

Composición química e indicadores de calidad del frijol de soya (*Glycine max*) integral procesado con vapor para la alimentación de aves y cerdos

Colina, J., M. León, M. Castañeda, A. Matos

Facultad de Ciencias Veterinarias, Postgrado en Producción Animal, Universidad Central de Venezuela

RESUMEN. Este estudio se realizó para determinar la composición química e indicadores de calidad del frijol de soya (*Glycine max*) integral (FSI) procesado con vapor en un autoclave bajo condiciones estándares de trabajo a 2,30 bar de presión a 103°C/30 min. Se tomaron seis muestras después del procesamiento de cada uno de tres lotes de soya provenientes de Estados Unidos. Se obtuvo la media por lote y general para cada variable con el error estándar (\pm EE). Las medias generales de materia seca, proteína, grasa, fibra, ceniza, Ca y P (g/100 g) y energía bruta (kcal/kg) fueron 91,40 \pm 0,40; 36,82 \pm 0,18; 20,88 \pm 0,49; 6,69 \pm 0,21; 4,80 \pm 0,05; 0,30 \pm 0,06; 0,53 \pm 0,006 y 5732 \pm 44,14, respectivamente. Hubo variaciones entre lotes para materia seca, P ($P < 0,01$), fibra, ceniza y energía bruta ($P \leq 0,05$). Se observó predominio de lisina, arginina y leucina cuyas medias generales fueron 2,26 \pm 0,01; 2,70 \pm 0,01 y 2,81 \pm 0,01, respectivamente. Los ácidos grasos predominantes fueron oleico y linoleico con medias generales (g/100g) de 21,65 \pm 0,12 y 51,07 \pm 0,13, respectivamente. Se observaron variaciones ($P \leq 0,01$) entre lotes en la acidez y en los índices de saponificación, yodo y acidez. Las medias generales para inhibidores de tripsina, solubilidad de la proteína en KOH, actividad de ureasa y lisina reactiva fueron 3,04 \pm 0,36 mg/g de muestra; 80,29 \pm 1,09%; 0,05 \pm 0,01% y 1,87 \pm 0,06%, respectivamente. Aunque hubo variaciones entre lotes para algunos componentes e indicadores de calidad, el FSI procesado con vapor es una fuente proteica de buena calidad, con buen contenido de lisina, grasa, energía bruta y ácidos grasos esenciales para la alimentación de aves y cerdos.

Palabras clave: Lisina, inhibidores de tripsina, subproductos de soya, proteína

SUMMARY. Chemical composition and quality indicators of full-fat soybean steam processed for poultry and swine feeding. This study was conducted to determine the chemical composition and quality indicators of full-fat soybean (*Glycine max*) (FFSB) steam processed in an autoclave under standard conditions of work of 2.30 bar of pressure and 103°C/30 min. Six samples were taken after the processing of each of three soybean batches from the United States. The average was obtained by batch and overall for each variable with the standard error of the mean (\pm SEM). The total averages of dry matter, protein, fat, fiber, ash, Ca and P (g/100g) and gross energy (kcal/kg) were 91.40 \pm 0.40, 36.82 \pm 0.18; 20.88 \pm 0.49, 6.69 \pm 0.21, 4.80 \pm 0.05, 0.30 \pm 0.06, 0.53 \pm 0.006, and 5732 \pm 44.14, respectively. There were variations among batches for dry matter, P ($P < 0.01$), fiber, ash and gross energy ($P \leq 0.05$). There was a predominance of lysine, arginine and leucine (g/100 g) with average of 2.26 \pm 0.01, 2.70 \pm 0.01 and 2.81 \pm 0.01, respectively. The predominant fatty acids (g/100 g) were oleic and linoleic with general averages of 21.65 \pm 0.12 and 51.07 \pm 0.13, respectively. There were variations ($P \leq 0.01$) among batches in acidity and saponification, iodine and acidity index. The average for trypsin inhibitors, protein solubility in KOH, urease activity and reactive lysine were 3.04 \pm 0.36 mg/g of sample; 80.29 \pm 1.09%, 0.05 \pm 0.01% y 1.87 \pm 0.06%, respectively. Although there were variations among batches for some components and quality indicators, the FFSB steam processed is a protein source of good quality with good content of lysine, fat, gross energy and essential fatty acids for feeding poultry and swine.

Key words: Lysine, trypsin inhibitors, soybean sub products, protein

INTRODUCCIÓN

La inclusión de la soya (*Glycine max L.*) como ingrediente proteico principal en las dietas es una práctica común en la industria de alimentos balanceados para aves y cerdos en Venezuela. Antes de su inclusión en las dietas, la soya debe ser procesada para desactivar los factores antinutricionales o metabolitos secundarios presentes en el grano crudo, entre los que destacan los

inhibidores de las enzimas tripsina y quimotripsina (1). Los factores antitripsicos, conjuntamente con la enzima ureasa son termolábiles, por lo que su contenido después de un correcto procesamiento térmico es reducido, para garantizar la calidad óptima de la proteína y disponibilidad de los aminoácidos presentes (2, 3), no obstante, aún después de aplicado el procesamiento térmico pueden persistir factores antinutricionales en el producto afectando su calidad (1, 3), lo que amerita

controlar el procesamiento antes de incluir el frijol de soya integral en las dietas para animales monogástricos.

La harina de soya utilizada tradicionalmente se encuentra en dos formas, la que contiene 44% de proteína cruda (PC) y la decorticada con 48-50% de PC, y el aceite es usualmente extraído por solventes durante el procesamiento (1, 4). No obstante, este proceso de extracción de aceite puede omitirse, lo que representa una alternativa para ajustar la concentración energética de las dietas para aves y cerdos, y bajar el costo de las mismas (5, 6). En Venezuela, la industria de alimentos balanceados para animales utiliza el frijol integral de soya, con alto contenido de aceite, luego de ser expuesto a un proceso con vapor a presión. Aunque, se han realizado estudios en otros países para caracterizar la composición química del frijol de soya integral, en Venezuela, donde la calidad de la materia prima importada puede variar entre lotes, no existen estudios indicativos de la calidad de la harina de soya integral procesada por el método de vapor a presión. Aunque los estudios in vivo con las especies de interés zootécnico son la mejor manera para evaluar la calidad del procesamiento de un ingrediente, los análisis de laboratorio que se realizan para conocer su composición química e indicadores de calidad son una herramienta para la formulación de las dietas de estos animales, ya que aportan información referente al valor nutricional del producto obtenido después de aplicar este tipo de procesamiento. En tal sentido, el objetivo de este estudio fue caracterizar la composición química e indicadores de calidad de la harina de frijol de soya integral procesado con vapor a presión utilizado en dietas para aves y cerdos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Obtención y preparación de las muestras

Para la realización de este estudio se utilizaron muestras de tres lotes (octubre 2012, marzo 2013 y septiembre 2013) de frijol de soya integral, provenientes de Estados Unidos. Los lotes de frijol de soya crudo se recibieron en una planta procesadora ubicada en Valencia, estado Carabobo, Venezuela. Posteriormente, cada lote de frijol integral fue descascarado a través de tres sistemas de pre-limpieza indirecta por medio de 3-5 tubos, intercambiadores de doble pared, y luego fue sometido a cocción durante 30 min en un autoclave

bajo condiciones estándares de trabajo a 2,30 bar de presión y temperatura de 103°C. Al culminar el procesamiento y después del enfriamiento en el silo de recepción, se tomaron seis muestras de cada lote. Se utilizó un calador de celdas divididas para obtener muestreo por estratos, obteniéndose una muestra final de cada lote de 3 kg. Las muestras fueron trasladadas al Laboratorio del Centro de Bioquímica Nutricional de la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Central de Venezuela, donde fueron molidas en un molino de martillo (marca Christy and Norris Limited, modelo Lab Mill) en criba de 1 mm de diámetro, y conservadas (10° C) en envases plásticos herméticos hasta su análisis.

Análisis químicos

Las muestras de frijol de soya fueron analizadas para determinar el contenido de materia seca (método 930.15), grasa cruda (extracción con Soxhlet, método 920.39), proteína cruda (Kjeldahl, $N \times 6.25$, método 976.05), fibra cruda (Fibertec, método 962.09), ceniza (método 942.05), de acuerdo a los procedimientos establecidos en la AOAC (7). La energía bruta se determinó utilizando una bomba adiabática calorimétrica (Parr Instrument Co., Moline, IL). Las fracciones de calcio y fósforo fueron determinadas mediante espectrofotometría de absorción atómica de acuerdo a metodología de Fick et al. (8). El perfil de aminoácidos fue estimado mediante espectroscopia de infrarrojo cercano (NIR). El contenido de algunos ácidos grasos (oleico, linoleico, linolénico y palmítico) se determinó según la metodología de Morrison y Smith (9) utilizando un cromatógrafo de gases AGILENT 6820, equipado con detector de ionización de llama (275 oC). El equipo estaba provisto de una columna capilar (320 μ m de diámetro, 30 m de longitud y 180 °C) empacada con 15% de succinato de dietilenglicol, empleando nitrógeno a 30 ml/min como gas de arrastre. La temperatura de la columna durante los primeros cinco minutos fue de 180°C y la del inyector de 280°C. Se inyectó 1 μ l de cada mezcla de ácidos grasos metilados en KOH 2 N, los cuales fueron identificados por sus tiempos de retención en comparación con los correspondientes patrones.

La acidez y los índices de acidez, peróxidos, saponificación y yodo se determinaron de acuerdo a la metodología propuesta por la AOAC (7). También se determinó la presencia de inhibidores de tripsina (10), la proteína soluble en KOH (11), la cantidad de lisina

reactiva (12) y actividad de ureasa (13). El perfil de metabolitos secundarios fue determinado de acuerdo a lo descrito por Ojeda et al. (14). La presencia o ausencia de estos compuestos se sistematizó a partir de una presencia cuantiosa (+++), moderada (++) o leve (+), o su ausencia (-).

Análisis estadísticos

Los resultados se sometieron a un análisis de varianza para detectar diferencias entre las medias obtenidas para cada lote de soya, usando la rutina de PROC MIXED de SAS (15). Se consideraron diferencias entre lotes con valores de probabilidad $P \leq 0,05$. Además, se condujo un análisis estadístico descriptivo de los resultados mediante PROC MEANS de SAS, obteniéndose la media general de cada variable, la cual se expresó con el respectivo error estándar (\pm EE).

RESULTADOS

Se observaron diferencias entre los lotes del frijol de soya integral con respecto a algunos parámetros de la composición química (Tabla 1). En tal sentido, el contenido de materia seca y fósforo variaron significativamente ($P < 0,01$) al igual que la fibra y la ceniza ($P < 0,05$) mientras que la media general para grasa cruda se ubicó en 20,88 g/100 g sin diferencias entre lotes. La energía bruta fue mayor en el tercer lote ($P = 0,05$) con media de 5732 \pm 44,14 kcal/kg. El contenido de proteína cruda, calcio (Tabla 1) y aminoácidos (Tabla 2) no fue diferente ($P > 0,05$) entre lotes. Se determinó un contenido de 36,82 g/100 g en promedio de proteína cruda y el perfil de aminoácidos característico de la soya integral, con predominio de lisina, arginina y leucina cuyas me-

TABLA 1. Composición química (g/100 g) y energía bruta (kcal/kg) del frijol de soya integral proveniente de tres lotes (octubre 2012, marzo 2013 y septiembre 2013) y procesado con vapor a presión

Variable	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Media General	Valor de P
Materia seca	93,04 \pm 0,50 ^a	91,61 \pm 0,40 ^a	90,09 \pm 0,40 ^b	91,40 \pm 0,40	<0,01
Grasa cruda	21,06 \pm 0,20	20,95 \pm 0,26	20,70 \pm 0,11	20,88 \pm 0,12	0,49
Proteína cruda	37,35 \pm 0,34	36,60 \pm 0,28	36,68 \pm 0,28	36,82 \pm 0,18	0,25
Fibra cruda	6,40 \pm 0,36 ^{ab}	6,23 \pm 0,29 ^a	7,33 \pm 0,29 ^b	6,69 \pm 0,21	<0,05
Ceniza	4,83 \pm 0,08 ^{ab}	4,63 \pm 0,07 ^a	4,96 \pm 0,07 ^b	4,80 \pm 0,05	<0,05
Fósforo	0,53 \pm 0,009 ^a	0,51 \pm 0,007 ^a	0,56 \pm 0,007 ^b	0,53 \pm 0,006	<0,01
Calcio	0,30 \pm 0,05	0,30 \pm 0,04	0,30 \pm 0,04	0,30 \pm 0,006	0,87
Energía bruta	5645,18 \pm 75,37 ^a	5668,48 \pm 61,53 ^a	5872,66 \pm 62,5 ^b	5732 \pm 44,14	0,05

^{ab}Letras diferentes indican diferencias según valor de probabilidad (P) señalado.

TABLA 2. Perfil de aminoácidos (g/100 g) del frijol de soya integral proveniente de tres lotes (octubre 2012, marzo 2013 y septiembre 2013) y procesado con vapor a presión

Aminoácido	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Media General	Valor de P*
Metionina	0,50 \pm 0,004	0,50 \pm 0,003	0,49 \pm 0,003	0,50 \pm 0,002	0,50
Cistina	0,57 \pm 0,005	0,56 \pm 0,004	0,56 \pm 0,004	0,56 \pm 0,003	0,19
Metionina+ Cistina	1,07 \pm 0,01	1,05 \pm 0,008	1,05 \pm 0,008	1,06 \pm 0,005	0,36
Lisina	2,29 \pm 0,02	2,28 \pm 0,01	2,23 \pm 0,01	2,26 \pm 0,01	0,12
Treonina	1,45 \pm 0,01	1,45 \pm 0,01	1,43 \pm 0,01	1,45 \pm 0,006	0,46
Triptófano	0,50 \pm 0,004	0,50 \pm 0,003	0,49 \pm 0,003	0,50 \pm 0,002	0,33
Arginina	2,76 \pm 0,03	2,71 \pm 0,02	2,67 \pm 0,02	2,70 \pm 0,01	0,13
Isoleucina	1,70 \pm 0,02	1,67 \pm 0,01	1,66 \pm 0,01	1,67 \pm 0,009	0,27
Leucina	2,84 \pm 0,03	2,82 \pm 0,02	2,79 \pm 0,02	2,81 \pm 0,01	0,38
Histidina	1,00 \pm 0,008	0,98 \pm 0,007	0,99 \pm 0,007	0,99 \pm 0,004	0,18
Fenilalanina	1,89 \pm 0,02	1,86 \pm 0,01	1,86 \pm 0,01	1,87 \pm 0,01	0,38
Valina	1,76 \pm 0,01	1,74 \pm 0,01	1,73 \pm 0,01	1,74 \pm 0,008	0,34

*Probabilidad

días generales fueron 2,26; 2,70 y 2,81 g/100 g, respectivamente y bajo contenido de metionina con media general de 0,50 g/100 g. En el contenido de ácidos grasos se observó variación ($P < 0,05$) entre lotes para el ácido

linolénico cuyo contenido fue menor en el tercer lote. Los ácidos grasos predominantes fueron los ácidos oleico y linoleico con medias generales de 21,65 y 51,07 g/100 g, respectivamente (Tabla 3). Se observaron

TABLA 3. Algunos ácidos grasos (g/100 g) del frijol de soya integral proveniente de tres lotes (octubre 2012, marzo 2013 y septiembre 2013) y procesado con vapor a presión

Ácido graso	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Media General	Valor de P
Palmítico (16:0)	10,38±0,21	10,91±0,18	10,68±0,18	10,69±0,11	0,20
Oleico (18:1)	21,82±0,25	21,67±0,20	21,50±0,20	21,65±0,12	0,63
Linoleico (18:2)	51,01±0,22	51,43±0,18	50,75±0,18	51,07±0,13	0,06
Linolénico (18:3)	6,58±0,08 ^a	6,93±0,07 ^b	6,82±0,07 ^b	6,80±0,05	0,02

^{ab}Letras diferentes indican diferencias según valor de probabilidad (P) señalado.

TABLA 4. Índices químicos y de calidad del frijol de soya integral proveniente de tres lotes (octubre 2012, marzo 2013 y septiembre 2013) y procesado con vapor a presión

Variable	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Media General	Valor de P
Acidez, % de ácido oleico	2,25±0,22 ^a	1,24±0,22 ^b	1,38±0,18 ^b	1,59±0,16	0,01
Índice de peróxidos, meq O ₂ /kg	7,27±1,52	9,35±1,24	5,17±1,24	7,26±0,85	0,10
Índice de acidez, %	4,48±0,45 ^a	2,48±0,45 ^b	2,74±0,37 ^b	3,16±0,32	0,01
Índice de saponificación, m/g	311,90±12,33 ^a	242,77±10,07 ^b	279,15±10,07 ^c	273,70±9,05	<0,01
Índice de yodo, g/100	238,39±2,60 ^a	246,84±2,12 ^b	232,87±2,12 ^a	239,50±1,98	<0,01
IT, mg /g muestra ¹	2,98±0,67	2,23±0,55	3,91±0,55	3,04±0,37	0,14
Solubilidad de la proteína en KOH, %	81,20±2,23	79,57±1,89	80,40±1,89	80,29±1,09	0,86
Lisina Reactiva, %	1,94±0,12	1,96±0,09	1,74±0,09	1,87±0,06	0,22
Actividad de ureasa, %	0,05±0,02	0,03±0,02	0,05±0,02	0,05±0,08	0,70

^{abc}Letras diferentes indican diferencias según valor de probabilidad (P) señalado

¹Inhibidores de tripsina expresado en miligramos de tripsina pura inhibida/gramo de muestra

TABLA 5. Análisis cualitativo de metabolitos secundarios del frijol de soya integral proveniente de tres lotes (octubre 2012, marzo 2013 y septiembre 2013) y procesado con vapor a presión

Metabolito	Lote 1	Lote 2	Lote 3
Quinonas	-	-	-
Cumarinas	-	-	-
Flavonoides	-	-	-
Prontocianidinas	-	-	-
Catequinas	-	-	-
Cardenolidos	-	-	-
Triterpenos	+	+	+
Esteroides	+	+	+
Saponinas	+	+	+
Aminoácidos no proteicos	+++	+++	+++
Alcaloides	-	-	-
Glucósidos cianógenos	-	-	-
Azúcares reductores	++	++	++

-Ausencia, + Presencia leve, ++ Presencia notable, +++ Presencia cuantiosa

variaciones ($P \leq 0,01$) entre lotes en la acidez (% de ácido oleico) y en los índices de saponificación, yodo y acidez. El índice de peróxidos no varió significativamente entre lotes. La lisina reactiva no varió (Tabla 4), evidenciándose una media general de 1,87%. El resto de los indicadores de calidad de la proteína (Tabla 4) y el análisis cualitativo de los metabolitos secundarios (Tabla 5) presente en el frijol de soya no fue diferente entre lotes. El análisis cualitativo de los metabolitos secundarios, reveló leve presencia de triterpenos, esteroides y saponinas, conjuntamente con presencia cuantiosa y notable de aminoácidos no proteicos y azúcares reductores, respectivamente, en todos los lotes de frijol de soya evaluados.

DISCUSIÓN

Aunque, el contenido de materia seca, fibra,

ceniza y fósforo del frijol de soya integral varió entre lotes, los valores se ubicaron dentro del rango reportado en las tablas internacionales de composición de ingredientes para dietas de animales monogástricos (2, 4), conjuntamente con los valores de proteína, grasa y calcio que no variaron. La energía bruta superó ligeramente los valores de referencia (4) y el contenido de aminoácidos se mantuvo con valores similares entre los lotes de soya integral, y ajustados a los incluidos en las tablas de referencia (2, 4). Los aminoácidos esenciales lisina y arginina que predominaron conjuntamente con la leucina en el frijol de soya integral, son de gran importancia en dietas para monogástricos. La lisina es un aminoácido limitante en dietas para cerdos y aves, mientras que las necesidades de arginina en aves son superiores a las de los mamíferos (5). Cabe destacar que dentro de los valores de referencia, se observó el bajo contenido de metionina, el cual es el aminoácido de mayor importancia en aves, lo que amerita la suplementación de las dietas con este aminoácido (5).

El alto contenido de grasa cruda de la soya integral, conjuntamente con el predominio de los ácidos oleico y linoleico, así como el contenido característico de ácido palmítico del aceite soya, se ubicaron próximos a los reportados en documentos de referencia para la soya integral (4). El ácido linoleico el cual representó la mayor proporción con respecto a los otros ácidos grasos analizados, es un ácido graso poliinsaturado derivado de las plantas y es esencial en la dieta de aves y cerdos ya que interviene en procesos fisiológicos relevantes como el metabolismo de los lípidos, división y diferenciación celular, y función inmune entre otros (4, 16). Este ácido graso, y el alto contenido de ácido linoléico, el cual varió entre lotes pero dentro de los valores de referencia, muestran el alto grado de insaturación de la soya integral procesada. Estos aspectos, conjuntamente con su alto contenido de energía bruta y grasa cruda, indican que la soya integral, una vez sometida a procesamiento con vapor a presión, es un ingrediente de buen valor energético para la alimentación de aves y cerdos, y que permite además, disminuir la adición de grasas o aceites a las dietas de estas especies.

Los valores de la actividad de ureasa y la solubilidad de la proteína en KOH, se ubicaron dentro de lo considerado normal para una soya de buena calidad, tras un óptimo procesamiento (2). En tal sentido, cabe resaltar que la solubilidad de la proteína en KOH es 100% en un producto de soya que no ha sido procesado, y dis-

minuye tras el procesamiento adecuado a valores entre 78 y 84% (17), aunque se consideran valores normales hasta 70 ó 72% para garantizar buen desempeño en el rendimiento de los animales (2, 11), lo que sustenta los resultados para este indicador, los cuales se ubicaron dentro de este rango e indica que la soya integral ha sido procesada adecuadamente (17). Adicionalmente, los valores de los inhibidores de tripsina, no variaron significativamente entre lotes y se ubican dentro del rango tolerable para aves por debajo de 4 mg/kg (6) y de 4,7 mg/kg para cerdos (18). Además, aunque la actividad de ureasa no es un indicador confiable de que una soya integral ha sido sobre procesada (3), comúnmente se consideran valores tolerables desde 0,05 y hasta de 0,20 (2, 17), como se observó en este estudio, lo que indica que se puede incluir en las dietas sin efectos negativos para estos animales.

La estimación de la disponibilidad de la lisina como aminoácido de gran importancia en aves y cerdos para los procesos productivos, es relevante. La determinación de la lisina total, no necesariamente refleja la cantidad de este aminoácido que está disponible para el animal, mientras que el valor de la lisina reactiva, el cual es una estimación *in vitro* de la disponibilidad de este aminoácido (2), representa la cantidad de lisina que puede ser absorbida y utilizada por el animal para la síntesis de proteína (19). La lisina disponible puede ser afectada debido a que durante el procesamiento térmico de los ingredientes proteicos, pueden ocurrir las reacciones de Maillard, caracterizada por la formación de complejos de este aminoácido con los carbohidratos, e involucra la interacción de un azúcar reductor con el grupo *e*-amino de la lisina (2, 19, 20). De acuerdo a los valores obtenidos, se puede inferir que estas reacciones no afectaron la calidad de la harina de soya integral procesada, ya que se ha señalado que cuando no ha ocurrido reacción de Maillard, los valores de lisina total son muy cercanos a los de la lisina disponible o reactiva (21) como se observó en este estudio.

Los valores de acidez, índices de acidez, peróxidos, yodo y saponificación, en general, fueron muy elevados con respecto a los establecidos para el aceite de soya en la Norma COVENIN 744: 1999 (22). Aunque los productos de soya son de fácil manejo, los elevados valores de estos índices son indicativos de la susceptibilidad a oxidación de los lípidos presentes en el frijol de soya integral, lo que puede atribuirse al almacenamiento prolongado del frijol entero (2), el cual, al no

ser sometido al proceso de extracción del aceite con solventes, expone los lípidos a un deterioro químico, resultado de la oxidación, conocido como rancidez, siendo una de las principales causas de la pérdida de calidad de ingredientes con alto contenido de grasa (4). En tal sentido, es de gran relevancia garantizar óptimas condiciones de almacenamiento del frijol de soya integral antes y después de su procesamiento, y evaluar los indicadores de calidad de esta fuente lipídica, lo cual determina en gran parte el aporte energético del ingrediente a la dieta.

Cabe destacar la presencia de algunos metabolitos secundarios en los lotes de frijol de soya procesados, que en cierta forma son indicativos de la calidad de la proteína. Los triterpenos se encuentran ampliamente distribuidos en las plantas, están relacionados con los esteroides y pueden encontrarse tanto en forma libre como asociados con azúcares o aminoácidos (23). Además, aunque se observó la presencia de azúcares reductores, los cuales pueden estar involucrados como se señaló previamente, en las reacciones de Maillard asociadas a un inadecuado procesamiento y comprometiéndolo la disponibilidad de la lisina para el animal (19, 20), los indicadores de calidad de la proteína mostraron que estas reacciones no ocurrieron.

Por otra parte, las saponinas, también ampliamente distribuidas en el reino vegetal, y particularmente en las plantas de soya, son glucósidos triterpenoides, cuya presencia puede producir sabor amargo en el alimento, disminuir el consumo de alimento y causar irritación del tracto gastrointestinal de los animales, aunque en las plantas de soya no se encuentran en cantidades suficientes (23) para causar efectos adversos.

CONCLUSIÓN

Aunque se observaron variaciones entre lotes en el contenido de materia seca, fibra cruda, ceniza, fósforo, ácido linolénico y energía bruta, de la harina de frijol de soya integral procesado con vapor, los valores se ubicaron dentro de los rangos de referencia. El frijol de soya integral procesado con vapor es una fuente proteica de buena calidad, con buen contenido de lisina, grasa, energía bruta y ácidos grasos esenciales para la alimentación de aves y cerdos. No obstante, el evidente contenido de lípidos del frijol de soya integral, lo cual pudiera contribuir a ajustar la densidad energética de la dieta, lo hace susceptible a presentar altos índices de

oxidación aunado a su nivel de insaturación, lo cual amerita atención al momento de su uso en las dietas terminadas.

AGRADECIMIENTO

Al Consejo de Desarrollo Científico Humanístico de la Universidad Central de Venezuela (CDCH-UCV) por proveer el financiamiento para la ejecución de este estudio a través del Proyecto: PG-8192-2011.

REFERENCIAS

1. Mirghelenj SA, Golian A, Kermanshahi H, Reza Raji A. Nutritional value of wet extruded full-fat soybean and its effects on broiler chicken performance. *J Appl Poult Res.* 2013; 22:410–422.
2. FEDNA. Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos. Fundación Española para el Desarrollo de la Nutrición Animal. (Eds. De Blas, C., G. Mateos y P. Rebollar). 3era Edic. Madrid, España; 2010. 502 pp.
3. Palić DV, Lević JD, Sredanović SA, Đuragić OM. Quality control of full-fat soybean using urease activity: critical assessment of the method. *Acta Periodica Technol.* 2008; 39:47-53.
4. Nutrient requirements of swine. NRC. 2012. 11th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.
5. Stein HH, Berger LL, Drackley JK, Fahey GC, Hernot DC, Parsons CM. Nutritional properties and feeding values of soybeans and their coproducts. 2008. Page 613–660 in *Soybeans, Chemistry, Production, Processing, and Utilization*. A. Johnson, P. J. White, and R. Galloway, ed. AOCS Press, Urbana, IL.
6. Clarke E, Wiseman J. 2007. Effects of extrusion conditions on trypsin inhibitor activity of full fat soybeans and subsequent effects on their nutritional value for young broilers. *Br Poult Sci.* 2007; 48:703-712.
7. AOAC. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemist. 15th ed. Washington D.C., USA. 1990.
8. Fick K, McDowell P, Miles N, Wilkinson J, Funk J, Conrad J. Métodos de análisis de minerales para tejidos de plantas y animales. 2ª Ed. Universidad de Florida, Gainesville, U.S.A. Mimeo; 1979.
9. Morrison WR, Smith ML. Preparation of fatty acid methyl ester and dimethylacetals from lipids with boron fluoride-methanol. *J Lipid Res.* 1964; 53: 600-608.
10. Hamerstrand GE, Black LT, Glover JD. Trypsin inhi-

- bitors in soy products: modification of the standard analytical procedure. *Cereal Chem.* 1981; 58: 42-45.
11. Araba M, Dale N. Evaluation of protein solubility as an indicator of overprocessing of soybean meal. *Poult Sci.* 1990, 69: 76-83.
 12. Viroben S. Estimation rapide de la lysine dansle aliments pour animanx. *Reune Alimentation Animale* 1990; 69:78-86.
 13. COVENIN 1270:1980. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Alimentos para animales. Determinación de la actividad de ureasa. Caracas, Venezuela. pp. 9.1980.
 14. Ojeda A, Obispo N, Gil JL, Matute I. Perfil cualitativo de metabolitos secundarios en la fracción comestible de especies leñosas seleccionadas por vacunos en un bosque semicaducifolio. *Pastos y Forrajes* 2015; 38:64-72.
 15. SAS Institute Inc. Statistical Analysis System, SAS 9.1, Cary, NC, USA: SAS Institute; 2004.
 16. Lin X, Azain M, Odle J. Lipids and lipid utilization in swine. In: *Sustainable swine nutrition*. Chiba L, Editor. Oxford, United Kingdom. p 59-79. 2013.
 17. Dozier WA, Hess JB. Soybean Meal Quality and Analytical Techniques, *Soybean and Nutrition*. 2011. (Cited: January 20, 2016). Available in: <http://www.intechopen.com/books/soybean-and-nutrition/soybean-meal-quality-and-analytical-techniques>.
 18. Batterham ES, Saini HS, Andersen M, Baigen RD. Tolerance of growing pigs to trypsin and chymotrypsin inhibitors in chickpeas (*Cicer arietinum*) and pigeonpeas (*Cajanus cajan*). *J Sci Food Agric.* 1993; 61:211-216.
 19. Kim BG, Kil DY, Zhang Y, Stein HH. Concentrations of analyzed or reactive lysine, but not crude protein, may predict the concentration of digestible lysine in distillers dried grains with solubles fed to pigs. *J Anim Sci.* 2012; 90:3798-3808.
 20. Hurrell RF, Carpenter KJ. The estimation of available lysine in foodstuffs after Maillard reactions. In: Eriks-son, L. (Ed) *Progress in Food and Nutrition Science*. Vol 5. Maillard reactions in food. Pergamon Press, Oxford. U.K. 159-177 pp. 1981.
 21. Peterson WR, Warthesen JJ. Total and available lysine determinations using high pressure liquid chromatography. *J. Food Sci.* 1979; 44:994-997.
 22. COVENIN 744:1999. Comisión Venezolana de Normas Industriales. Aceite comestible de soya. Caracas, Venezuela. pp. 8. 1999.
 23. Marcano D, Hasegawa M. *Fotoquímica orgánica*. 2a. ed. Universidad Central de Venezuela. Consejo de Desarrollo Científico y Humanístico, Caracas, Venezuela. 2002. 588 pp.

Recibido: 09-07-2016

Aceptado: 17-11-2016