






Soya (*Glycine max*) termoprocesada entera o molida en la digestibilidad *In vitro*, balance de nitrógeno y comportamiento productivo en corderas

Whole or ground thermoprocessed soybean (*Glycine max*) in *in vitro* digestibility, nitrogen balance and productive behavior in lambs

Carolina Tovilla-Esponzoa¹, Héctor Aarón Lee-Rangel^{1*} , Pedro Abel Hernández-García³ , César Rosales-Nieto¹ , José Alejandro Roque-Jiménez¹ , José Luis Ponce² 

¹Facultad de Agronomía y Veterinaria, Universidad Autónoma de San Luis Potosí, Carretera San Luis -Matehuala Km 14.5, Ejido Palma de la Cruz. CP. 78321. Soledad de Graciano Sánchez, S.L.P., México.

²Escuela Superior de Medicina Veterinaria y Zootecnia No. 3, Universidad Autónoma de Guerrero. CP. 40660. Tecpan de Galeana, Guerrero, México.

³Centro Universitario Amecameca, Universidad Autónoma del Estado de México, Carretera Amecameca - Ayapango Km 2.5 Centro. CP. 56900. Edo. México, México.

*Autor de correspondencia: hector.lee@uaslp.mx

Nota científica recibida: 09 de abril de 2019 **aceptada:** 09 de junio de 2019

RESUMEN. El objetivo fue evaluar el beneficio de los procesamientos térmicos de harina de soya integral (HSI), grano de soya termoprocesado (GST) en comparación con pasta de soya (PS) en dietas para corderas en crecimiento. El experimento evaluó el uso de HSI, GST en comparación con PS, utilizando 27 corderas con peso inicial de 30.4 ± 0.63 kg, asignadas de forma aleatoria en uno de tres tratamientos ($n = 9$) (HSI, GST y PS). El diseño experimental y análisis de varianza fue completamente al azar, la comparación de medias se realizó mediante la prueba Tukey. El uso de HSI y GST mejoró el consumo de materia seca, ganancia diaria de peso y la conversión alimenticia fueron mayores ($p < 0.05$). La HSI incrementó la retención de nitrógeno. Las diferencias entre las fracciones proteicas no mostraron diferencias significativas. El uso de soya termoprocesada (HSI y GST) mejora la productividad de corderas en crecimiento.

Palabras clave: Corderas, crecimiento, metabolismo del nitrógeno, productividad, termo proceso, soya termoprocesada.

ABSTRACT. The objective was to evaluate the benefit of thermal processing of whole soybean meal (WSM) and thermoprocessed soybean grain (TSG) compared to soybean paste (SP) in diets for growing lambs. The experiment evaluated the use of WSM and TSG compared to SP, using 27 lambs with an initial weight of 30.4 ± 0.63 kg, randomly assigned in one of three treatments ($n = 9$) (WSM, TSG and SP). The experimental design and analysis of variance were completely randomized, and the comparison of means was performed using the Tukey test. The use of WSM and TSG improved dry matter consumption, daily weight gain and feed conversion ($p < 0.05$). WSM increased nitrogen retention. Differences between protein fractions showed no significant differences. The use of thermoprocessed soybean (WSM and TSG) improves the productivity of growing lambs.

Key words: Lambs, growth, nitrogen metabolism, productivity, thermoprocessing, thermoprocessed soybean.

INTRODUCCIÓN

El desempeño productivo de los rumiantes está relacionado con la calidad nutricional de los alimentos (Omar 2002). El desarrollo de los tratamientos termo-mecánicos y de extrusión afectan la calidad de los productos, razón por la que se encuentran en progreso constante (Tran *et al.* 2008).

En el caso de la industria ovina el grano crudo de soya (*Glycine max*) se utiliza como ingrediente con alto contenido de proteína, lípidos (20%), energía (3.6 Mcal kg^{-1}), equilibrio de aminoácidos y fitoquímicos esenciales, principalmente isoflavonas, aunque es conocido que estos cuentan con factores antitricionales, como los inhibidores de tripsina y serina proteasa, limitantes en la digestibilidad de proteínas,

aumento del tamaño de páncreas, obstrucción de la pared intestinal, y factores que limitan la absorción de las fracciones proteicas (Antunović *et al.* 2009, Frias *et al.* 2016, Mukherjee *et al.* 2016). Es por ello que es necesaria la aplicación de un proceso térmico adecuado, estos procesos pueden variar considerablemente dependiendo los procedimientos y las condiciones del procedimiento (De Almeida *et al.* 2017). Diversas técnicas han sido desarrolladas para incrementar la tasa de aprovechamiento de los nutrientes en los granos (Lee-Rangel *et al.* 2010). Un proceso térmico ideal debería inactivar de forma significativa o total microorganismos, factores antinutricionales, y al mismo tiempo mantener la biodisponibilidad de las proteínas en el producto (Ghafoor *et al.* 2011).

La eficiencia de los procesos térmicos en la soya depende de la combinación de la temperatura, tiempo, contenido de humedad y tamaño de partícula (Camilo *et al.* 2015). Uno de los resultados de estos procesos es la obtención de frijol de soya termoprocesados, aceites y subproductos como la pasta de soya y la harina integral de soya, las dos son fuentes de proteína y energía; actualmente la pasta de soya se utiliza en la alimentación animal, mientras que la harina de soya integral en menor proporción (Ghafoor *et al.* 2011). La pasta de soya es un subproducto de la industria del aceite que se obtiene de manera mecánica o por dilución en solvente, su contenido de proteína cruda varía de 410 a 500 g kg⁻¹ MS⁻¹ dependiendo del proceso, además de proteínas también contiene casi todos los aminoácidos esenciales y no esenciales; aunque cuenta con factores antinutricionales como los inhibidores de tripsina y serina proteasa que se asocian con baja reproducción en los animales, distensión estomacal, afectaciones pancreáticas, aglutinación de glóbulos rojos y disminución en la asimilación de nutrientes (Song *et al.* 2010). En la actualidad, no hay estudios sobre los efectos del uso de GST y HSI en dietas para pequeños rumiantes. Por lo que el objetivo del estudio fue evaluar el efecto de harina de soya integral (HSI), grano de soya termoprocesado (ST) y pasta de soya (PS) en parámetros productivos, balance de nitrógeno, fracción proteica y digestibilidad de las dietas en la alimentación de corderas en crecimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

El estudio se realizó en las instalaciones de la unidad de Ovinos de la Facultad de Agronomía y Veterinaria de la Universidad Autónoma de San Luis Potosí, ubicada en el Ejido Palma de la Cruz, Soledad de Graciano Sánchez, San Luis Potosí.

En el experimento de crecimiento se utilizaron 27 corderas primiparas de la raza Rambouillet con peso vivo (PV) de 30.4 ± 0.63 kg, las cuales se identificaron, pesaron y ubicaron en jaulas individuales (0.80 x 1.2 m) con comedero y bebedero; y se ubicaron en un cobertizo de acuerdo con las Normas Oficiales Mexicanas NOM-051-ZOO-1995 y NOM-062-ZOO-1999 (SAGARPA 1995, SAGARPA 1999). Los animales se asignaron de forma aleatoria a tres dietas experimentales (Tabla 1). Las presentaciones de la pasta de soya en la dieta fueron soya integral (HSI), frijol de soya termoprocesado (GST) y pasta de soya (PS). Las dietas se elaboraron cada 10 días. Los alimentos y agua fresca se ofrecieron dos veces al día (08:00 y 18:00 h) a libre acceso para asegurar un rechazo de 10%. El periodo de adaptación a las dietas fue de 5 días y la evaluación experimental de 35 días.

Cada 10 días, el peso vivo se registró desde el inicio hasta el final de la evaluación. La ganancia diaria de peso se calculó como la diferencia entre el peso inicial y el peso final entre el número de días transcurridos. El consumo de alimento se midió todos los días. La conversión alimenticia se calculó al dividir el consumo de materia seca entre la ganancia de peso de cada periodo.

Se tomaron muestras de 500 g de las dietas experimentales, las cuales se mezclaron para obtener muestras compuestas en cada uno de los cuatro periodos experimentales. Las muestras de alimento se secaron en estufa de aire forzado a 60 °C por 48 h, se molieron en malla de 10 micras y se determinó el contenido de materia seca (MS) y cenizas por pérdida de peso después de desecación de la muestra a 75 °C por 24 h, seguida de incineración en una mufla a 500 °C por 5 h. Las muestras se analizaron de acuerdo con la metodología AOAC (2016) para materia seca (MS), proteína cruda (PC),

Tabla 1. Ingredientes y análisis proximal de las dietas experimentales.

| Ingredientes (porcentaje MS) | Pasta de soya | Frijol soya | Soya integral |
|---|---------------|-------------|---------------|
| Rastrojo de maíz (<i>Zea mays</i>) | 10 | 10 | 10 |
| Maíz molido | 23 | 25 | 25 |
| Maíz hojuela | 10 | 10 | 10 |
| Sorgo (<i>Sorghum bicolor</i>) molido | 23 | 25 | 25 |
| Semilla de soya (<i>Glycine max</i>) Termoprocesado | 20 | | |
| Harina de soya integral | | 16 | |
| Pasta de soya | | | 16 |
| Melaza | 12 | 12 | 12 |
| Sales minerales ^o | 2 | 2 | 2 |
| Composición química (MS kg ⁻¹) | | | |
| Materia seca | 88.4 | 88.18 | 87.9 |
| Proteína cruda | 13.9 | 14 | 13.9 |
| Extracto etéreo | 4.95 | 5.16 | 4.42 |
| Fibra detergente ácido | 20.5 | 19.8 | 20.1 |
| Energía Metabolizable Mcal kg ⁻¹ | 2.6 | 2.6 | 2.6 |

^oVitalal Engorda Ovino Plus[®] cada kg contiene: 27, 3, 0.75, 6.55, 10 y 0.05% de Ca, P, Mg, Na, Cl y K: 42, 2000, 35000, 2000, 978, 3000, 50, 20 y 15 ppm de S, lasolacida, vitamina A, Mn, Fe, Zn, Y, Se y Co; 150000 y 150 UI de vitamina D y vitamina E.

extracto etéreo (EE), mientras que la fibra detergente neutro (FDN) se determinó de acuerdo con Van Soest *et al.* (1991) agregando 1 ml de amilasa en el procedimiento.

Al finalizar el ensayo de crecimiento, se colectaron heces y orina durante cinco días consecutivos. Los 20 mL de orina colectados se conservaron agregando 1 mL de ácido sulfúrico (30%), mientras que las heces (15 g) se tomaron de forma directa del recto y se secaron en estufa a 60 °C, para luego almacenarlas hasta su análisis.

La digestibilidad de las muestras de alimento (DIVMS) se evaluó por el método de digestibilidad *in vitro* (Tilley y Terry 1963), el medio de incubación (líquido ruminal) fue obtenido de las corderas durante el periodo de adaptación a las dietas mediante sonda esofágica, los tiempos de evaluación fueron 1, 3, 6, 12, 24, 48, 72 h.

Los datos que se obtuvieron de la cinética de degradación de la PC se determinaron por el modelo de Orskov y McDonald (1979):

$$p = a + b(1 - e^{-ct})$$

Dónde: p es la degradabilidad en el tiempo, a es la fracción rápidamente soluble, b la fracción potencialmente degradable, c es la tasa de degradación constante de b, t el tiempo de incubación en horas, y

e la base de los logaritmos naturales.

Los resultados se analizaron de acuerdo a un Diseño Completamente al Azar donde los tratamientos se consideraron como efectos fijos. Las medias se compararon con la prueba Tukey a una probabilidad de $p \leq 0.05$. Los datos se analizaron con el programa JMP 7 de SAS (Sall *et al.* 2012).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La DIVMS no presentó diferencias ($p < 0.05$) entre tratamientos. La fracción potencialmente degradable de proteína (b) es diferentes ($p < 0.05$) entre los tratamientos, las diferencias y cambios estructurales causados por los tratamientos a la soya puede influir en las fracciones de la proteína (Tabla 2). El consumo diario de alimento, la ganancia diaria de peso y la conversión alimenticia fueron superiores para las dietas con frijol de soya termoprocesado y harina de soya integral respecto a la dieta formulada con pasta de soya (Tabla 3). El consumo diario de alimento podría disminuir en raciones que contienen cereales termoprocesados debido a un incremento en la densidad de la matriz de almidón por el proceso de gelatinización, lo que ocasiona un incremento en el volumen comparado con los granos crudos (Beloshapka *et al.* 2016). En la presente investigación se observa un incre-

mento en el consumo diario de alimento, lo que concuerda con lo reportado por Giallongo *et al.* (2015) quienes observaron un mayor consumo en ganado lechero alimentado con soya termoprocesada, Mientras que Sadr-Arhami *et al.* (2019) mencionan que la relación forraje:concentrado, tipo de forraje, tamaño de partícula e incluso tamaño de bocado puede afectar el consumo independientemente de si se utiliza soya termoprocesada en las dietas.

Tabla 2. Digestibilidad de total MS *in vitro* (%) de dietas con pasta de soya, soya integral y soya termoprocesada como base en borregos Rambouillet.

| Tiempo/horas | PS | GST | HSI | EEM [□] |
|-----------------------------|--------------------|--------------------|---------------------|------------------|
| 1 | 19.7 | 20.8 | 21.3 | 2.25 |
| 3 | 28.07 | 28.3 | 29.4 | 0.84 |
| 6 | 33.3 | 33.5 | 32.6 | 1.19 |
| 12 | 37.2 | 37.2 | 38.5 | 0.96 |
| 24 | 42.5 | 44.3 | 45.1 | 8.78 |
| 48 | 47.3 | 48.6 | 49.8 | 11.20 |
| 72 | 51.5 | 52.1 | 54.1 | 6.86 |
| Fraccionamiento de proteína | | | | |
| a, % | 6.94 | 7.18 | 7.23 | 0.98 |
| b, % | 61.96 ^b | 60.05 ^a | 60.61 ^{ab} | 4.09 |
| c, horas | 0.08 | 0.09 | 0.09 | 0.007 |

□ EEM = Error estándar de la media, ^{a,b,c} Diferente literal entre filas indica diferencia estadística ($p < 0.05$)
a es la fracción rápidamente soluble, b la fracción potencialmente degradable, c es la tasa de degradación constante de b.

Tabla 3. Variables productivas de borregas Rambouillet alimentadas con pasta de soya, soya integral y soya termoprocesada en la dieta.

| | PS | GST | HSI | EEM [□] |
|--|----------------------|----------------------|----------------------|------------------|
| Peso Inicial (kg). | 30.94 | 29.83 | 30.5 | 2.9 |
| Consumo de alimento (g día ⁻¹). | 1183.98 ^b | 1370.57 ^a | 1338.65 ^a | 273.8 |
| Ganancia diaria de peso (g día ⁻¹) | 173.23 ^a | 316.66 ^b | 304.44 ^b | 0.14 |
| Conversión alimenticia | 6.83 ^a | 4.32 ^b | 4.39 ^b | 1.09 |

□ EEM = Error estándar de la media, ^{a,b,c} Diferente literal entre filas indica diferencia estadística ($p < 0.05$).

El nitrógeno consumido, nitrógeno en orina, nitrógeno en excretas y nitrógeno retenido fueron diferentes estadísticamente ($p < 0.05$) (Tabla 4) entre tratamientos. Las borregas alimentadas con dietas que contenían pasta de soya y soya integran muestran un menor consumo de nitrógeno, sin embargo, la dieta con grano de soya termoprocesado tiene un consumo de nitrógeno hasta 50% superior, respecto a los otros tratamientos. La dieta que contenía soya

integral mostró menor concentración de nitrógeno en orina (3.84 g día⁻¹), similar a la dieta con pasta de soya (4.37 g día⁻¹), la cantidad de nitrógeno excretado mostró variabilidad entre los tratamientos, con diferencias de aproximadamente 150% (grano de soya respecto a soya integral). En los granos de oleaginosas los tratamientos térmicos pueden generar condiciones propicias para la absorción de nutrientes, estos procesos resultan en enlaces entre carbohidratos solubles y aminoácidos libres, por lo que disminuye la solubilidad de las proteínas y aumenta la proteína de sobrepaso a nivel ruminal, de esta forma más proteínas llegan con su estructura intacta hasta el intestino delgado (Rafiee-Yarandi *et al.* 2016), lo que puede mejorar el crecimiento de los animales (Antunović *et al.* 2009). También las ganancias diarias de peso fueron superiores para los tratamientos con soya termoprocesada y soya integral respecto a la dieta con pasta de soya (316.66 y 304.44 vs 173.23 g día⁻¹, respectivamente). Al respecto Pajak *et al.* (2001) reportan ganancias diarias de peso de 234 g día⁻¹ para borregos con dietas que contenían semillas de girasol termoprocesadas, las que fueron superiores al tratamiento testigo (186 g día⁻¹). De esta manera, los tratamientos con pasta de soya termoprocesada y soya integral fueron superiores para consumo de materia seca y ganancia diaria de peso. Los granos termoprocesados tienen una mejor digestibilidad, debido a que durante el proceso de extrusión los granos se humedecen, de esta manera los componentes de almidón se gelatinizan, así como también algunos componentes proteicos se ven afectados en la elasticidad de sus enlaces (Antunović *et al.* 2009), con lo que se tiene un mayor aporte de nutrientes resultando una mejor eficiencia alimenticia.

La cantidad y calidad de la proteína que llega al intestino delgado depende en gran medida del tiempo y la temperatura de tostado utilizados durante el termoprocesado (Yu *et al.* 2001, Jiang *et al.* 2015). Abdelgadir *et al.* (1996) encontraron que al utilizar granos de cereal tostados mejora la productividad animal; los resultados demostraron interacciones entre las fuentes de carbohidratos y proteínas en iniciadores para becerros, debido a una sincronización en la degradación de los carbo-

hidratos, mejorando las ganancias de peso, así como eficiencia de la utilización de los nutrientes. Los granos de algunas leguminosas contienen componentes que inhiben las enzimas digestivas, causando trastornos metabólicos que se reflejan en disminución del crecimiento, e incluso la muerte (Liener 1980). Las altas cantidades de aceite que contiene también pueden afectar la digestibilidad en los rumiantes (Scott *et al.* 1991). El procesamiento térmico de la soya previene la degradación de las proteínas por microorganismos ruminales bloqueando la degradación enzimática a través de la reacción de Maillard entre los grupos amino de lisina y compuestos carboxílicos (Jiang *et al.* 2015). La soya termoprocesada mejora el consumo de alimento, ganancia diaria de peso y conversión alimenticia. El uso de grano de soya ter-

moprocesada incrementa el consumo de nitrógeno, pero no su retención.

Tabla 4. Balance de Nitrógeno de borregas Rambouillet alimentadas con pasta de soya, soya integral y soya termoprocesada en la dieta.

| | PS | GST | HSI | EEM [□] |
|---------------------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|------------------|
| N Consumido (g diario ⁻¹) | 23.79 ^b | 30.42 ^a | 22.89 ^b | 2.34 |
| N Orina (g diario ⁻¹) | 4.37 ^{ab} | 5.24 ^a | 3.84 ^b | 0.96 |
| N Excretas (g diario ⁻¹) | 8.63 ^a | 15.03 ^a | 6.67 ^c | 1.52 |
| N Retenido (g diario ⁻¹) | 10.79 ^b | 10.48 ^b | 12.73 ^a | 2.19 |

[□]EEM = Error estándar de la media, ^{a,b,c} Diferente literal entre filas indica diferencia estadística (p < 0.05).

AGRADECIMIENTOS

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca otorgada para los estudios de maestría del primer autor.

LITERATURA CITADA

- Abdelgadir IEO, Morrill JL, Higgins JJ (1996) Effect of roasted soybeans and corn on performance and ruminal and blood metabolites of dairy calves. *Journal of Dairy Science* 79: 465-474.
- Antunović Z, Domaćinović M, Šperanda M, Liker B, Mioč B, Šerić V, *et al.* (2009) Effect of roasted cereals and soybean in feed mixtures on fattening and slaughter traits as well as blood composition in fattening lambs. *Archiv Tierzucht* 52: 512-526.
- AOAC (2016) Official methods of analysis of AOAC International. 20th ed., Rockville, MD: AOAC International: 3172p.
- Beloshapka A, Buff P, Fahey G, Swanson K (2016) Compositional analysis of whole grains, processed grains, grain co-products, and other carbohydrate sources with applicability to pet animal nutrition. *Foods* 5(2): 23. Doi: 10.3390/foods5020023.
- Camilo FR, Vargas Junior FM, Ricardo HA, Fernandes ARM, Seno LO, Osório JCS, *et al.* (2015) The intake of thermally processed soybean reduces the feedlot period of lambs independently of roughage to concentrate ratio. *Journal of Animal Science* 93: 3084-3090.
- De Almeida GF, Del Valle TA, De Paiva PG, De Jesus EF, Barletta RV, Gandra JR, *et al.* (2017) Effects of whole raw soybean or whole cottonseed on milk yield and composition, digestibility, ruminal fermentation and blood metabolites of lactating dairy cows. *Animal Production Science* 57: 122-128.
- Frias J, Song YS, Martínez-Villaluenga C, De Mejia EG, Vidal-Valverde C (2007) Immunoreactivity and amino acid content of fermented soybean products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 56: 99-105.
- Ghafoor K, Al-Juhaimi F, Park J (2011). High Pressure Treatments of Soybean and Soybean Products. *Recent trends for enhancing the diversity and quality of soybean products*: 67-80. Doi:10.5772/17754
- Giallongo F, Oh J, Frederick T, Isenber B, Kniffen DM, Fabin RA, Hristov AN (2015). Extruded soybean meal increased feed intake and milk production in dairy cows. *Journal Dairy Science* 98(9):6471-6485. Doi:10.3168/jds.2015-9786.

- Jiang QL, Guangyu L, Zhang T, Haihua Z, Xiuhua G, Xiumei X, Jiaping Z, Yang F (2015) Effects of dietary protein level on nutrients digestibility and reproductive performance of female mink (*Neovison vison*) during gestation. *Animal Nutrition Journal* 1: 65-69.
- Lee-Rangel HA, Pinos-Rodríguez JM, Mendoza GD, González SS, Montes MA, Trejo AS, et al. (2010) Effect of a ruminal buffer and exogenous amylolytic enzymes on growth and digestion in lambs fed high concentrate diets. *Journal of Applied Animal Research* 37: 117-120.
- Liener I E (1980) Toxic constituents of plant foodstuffs. Academic Press. London. 502p.
- Mukherjee R, Chakraborty R, Dutta A (2016) Role of fermentation in improving nutritional quality of soybean meal - A review. *Asian-Australia Journal of Animal Science* 29: 1523-1529.
- NRC (2007) Nutrient requirements of small ruminants. Sheep, goats, cervids and new world camelids. National Academy Press. Washington D.C. 384p.
- Omar JMA (2002) Effects of feeding different levels of sesame oil cake on performance and digestibility of Awassi lambs. *Small Ruminant Research* 46: 187-190.
- Orskov ER, MacDonald I (1979) The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. *The Journal Agricultural Science* 92: 499-503.
- Pajak J, Kowalczyk J, Zebrowska T, Kowalik TB, Dlugolecka Z (2001) Effect of extrusion-cooking temperature on the nutritive value of lupin seeds in fattening lambs. *Journal of Animal and Feed Science* 10: 357-362.
- Rafiee-Yarandi H, Alikhani M, Ghorbani GR, Sadeghi-Sefidmazgi A (2016) Effects of temperature, heating time and particle size on values of rumen undegradable protein of roasted soybean. *South African Journal of Animal Science* 46: 170-179.
- Sadr-Arhami I, Reza G, Kargar S, Sadeghi-Sefidmazgi A, Hosseini M, Caroprese M (2019) Feeding processed soybean to mid-lactation Holstein cows: ingestive behavior and rumen fermentation characteristics. *Italian Journal of Animal Science* 18(1)1-8. Doi:10.1080/1828051X.2018.1564378
- SAGARPA (1995) Norma Oficial Mexicana NOM-051-ZOO-1995 Trato humanitario en la movilización de animales. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación México.
- SAGARPA (1999) Norma Oficial Mexicana NOM-062-ZOO-1999 Especificaciones técnicas para producción, cuidado y uso de los animales de laboratorio. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación. México.
- Sall J, Lehman A, Stephens M, Creighton L (2012). *JMP Star Statics: A guide to statics and data analysis using JMP*, Fifth Edition. SAS Institute Inc. USA. 644p.
- Scott TA, Combs C, Grummer R (1991) Effects of roasting extrusion, and particle size on the feeding value of soybeans for dairy cows. *Journal of Dairy Science* 74: 2555-2565
- Song YS, Pérez VG, Pettigrew JE, Martinez-Villaluenga C, De Mejia EG (2010) Fermentation of soybean meal and its inclusion in diets for newly weaned pigs reduced diarrhea and measures of immunoreactivity in the plasma. *Animal Feed Science and Technology* 159: 41-49.
- Tilley J, Terry R (1963) A two-stage technique for the *in vitro* digestion of forage crops. *Journal of the British Grassland Society* 18: 104-111.
- Tran QD, Hendriks WH, Van Der Poel AFB (2008) Effects of extrusion processing on nutrients in dry pet food. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 88: 1487-1493.

- Van Soest PJ, Robertson JB, Lewis BA (1991) Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and nonstarch polysaccharides in relation to animal nutrition. *Journal of Dairy Science* 74: 3583- 3597.
- Yu P, Leury BJ, Sprague M, Egan AR (2001) Effect of the DVE and OEB value changes of grain legumes (lupin and faba beans) after roasting on the performance of lambs fed a roughage-based diet. *Animal Feed Science Technology* 94: 89-102.

