143.
- Liebman, M., Dyck, E., 1993. Crop rotation and intercropping strategies for weed management. *Ecol. Appl.* 3, 92–122.
- Liener, I.E., 1989. Antinutritional factors in legume seeds: State of the art. In: Huisman, J., van der Poel, A.F.B., Liener, I.E. (Eds.), *Recent Advances of Research in Antinutritional Factors in Legume Seeds*. Centre for Agricultural Publishing and Documentation (PUDOC), Wageningen, pp. 6–13.
- Makkar, H.P.S., Becker, K., Abel, H., Pawelzik, E., 1997. Nutrient contents, rumen protein degradability and antinutritional factors in some colour- and white-flowering cultivars of *Vicia faba* beans. *J. Sci. Food Agric.* 75, 511–520.
- Mariscal-Landín, G., Lebreton, Y., Sève, B., 2002. Apparent and standardised true ileal digestibility of protein and amino acids from faba bean, lupin and pea, provided as whole seeds, dehulled or extruded in pig diets. *Anim. Feed Sci. Technol.* 97, 183–198.
- Marquardt, R.R., 1989. Dietary effects of tannins, vicine and convicine. In: Huisman, J., van der Poel, A.F.B., Liener, I.E. (Eds.), *Recent Advances of Research in Antinutritional Factors in Legume Seeds*. Centre for Agricultural Publishing and Documentation (PUDOC), Wageningen, pp. 141–155.
- Marquardt, R.R., Ward, A.T., Campbell, L.D., Cansfield, P.E., 1977. Purification, identification and characterization of a growth inhibitor in faba beans (*Vicia faba* L. var. minor). *J. Nutr.* 107, 1313–1324.
- Mekbungwan, A., 2007. Application of tropical legumes for pig feed. *Anim. Sci. J.* 78, 342–350.
- Miller, P.R., McConkey, B.G., Clayton, G.W., Brandt, S.A., Staricka, J.A., Johnston, A.M., Lafond, G.P., Schatz, B.G., Baltensperger, D.D., Neill, K.E., 2002. Pulse crop adaptation in the northern great plains. *Agron. J.* 94, 261–272.
- O'Doherty, J.V., Keady, U., 2000. The nutritive value of extruded and raw peas for growing and finishing pigs. *Anim. Sci.* 70, 265–274.
- O'Doherty, J.V., Keady, U., 2001. The effect of expander processing and extrusion on the nutritive value of peas for pigs. *Anim. Sci.* 72, 43–53.
- Owusu-Asiedu, A., Baidoo, S.K., Nyachoti, C.M., 2002. Effect of heat processing on nutrient digestibility in pea and supplementing amylase and xylanase to raw, extruded or micronized pea-based diets on performance of early weaned pigs. *Can. J. Anim. Sci.* 82, 367–374.
- Palmquist, D.L., Jenkins, T.C., 2003. Challenges with fats and fatty acid methods. *J. Anim. Sci.* 81, 3250–3254.
- Pastuszewska, B., Vitjzkova, M., Swiech, E., Taciak, M., 2004. Composition and in vitro digestibility of raw versus cooked white and colour flowered peas. *Nahrung/Food* 48, 221–225.
- Petterson, D.S., 1998. Composition and food uses of lupins. In: Gladstones, J.S., Atkins, C., Hamblin, J. (Eds.), *Lupins as Crop Plants: Biology, Production and Utilization*. CAB International, Wallingford, pp. 353–384.
- Pusztai, A., Bardocz, S., Martín-Cabrejas, M.A., 2004. The mode of action of ANFs on the gastrointestinal tract and its microflora. In: Muzquiz, M., Hill, G.D., Cuadrado, C., Pedrosa, M.M., Burbano, C. (Eds.), *Recent Advances of Research in Antinutritional Factors in Legume Seeds and Oilseeds*. Wageningen Academic Publishers, Wageningen, pp. 87–100.
- Reed, J.D., 1995. Nutritional toxicology of tannins and related polyphenols in forage legumes. *J. Anim. Sci.* 73, 1516–1528.
- Rochester, I.J., Peoples, M.B., Constable, G.A., Gault, R.R., 1998. Faba beans and other legumes add nitrogen to irrigated cotton cropping systems. *Aust. J. Exp. Agric.* 38, 253–260.
- Salgado, P., Freire, J.P.B., Mourato, M., Cabral, F., Toullec, R., Lallès, J.P., 2002a. Comparative effects of different legume protein sources in weaned piglets: nutrient digestibility, intestinal morphology and digestive enzymes. *Livest. Prod. Sci.* 74, 191–202.
- Salgado, P., Martins, J.M., Carvalho, F., Abreu, M., Freire, J.P.B., Toullec, R., Lallès, J.P., Bento, O., 2002b. Component digestibility of lupin (*Lupinus angustifolius*) and pea (*Pisum sativum*) seeds and effects on the small intestine and body organs in anastomosed and intact growing pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 98, 187–201.
- Salgado, P., Freire, J.P.B., Ferreira, R.B., Teixeira, A., Bento, O., Abreu, M.C., Toullec, R., Lallès, J.P., 2003. Immunodetection of legume proteins resistant to small intestinal digestion in weaned piglets. *J. Sci. Food Agric.* 83, 1571–1580.
- Sprent, J.I., Thomas, R.J., 1984. Nitrogen nutrition of seedling grain legumes: some taxonomic, morphological and physiological constraints. *Plant Cell Environ.* 7, 637–645.
- Stein, H.H., Benzoni, G., Bohlke, R.A., Peters, D.N., 2004. Assessment of the feeding value of South Dakota-grown field peas (*Pisum sativum* L.) for growing pigs. *J. Anim. Sci.* 82, 2568–2578.
- Stein, H.H., Boersma, M.G. and Pedersen, C., 2006. Apparent and true total tract digestibility of phosphorus in field peas (*Pisum sativum* L.) by growing pigs. *Canadian J. Anim. Sci.* 86, 523–525.
- Stein, H.H., Bohlke, R.A., 2007. The effects of thermal treatment of field peas (*Pisum sativum* L.) on nutrient and energy digestibility by growing pigs. *J. Anim. Sci.* 85, 1424–1431.
- Struthers, B.J., MacDonald, J.R., Dahlgren, R.R., Hopkins, D.T., 1983. Effects on the monkey, pig and rat pancreas of soy products with varying levels of trypsin inhibitor and comparison with the administration of cholecystokinin. *J. Nutr.* 113, 86–97.
- Trostle, R., 2008. Global agricultural supply and demand: Factors contributing to the recent increase in food commodity prices. A Report from the Economic Research Service. United States Department of Agriculture Economic Research Service, Washington, DC.
- Valdebouze, P., Bergeron, E., Gaborit, T., Delort-Laval, J., 1980. Content and distribution of trypsin inhibitors and haemagglutinins in some legume seeds. *Can. J. Plant Sci.* 60, 695–701.
- Van der Poel, A.F.B., Gravendeel, S., van Kleef, D.J., Jansman, A.J.M., Kemp, B., 1992. Tannin-containing faba beans (*Vicia faba* L.): effects of methods of processing on ileal digestibility of protein and starch for growing pigs. *Anim. Feed Sci. Technol.* 36, 205–214.
- Zahrán, H.H., 1999. Rhizobium-legume symbiosis and nitrogen fixation under severe conditions and in an arid climate. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 63, 968–989.