

Energía metabolizable del grano de soya integral en pollos de engorde*

Sandra Liliana Rueda-Agudelo¹ , Ángel María Giraldo-Mejía² 

1 Gerente. Biotropical S.A. Medellín, Colombia.

2 Profesor asociado. Departamento de Producción Animal, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Medellín, Colombia.

slruedaa@hotmail.com

Recibido: 22 de junio de 2017 y Aprobado: 23 de diciembre de 2017, Actualizado: 27 de diciembre de 2017

DOI: 10.17151/vetzo.2018.12.1.7

RESUMEN: Se evaluó el efecto de tres procesos térmicos aplicados al grano de soya integral (GSI) sobre la composición química, algunos indicadores de calidad del proceso, energía metabolizable aparente (EMA) y metabolizable aparente corregida por el balance de nitrógeno (EMAn) estimada con recolección total de excretas o 0,5 % de Cr₂O₃. Se utilizaron cinco dietas en forma de harina: una de referencia (DR) y cuatro en las que se incluyó el GSI crudo (T1), cocido (T2), tostado (T3) o extruido (T4); sustituyendo 30 % del núcleo energético (maíz, torta de soya y aceite de soya) de la DR. La fase experimental se realizó entre el día 12 y el 19 de vida de los pollos con cinco días de adaptación y cuatro de recolección de las excretas cada 24 horas. El experimento se condujo en un diseño completo al azar con cinco tratamientos, ocho repeticiones y cuatro pollos machos de la línea Ross 308 por repetición. Las variables se analizaron por el GLM y los valores promedio se compararon con la prueba de Duncan. También se realizó el análisis de correlación simple de Pearson y de regresión entre los resultados de la EM estimada con la recolección total de excretas o el uso del Cr₂O₃. Los análisis estadísticos se realizaron en el programa SAS. La composición química de los granos estuvo dentro de los valores de la literatura. El GSI crudo, no cumplió con los indicadores de calidad de proceso de la norma técnica colombiana. La extrusión fue el único proceso que produjo un GSI con proteína soluble en KOH por debajo del nivel mínimo de la norma en referencia, en tanto que en el tostado el valor estuvo próximo a este mínimo. Se sugiere que en ambos granos hubo sobreprocesamiento. El valor de la EMA para el grano crudo, cocido, tostado y extruido fue 2775, 3759, 3887 y 3886 (kcal/kcal MS) respectivamente; el correspondiente a la EMAn fue 2552, 3469, 3583 y 3600 (kcal/kcal MS). Los procesos térmicos empleados incrementaron en 1000 kcal la EM del GSI crudo sin que hubiese diferencia entre los procesos. La estimación de la EMA con el uso del Cr₂O₃, no fue alternativa a la recolección total de las excretas.

Palabras clave: energía metabolizable, soya integral, pollo de engorde, proceso térmico.

Metabolizable energy of full-fat soybean for broilers

ABSTRACT: The effect of three thermal processes applied to the full-fat soybean (FFS) on the chemical composition, some indicators of process quality, apparent metabolizable energy (AME) and apparent metabolizable energy corrected by the nitrogen balance (AMEn) estimated by using either the total collection of excreta or 0.5% Cr₂O₃ methods were evaluated. Five diets were used in the form of flour: one reference diet (RD) and four diets in which raw (T1), cooked (T2), roasted (T3) or extruded (T4) FFS was included replacing 30% of the energy core (corn, soybean meal and soybean oil) from the RD. The experimental phase was carried out between day 12 and day 19 of the chickens' life with five days of adaptation and four days of collecting the excreta every 24 hours. The experiment was conducted in a complete randomized design with five treatments, eight repetitions and four male chicken of the Ross 308 line per repetition. The variables were analyzed by the GLM and the average values were compared with the Duncan test. Pearson's simple correlation analysis and regression between the results of the estimated ME with either the total collection of excreta or the use of CR₂O₃ were also performed. Statistical analyzes were performed in the SAS program. The chemical composition of the beans was within the values of the literature. The raw FFS did not comply with the process quality indicators of the Colombian technical standard. Extrusion was the only process that produced a FFS with protein soluble in KOH below the minimum level of the norm in reference, while in the roasted grain the value was close to this minimum. It is suggested that in both beans there was over-processing. The value of AME for the raw, cooked, roasted and extruded grain was 2,775, 3,759, 3,887 and 3,886 (kcal/kcal DM) respectively; the corresponding value for AMEn was 2,552, 3,469, 3,583 and 3,600 (kcal/kcal DM). The thermal processes used increased the ME of the raw FFS by 1,000 kcal, without any difference between the processes. The estimation of the AME with the use of Cr₂O₃ was not an alternative to the total collection of excreta.

Key words: metabolizable energy, whole soybean grain, broilers, thermal process.

Introducción

El grano de soya integral (*full-fat soybean*), que corresponde al grano al cual no se le ha extraído el aceite, es un recurso que se utiliza desde hace varios años en la alimentación de cerdos, pollos y gallinas. La Norma Técnica Colombiana NTC 3716 (2012) establece que el grano de soya integral (GSI) identifica al frijol de soya entero o molido sometido a un proceso térmico para inactivar factores antinutricionales y mejorar la digestibilidad. Se trata de un alimento que, además de presentar alto contenido de proteína (entre 36 y 40

%) y grasa total (entre 18 y 22 %) (Leeson et al., 2000), aporta ácido linoleico, vitamina E y lecitina; por tanto, al ser apropiadamente procesado, se puede incluir en las dietas de pollo en niveles que varían entre 20 y 25 % sin que se presenten efectos adversos en su desempeño (Lázaro et al., s.f).

En trabajos iniciales sobre el uso de la soya y algunos de sus derivados en la alimentación animal se identificó que contenían compuestos químicos —denominados factores antinutricionales (FAN)— que afectaban de manera desfavorable la salud, su valor nutricional y la propia producción animal; reconociéndose que para inhibirlos y disminuir sus efectos era necesario someterlos a algún tipo de proceso. Si bien no se dispone de información sobre el número preciso de FAN de la soya existe acuerdo para señalar que de ellos hacen parte los inhibidores de proteasa (TIA), las fitohemaglutininas (lectinas), ureasa, lipooxigenasas y factores antivitamina, los cuales son sensibles a la aplicación de calor o la fermentación (van Eys, Offner y Bach, s.f); también existen otros compuestos FAN tales como la estaquiosa y la rafinosa, las saponinas, estrógenos, compuestos cianogénicos y el fósforo ligado al ácido fítico, que no son sensibles al calor. De los FAN, en la soya, los TIA representan el mayor porcentaje; llegando a constituir el 6 % de la proteína de la soya (Ryan, 1973, como se citó en Herkelman et al., 1993); de estos los más estudiados son el Kunitz o KSI (**Kunitz soybean inhibitor**) y el Bowman-Birk o BBI (**Bowman-Birk inhibitor**), ya que pueden constituir el mayor porcentaje.

Se conoce que si el GSI se somete a diferentes opciones de aplicación de temperatura se facilita su uso en la alimentación de aves y de cerdos porque mejora de manera directa la digestibilidad de los nutrientes (Brenes y Brenes, 1993) o porque lo hace a través de la reducción de los FAN, con lo que se espera mejorar el contenido de energía metabolizable (EM). Los procesos térmicos difieren en cuanto al tiempo, temperatura, presión, humedad, superficie del grano expuesta (Monari, 1999) aunque tienen como objetivo común obtener un producto final homogéneo con actividad residual mínima de sus FAN, calidad óptima de la proteína y alta disponibilidad de aceite. Jorge Netto (1992) señaló que las opciones térmicas incluían la cocción, el tostado en tambor rotacional, vapor húmedo o seco, el *jet sploder*, micronización, extrusión en seco o húmeda y el microondas.

En general, estos tratamientos se dividen en procesos cortos (130-170 °C por 10 a 180 segundos) y largos (máximo 105 °C entre 15 y 30 minutos) (Mateos et al., s.f); de los primeros hacen parte el tostado y la extrusión, mientras que la cocción pertenece al grupo de los procesos largos.

En condiciones de alimentación a voluntad, el consumo de los alimentos se relaciona con las necesidades de energía de los animales y con la concentración de la energía disponible en la dieta; en los pollos esta última no solo determina el rendimiento productivo, sino que es una parte importante del costo del alimento (NRC, 1981).

Para la NRC (1981) la energía de los alimentos se puede medir por su transformación en el metabolismo para producir calor. En alimentación animal la energía de la dieta se puede evaluar mediante expresiones como la energía digestible (ED), metabolizable (EM) o neta (EN). En las aves se acepta que mientras no se disponga de información de la EN de los alimentos, la medición de la EM es la utilizada para expresar su contenido energético (Sibbald, 1982). No obstante, como lo planteó Francesch (2001), en una revisión de los sistemas de valoración energética de los alimentos para aves, no se puede asumir que la EM sea un valor constante característico de la dieta o del alimento; es una medida biológica característica del animal que depende de los factores que intervienen en la digestión y asimilación de los nutrientes. Contrario a este planteamiento diversos autores han postulado que los valores de EM de un alimento o de una dieta están articulados a la influencia del ave, las características del alimento y la dieta, el uso de algunos aditivos, los efectos de los procesos térmicos y los métodos de determinación.

La literatura sugiere que la extrusión y el tostado son los procesos térmicos más utilizados en el procesamiento del GSI; estos se han evaluado mediante su efecto en el contenido de EM (Café et al., 2000; Carvalho, 2006; Freitas et al., 2005; Ravindran, Abdollahi y Bootwalla, 2014; Rodrigues et al., 2002; Soares et al., 2005).

Esta investigación fue conducida con el objetivo de evaluar el efecto de tres procesos térmicos (cocción, tostado y extrusión) aplicados al grano crudo de soya integral empleado en la formulación de dietas para pollos de engorde de una línea genética comercial; de acuerdo con la hipótesis según la cual el proceso térmico aplicado debe introducir cambios en algunos indicadores de evaluación de la calidad del proceso y en su contenido de EM.

Materiales y Métodos

El proyecto recibió el otorgamiento de aval del Comité de Ética de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Durante su ejecución en los pollos, no se identificaron efectos adversos derivados de las condiciones experimentales establecidas.

El experimento se realizó con 160 pollos de la línea Ross 308 en una granja experimental de una firma comercial, localizada en el municipio de Rionegro (Antioquia), a 2150 m s. n. m., con temperatura ambiental media de 17 °C y certificada como biosegura por el Instituto Colombiano Agropecuario (ICA).

Entre el día 1 y 11 de vida, los pollos se alojaron en piso y recibieron una dieta del programa de alimentación establecido por la granja. A partir del día 12 y hasta el 19 de

vida se inició la fase experimental con cinco días de adaptación y cuatro de recolección total de las excretas cada 24 horas. Tanto en la fase de adaptación como de recolección se registró la oferta de la dieta y el rechazo en el comedero con el fin de estimar el consumo. No se midió el desperdicio de las dietas. Se utilizaron cinco dietas en forma de harina: una de referencia (DR) y cuatro en las que se incluyó el GSI crudo (T1), cocido (T2), tostado (T3) o extruido (T4); sustituyendo el 30 % del núcleo energético de la DR (maíz, torta de soya y aceite de soya). La DR estuvo conformada por maíz amarillo (67,88 %), torta de soya (25,90 %), aceite de soya (1,5 %), fuentes de fósforo, calcio, cloruro de sodio y una premezcla de vitaminas y minerales (3,63 %), L-lisina HCl, Metionina DL y L-treonina (0,59 %) y Cr₂O₃ comercial (0,5 %). Esta conformación es la que se ha venido utilizando en las investigaciones en EM realizadas en la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín. Las presentaciones del GSI crudo, tostado y extruido pertenecían al mismo lote y procedían de los Estados Unidos, mientras que los cocidos eran nacionales. La cocción se realizó en un equipo colombiano a 95 °C, 29,4 psi y 40 minutos. Para el tostado se utilizó un equipo norteamericano a 130 °C por cinco minutos. La extrusión se hizo a 105 °C, 44,1 psi durante tres minutos. Durante todo el período experimental se empleó el Cr₂O₃ en todas las dietas con el fin de estimar la EM de las dietas y del GSI con el uso de un indicador externo y comparar los valores con los obtenidos en el método clásico de recolección total de excretas (RT). La determinación del Cr en el indicador se realizó mediante espectrometría de absorción atómica y arrojó un valor de 7,77 % respectivamente, el cual se consideró muy bajo.

Los análisis químicos y las determinaciones del valor calorífico bruto de los alimentos, las dietas y excretas se realizaron en el Laboratorio de Análisis Químico y Bromatológico de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, acreditado por el Organismo Nacional de Acreditación (14-LAB-036 en el 2015) de acuerdo con la Norma ISO/IEC 17025:2005. La determinación de la inactivación de los inhibidores de tripsina se realizó en el laboratorio de control de calidad de una firma comercial productora de alimentos para animales utilizando la metodología NIR.

La energía metabolizable aparente con balance de nitrógeno (EMAn) para cada dieta se estimó de acuerdo a la siguiente expresión sugerida por Sakomura y Rostagno (2007):

$$EMAn_{Dieta} = \frac{(EB_{ingerida} - EB_{excretada}) \pm 8.22 \times \text{Balance de Nitrógeno}}{MS_{ingerida}}$$

La EMAn del GSI en sus diferentes presentaciones se estimó mediante la siguiente expresión de los mismos investigadores:

$$EMAn_{Alimento} = \frac{EMAn_{DR} + EMAn_{Dieta \text{ alimento evaluado}} - EMAn_{DR}}{g \text{ alimento evaluado/g dieta}}$$

En el denominador de esta última expresión se modificó el componente g dieta por g del núcleo energético de la DR expresado con base en la materia seca.

El experimento se condujo en un diseño completo al azar con cinco tratamientos, ocho repeticiones por tratamiento y cuatro aves por repetición. Las variables de respuesta generadas se analizaron utilizando el procedimiento GLM y los valores promedio se compararon mediante la prueba de Duncan. También se realizó un análisis de correlación simple de Pearson y de regresión entre los resultados de la EM estimada mediante el método de recolección total de excretas y el uso del CR2O3. En el análisis de regresión se tomó como variable dependiente el valor de la EM estimado mediante la recolección total de excretas, en tanto que la independiente fue el de la EM estimada con el uso del indicador. Todos los análisis estadísticos se realizaron en el programa SAS.

Resultados y Discusión

Caracterización química e indicadores de calidad del proceso térmico del GSI

En la [tabla 1](#) se registra la información de los resultados de los análisis de laboratorio realizados al GSI.

Tabla 1. Composición química e indicadores de calidad del proceso térmico para el GSI crudo y procesado usado en el experimento (valores expresados en base tal cual)

Análisis	GIS				NTC 3716 (2002)
	Crudo	Cocido	Tostado	Extruido	Alimentos para animales. Soya Integral
Humedad y otras materias volátiles (Hd) (%)	8,81	7,55	7,42	10,00	12 Valor máximo
Proteína cruda (%)	35,50	35,54	36,83	33,49	33 Valor mínimo
Contenido de grasa (%)	19,92	21,31	22,26	20,61	16 Valor mínimo
Cenizas (%)	4,63	4,87	4,73	4,89	6 Valor máximo
Fibra cruda (%)	5,49	5,59	4,78	5,31	7 Valor máximo
Ca (%)	0,21	0,35	0,29	0,30	
P (%)	0,54	0,52	0,54	0,58	
Índice de ureasa (Δ pH)	0,20	0,01	0,00	0,00	0,15 Valor máximo
Inactivación de inhibidores de Tripsina (UIT/mg)	39,99	2,66	3,88	3,55	5 (mg/kg) Valor máximo
Proteína soluble en KOH al 0,2 % (%)	96,45	76,13	75,90	71,82	75 Valor mínimo

Como se puede observar en las fracciones químicas de uso frecuente en la alimentación animal no se identificaron valores que llamen la atención por sus diferencias entre los tipos de GSI, lo que sugeriría que el origen del grano y el procesamiento no pudo haber incidido sobre dichas fracciones; además, los valores obtenidos se encuentran dentro de los registrados en la literatura (De Blas, Mateos y Rebollar, 2010; Rostagno et al., 2011).

La comparación de los resultados de los análisis de laboratorio para evaluar las condiciones de proceso con los lineamientos de la NTC 3716 (2002) muestra que —como era de esperarse— el GSI crudo no cumplió con los valores máximos indicados en dicha norma para el índice de ureasa y para la inactivación de los inhibidores de tripsina, pero sí para la proteína soluble. En cuanto a los granos procesados, el índice de ureasa y los valores de inactivación de los inhibidores de tripsina, los resultados sugieren que el procesamiento térmico fue óptimo para inactivar los metabolitos secundarios termolábiles. En cuanto a la proteína soluble, en KOH, se observa que el grano extruido estuvo por debajo del nivel mínimo de la NTC 3716; en tanto que en el grano tostado el valor fue próximo a este mínimo. El comportamiento de este indicador de evaluación de la calidad de proceso podría sugerir que en ambos hubo sobreprocesamiento o sobrecalentamiento.

Anderson-Haferman et al. (1992) sometieron a condiciones de autoclave (121 °C, 124 kPa), en seis tiempos entre 0 y 21 minutos, muestras de GSI. A los 15 minutos el índice de ureasa fue 0,1, que sugiere que el proceso fue eficiente para inactivar los FAN; este valor llegó a cero a los 18 minutos sin sufrir modificación hasta el minuto 21. Hasta los 18 minutos, la solubilidad en KOH se mantuvo entre 86 y 93 % y tres minutos después descendió a 74 %. De acuerdo con estas cifras se podría indicar que el proceso de autoclave no redujo la calidad de la proteína. Sakomura et al. (1998) establecieron en el GSI sometido a extrusión o tostado que la actividad de la ureasa fue 0,04 y 0,05, los inhibidores de tripsina fueron 4,97 y 90,47 ITU/mg de proteína y la solubilidad de la proteína en KOH fue 81,52 y 78,12 %.

Con base en los resultados del índice de ureasa todo parece indicar que la extrusión y el tostado fueron eficientes; llama la atención el elevado valor de la inactivación de los inhibidores de tripsina registrado para el grano tostado, el cual no fue explicado por los investigadores, lo que dificulta establecer si el 90,47 ITU/mg de proteína corresponde a un valor real o si existió algún tipo de error. En cuanto a la solubilidad de la proteína en KOH al 0,2 %, los valores registrados sugieren que ambos procesos fueron óptimos para garantizar la calidad de la proteína.

Composición química y contenido de energía de las dietas experimentales

En la [tabla 2](#) se registra la información relacionada con estas características bromatológicas en las dietas experimentales.

Tabla 2. Composición química y contenido de energía de las dietas experimentales (valores expresados en base seca)*

Tratamiento	Humedad y		Contenido de grasa (%)	Fibra cruda (%)	Ca (%)	P (%)	Valor calorífico bruto (cal/g)
	otras materias volátiles	Proteína cruda (%)					
DR	10,00	18,13	4,96	2,80	1,44	0,69	4.350
T1	9,15	24,38	9,65	4,30	1,23	0,69	4.655
T2	8,85	23,13	10,35	4,30	1,52	0,76	4.662
T3	8,95	23,13	9,68	4,10	1,41	0,76	4.655
T4	9,30	22,50	9,42	4,20	1,46	0,77	4.634

* Con excepción del valor calorífico bruto, los otros componentes de los tratamientos están expresados en porcentaje.

De la información registrada en la [tabla 2](#) se observa que, por lo general, las dietas con los granos procesados fueron próximas en los componentes analizados. Llama la atención que la DR fue algo diferente en estos.

Variables relacionadas con el consumo

De la dieta

En la determinación de la EM de una dieta o un alimento es importante controlar el nivel y la frecuencia de oferta de la dieta, cuantificar los rechazos y desperdicios de la misma, la recolección de las excretas —bien sea total o parcial— y el registro de la información. En este ensayo se controló la oferta de la dieta y se cuantificó los rechazos, aunque no fue posible considerar el desperdicio de la dieta; razón por la cual la estimación del consumo se realizó por la diferencia entre la oferta de dieta y la medición del rechazo. En la [tabla 3](#) se registra la información del análisis del consumo acumulado.

Tabla 3. Valores para el consumo acumulado de las dietas en la etapa de adaptación y de recolección del período experimental

Tratamiento	Consumo acumulado (g)	
	Etapas de adaptación	Etapas de recolección
DR	1112,63 ^a	1418,38
T1	974,38 ^c	1346,00
T2	1060,88 ^{a, b}	1313,38
T3	1070,50 ^{a, b}	1353,38
T4	1051,25 ^b	1346,13
Pr>F	0,0002	0,0835
R ²	0,4621	0,2045
Coefficiente de variación (%)	4,9190	5,3475
Raíz MSE	51,8426	72,4834

^{a, b, c} Valores promedio con letra diferente en la misma columna son diferentes.

Como era de esperarse, durante el período de recolección, el consumo acumulado fue superior al de adaptación en virtud de que los pollos tenían más edad. Como se observa en la [tabla 3](#), en ambos períodos, esta variable presentó bajo coeficiente de variación. Sin embargo, y a pesar de que en el período de adaptación hubo diferencia entre los tratamientos, en el de recolección no se presentó comportamiento diferente en función de la dieta recibida ($Pr > F$ 0,0835). En un trabajo realizado por Sakomura et al. (1998) se evaluaron tres tipos de soya (torta más aceite desgomado de soya, integral extruida e integral tostada al vapor) y dos niveles de proteína (17 y 22 %) en pollos de engorde (machos o hembras). Con respecto al tipo de soya estudiado no se presentó diferencia en el consumo de la dieta para los períodos entre 22 y 42 días, de 43 a 49 días y para toda la fase experimental (1 a 49 días). Entre el día 1 y el 21 de edad solo se pudo establecer efecto del tipo de soya en el consumo con la dieta del 22 % de proteína; en este sentido el menor consumo se estableció en la dieta con el grano de soya integral tostada sin que se hubiese presentado diferencias entre las otras dos dietas.

Mogridge et al. (1996) (como se citó en Lázaro et al., s.f) establecieron que los granos crudos de leguminosas, además de aumentar el tamaño del páncreas y del duodeno, redujeron el consumo de la dieta y el crecimiento del pollo. Resultados similares fueron registrados por otros investigadores. Los valores establecidos al respecto por Herkelman et al. (1993) indican que la introducción de una dieta de 37 % de granos crudos de leguminosas incrementó en 260 % el tamaño del páncreas y redujo en 50 % el crecimiento del pollo. Finalmente Lázaro et al. (s.f) declararon que la inclusión de granos crudos de leguminosas en las dietas de pollos redujeron el consumo y el peso vivo en 14 y 35 %, y afectaron el índice de conversión en un 53 %.

Del nitrógeno

En el estudio, además de evaluarse el consumo de la dieta, también se analizó el del nitrógeno. Esta información, junto con la de la excreción, es requerida para estimar el balance de nitrógeno (BN); el cual, a su vez, se incorpora a la de la EMA corregida por BN. Los resultados para el consumo de nitrógeno se registran en la [tabla 4](#).

Tabla 4. Valores promedio del nitrógeno ingerido para cada tratamiento en la fase de recolección del período experimental

Tratamiento	Nitrógeno ingerido (g)
DR	37,136 ^c
T1	48,033 ^a
T2	44,720 ^b
T3	46,028 ^{a, b}
T4	44,303 ^b
$Pr > F$	<0,0001
R^2	0,7525
Coeficiente de	
variación (%)	5,1360
Raíz MSE	2,2621

^{a, b, c} Valores promedio con letra diferente en la misma columna son diferentes.

A partir de los resultados registrados en la [tabla 4](#) se puede establecer que el modelo de análisis propuesto fue significativo ($P < 0,0001$), lo que indica que la variación en la ingestión de nitrógeno estuvo asociada con los tratamientos propuestos. Igual que en el consumo acumulado, la ingestión de nitrógeno presentó baja variación. La comparación entre los tratamientos muestra que el menor nivel de nitrógeno ingerido se obtuvo con la DR debido no tanto a la diferencia en el consumo acumulado de la dieta, sino posiblemente a la menor concentración de proteína cruda en ella. Con relación a los otros tratamientos los resultados indican que el tratamiento con el grano crudo presentó mayor ingestión de nitrógeno que con el grano cocido y con el extruido, pero no con el tostado. Los resultados también muestran que el tipo de procesamiento no afectó la ingestión de nitrógeno, situación que no parece tener una explicación atribuida a la diferencia en el consumo de la dieta ([Tabla 3](#)) o a la concentración de la proteína cruda de las mismas ([Tabla 2](#)).

Caracterización química y valor calorífico bruto de los rechazos de la dieta

Un aspecto que se debe incorporar a los estudios de EM está relacionado con la caracterización química y el contenido de energía de los rechazos y los desperdicios asociados con cada dieta. Como se expresó en este estudio, no fue posible analizar el impacto de los desperdicios. El análisis de los rechazos adquiere importancia en la medida en que se considere que el alimento objeto de evaluación o algún tipo de tratamiento o proceso puede afectar el consumo. Los resultados de la evaluación de los rechazos tanto en la concentración de algunas fracciones como en el nivel se registran en las [tablas 5 y 6](#).

Tabla 5. Concentración de materia seca, nitrógeno y valor calorífico bruto en los rechazos de las dietas generados en la etapa de recolección

Tratamiento	Concentración en el rechazo		
	Materia Seca (%)	Nitrógeno (%)	Valor calorífico bruto (cal/g)
DR	88,450	3,025 ^d	4249,75 ^d
T1	88,087	3,900 ^a	4463,50 ^c
T2	87,812	3,750 ^a	4510,00 ^{a, b}
T3	86,950	3,875 ^a	4468,50 ^{b, c}
T4	87,712	3,900 ^a	4535,00 ^b
Pr>F	0,1751	0,0001	0,0001
R ²	0,1616	0,8117	0,9443
Coefficiente de variación (%)	1,3783	3,8643	0,6392
Raíz MSE	1,2102	0,1425	28,4145

a, b, c, d Valores promedio con letra diferente en la misma columna son diferentes. las dietas generados en la etapa de recolección

Tabla 6. Valores de materia seca, nitrógeno y valor calorífico bruto rechazado.

Tratamiento	Materia Seca (g)	Nitrógeno (g)	Valor calorífico bruto rechazado (cal)
DR	213,47	7,588	1058,3
T1	276,50	10,292	1117,5
T2	304,46	12,418	1500,7
T3	267,42	9,555	1110,2
T4	274,99	10,679	1242,1
Pr>F	0,0950	0,2082	0,4362
R ²	0,1974	0,3086	0,2116
Coefficiente de variación (%)	23,980	26,885	28,3109
RaízMSE	64,1152	2,7171	344,7569

De igual forma que con las dos variables precedentes, las consideradas en los rechazos presentaron bajos coeficientes de variación. No fue homogéneo el comportamiento de la composición de los rechazos. De las variables analizadas, la materia seca fue la única que no fue afectada por los tratamientos evaluados ($P > 0,1751$). Los rechazos de las dietas de los pollos alimentados con la DR tuvieron menor concentración de nitrógeno que los procedentes de las otras dietas ($P < 0,0001$); pero no hubo diferencia en esta variable entre los pollos que recibieron las dietas con el GSI sometido a cualquier proceso. El comportamiento del valor calorífico bruto de los rechazos fue diferente: el menor contenido se presentó en los rechazos de la DR, aunque para esta variable no es posible establecer una tendencia articulada a un proceso térmico en particular.

De acuerdo con los resultados registrados en la [tabla 6](#) se puede establecer que no es posible asociar los niveles de materia seca, nitrógeno y valor calorífico bruto rechazados con las dietas evaluadas. La tabla también muestra que, a diferencia de las otras variables analizadas hasta este punto, el coeficiente de variación es más alto siendo posible calificar como de valor medio. Estos resultados colocan de manifiesto que el GSI tanto crudo como sometido a los diferentes procesos térmicos ni aumentó, ni disminuyó el nivel de rechazo en las dietas en las que se incluyó. El cálculo realizado entre el rechazo y la oferta osciló entre un valor mínimo de 14,29 % y máximo de 20,12 % para la materia seca, entre 17,1 % y 22,20 % para el nitrógeno y entre 15,78 % y 21,28 % para el valor calorífico bruto. Este cálculo sugiere que la relación entre el rechazo y la oferta se movió entre un mínimo de 15 % y un valor máximo de 22 %.

Evaluación de algunas variables asociadas con las excretas

Uno de los aspectos que se ha estudiado en el GSI, sea crudo o sometido a alguno de los procesos térmicos disponibles, tiene que ver con su efecto en el proceso digestivo. Este se ha evaluado bien a través de la digestibilidad o bien mediante estudios de tránsito digestivo, volumen y características de las excretas o por medio de descripciones cualitativas como lo son el tránsito rápido o las excretas líquidas (Ruíz, 2012). En este estudio inicialmente se estipuló la recolección de las excretas como requerimiento introducido en cualquier experimento para determinar la EM de un alimento ya sea con

o sin el ajuste por el balance de nitrógeno. Esta condición se cumplió. De forma adicional se introdujo el análisis de algunas variables relacionadas con el comportamiento que presentaron las excretas para establecer si el proceso térmico aplicado al GSI generaba algún tipo de efecto sobre su producción y composición e identificar si había diferencia entre los diferentes procesos térmicos. En la [tabla 7](#) se presenta un resumen de los resultados obtenidos para la producción de excretas, su composición y la materia seca, nitrógeno y valor calorífico bruto excretado.

Tabla 7. Características de las excretas producidas por los pollos durante la fase de recolección, agrupadas de acuerdo con las dietas experimentales

Tratamiento	Producción de excretas (g)	Materia Seca (%)	Nitrógeno (%)	Valor calorífico bruto (cal/g)	Materia Seca excretada (g)	Nitrógeno excretado (g)	Valor calorífico bruto excretado (cal)
DR	1497,13 ^a	21,6428	3,7375 ^c	3780,00 ^c	323,44 ^a	12,0780 ^c	1223,38 ^a
T1	1821,88 ^a	23,0927	5,0750 ^a	4221,00 ^a	419,45 ^a	21,2636 ^a	1771,87 ^a
T2	1630,50 ^a	21,8630	4,4000 ^b	3948,38 ^b	355,80 ^b	15,6662 ^b	1405,25 ^b
T3	1594,63 ^a	21,9197	4,4375 ^b	3988,38 ^b	349,92 ^b	15,5549 ^b	1395,92 ^b
T4	1550,00 ^a	22,1028	4,3500 ^b	3943,25 ^b	343,18 ^b	14,9008 ^b	1353,65 ^b
Pr>F	0,0138	0,0861	0,0001	0,0001	0,0006	0,0001	0,0001
R ²	0,2943	0,2028	0,9144	0,8764	0,4231	0,7594	0,5691
Coeficiente de variación (%)							
	11,3409	4,8471	3,1504	1,4311	11,2980	11,3030	11,8936
RaízMSE							
	183,5902	1,0724	0,1386	56,9027	40,4871	1,7963	170,080

^{a, b} Valores promedio con letra diferente en la misma columna son diferentes.

De acuerdo con la información registrada en la [tabla 7](#) se puede observar la reiteración del bajo coeficiente de variación establecido, una característica que acompañó a las variables analizadas hasta este punto. De igual forma se destaca que con excepción del porcentaje de materia seca en las excretas, todas las variables mostraron que fue significativo el modelo de análisis de varianza propuesto. Los resultados registrados en la tabla anterior indican que los pollos alimentados con el GSI crudo (T1) presentaron una mayor producción total de excretas y excretaron más materia seca, nitrógeno y energía bruta. Se observa a la vez que en estas variables no hubo diferencia debido al tipo de proceso térmico utilizado. Con respecto a la composición se puede establecer que no fue diferente la concentración de la materia seca de las excretas procedentes de las diferentes dietas. Esta situación fue diferente para el nitrógeno y la energía. Los pollos alimentados con la dieta T1 (GSI crudo) produjeron excretas con mayor contenido de nitrógeno y de energía sin que se hubiese presentado diferencia en ellas asociadas con el tipo de proceso térmico al que se sometieron los granos. Estos resultados reiteran el hecho según el cual el grano crudo de soya, y en general los de las leguminosas, al no tener inactivados los FAN, afectan los procesos digestivos de los monogástricos. No obstante, por lo menos en este estudio, no parece que sea posible establecer diferencias entre los tratamientos térmicos aplicados.

Balance de nitrógeno

Varios investigadores citados por Lopez y Leeson (2007) concordaron en establecer que el uso de la corrección de la EM por la retención de nitrógeno se realiza con el fin de transformar todos los datos a la misma base de equilibrio de nitrógeno y permitir su comparación. En la [tabla 8](#) se registran los resultados para el balance de nitrógeno (BN) generados en el estudio.

Tabla 8. Valores promedio de las variables nitrógeno ingerido, nitrógeno excretado y balance de nitrógeno generados en la fase de recolección del período experimental

Tratamiento	Nitrógeno		
	Ingerido (g)	Excretado (g)	Balance
DR	37,138 ^a	12,0788 ^a	25,0574 ^a
T1	48,033 ^b	21,2650 ^b	26,7692 ^b
T2	44,720 ^b	15,6663 ^b	29,0529 ^b
T3	46,028 ^{a,b}	15,5550 ^b	30,4737 ^b
T4	44,303 ^b	14,9025 ^b	29,4017 ^b
Pr>F	<0,0001	<0,0001	<0,0001
R ²	0,7525	0,7592	0,5737
Coefficiente de variación (%)	5,1360	11,3052	6,4232
RaízMSE	2,2621	72,4834	1,8082

a, b, c Valores promedio con letra diferente en la misma columna son diferentes.

Los resultados de la [tabla 8](#) mantienen la tendencia del bajo coeficiente de variación que acompañó a las otras variables analizadas. De acuerdo con los valores de probabilidad se puede considerar que fue significativo el modelo de análisis de varianza propuesto (Pr>F; <0,0001). Como era de esperarse en animales en crecimiento el balance de nitrógeno (BN) fue positivo en todos los casos. No obstante, la magnitud fue diferente de acuerdo con los tratamientos: el menor BN se obtuvo con el GSI crudo sin haber sido diferente al de la DR. Entre los pollos alimentados con el GSI sometido a los procesos térmicos, no hubo diferencia en esta variable. Llama la atención la situación del BN en la DR o T1. Si bien entre ellas no hubo diferencia para esta variable, los pollos que recibieron el T1 ingirieron más nitrógeno (10,90 g), pero también lo excretaron en mayor cantidad (9,20 g) que con la DR.

Carvalho (2006) evaluó el valor nutricional en pollos (machos Cobb con peso promedio de 474 g) y cerdos con dietas que contenían grano integral de soya procesada al vacío (109 °C por medio de vapor y vacío a presión de 0,35 atmósferas durante 18 minutos; luego los granos fueron calentados a 35 °C, descascarillados y secados hasta alcanzar 12 % de humedad) y con vapor (106 °C, presión de 2 atmósferas durante 18 minutos y secados durante 30 minutos hasta alcanzar 12 % de humedad). Los resultados del trabajo mostraron que el nitrógeno ingerido fue la única variable que presentó diferencia entre los valores promedio entre la dieta control (maíz y torta de soya) y las que

incluyeron el grano de soya procesado, aunque no fue diferente entre los granos procesados. La comparación de los resultados del estudio realizado por Carvalho (2006) y los obtenidos en este estudio muestra marcadas diferencias no solo en los indicadores de calidad de proceso (índice de ureasa y solubilidad de la proteína en KOH), sino en las variables asociadas con la ingestión y la excreción de nitrógeno.

En el caso del índice de ureasa la misma autora reconoció que el grano de soya procesado al vapor y al vacío fue inferior al límite mínimo recomendado. La solubilidad de la proteína en KOH, por su parte, estuvo por encima del patrón de referencia. El uso de ambos criterios podría sugerir que las condiciones de procesamiento con vapor y al vacío fueron insuficientes y el procesamiento con vapor, aunque posiblemente inhibió los metabolitos secundarios, conllevó a un valor de solubilidad un poco menor a la disposición. De manera general se observa que los registros de la tesis de Carvalho (2006) fueron menores a los obtenidos en este estudio. Para el experimento realizado que hace parte de este artículo no es fácil asociar los indicadores de calidad de proceso con los resultados del balance de nitrógeno. En primer lugar los indicadores solo se obtuvieron para una muestra, lo que no permite análisis estadístico alguno. Sin embargo resulta claro que los pollos que recibieron la dieta con grano crudo de soya integral presentaron el menor BN y a la vez los granos tuvieron valores de índice de ureasa, inactivación de los inhibidores de tripsina y proteína soluble en KOH que auguraban el resultado obtenido para el BN. Aunque para las dietas con grano integral de soya bien sea cocido, tostado o extruido es limitada toda posibilidad de asociación entre las variables químicas evaluadoras del proceso térmico y la que aquí se discute.

Valores de energía metabolizable del grano de soya integral

En la [tabla 9](#) se registran los valores de EM para el grano de soya integral estudiado.

Tabla 9. Valores promedio de EMA y EMAn para el grano de soya integral (kcal/kg)

Grano de soya integral	EMA	Con	EMAn	Con	Diferencia estimada (EMA-EMAn)
		relación al grano crudo		relación al grano crudo	
Crudo	2775 ^a		2552 ^a		223
Cocido	3759 ^a	984	3469 ^a	917	290
Tostado	3887 ^a	1112	3583 ^a	1031	304
Extruido	3886 ^a	1112	3600 ^a	1048	286

^{a, b} Valores promedio con letra diferente en la misma columna son diferentes.

En general los valores de EMA fueron superiores a los de EMAn siendo posible establecer la diferencia entre ambas determinaciones en 223, 290, 304 y 286 kcal/kg para el grano crudo, cocido, tostado y extruido respectivamente. Diversos autores registran valores de EMA superiores cuando no se introduce la corrección por BN que cuando ella se realiza (Lopez y Leeson, 2007). En la tabla en referencia también se puede observar que los procesos térmicos incrementaron en aproximadamente 1000

kcal/kg tanto la EMA como la EMAn con relación al grano crudo, pero los procesos térmicos aplicados no introdujeron diferenciales en los valores de EM.

De manera regular los valores de EM se corrigen por la retención de nitrógeno. De acuerdo con diferentes autores citados por Lopez y Leeson (2007) esta estrategia ha sido defendida porque permite convertir los valores de EM a una misma base de equilibrio de nitrógeno para propósitos comparativos, para explicar los efectos variables del crecimiento y la deposición de proteína corporal entre las aves, la retención de nitrógeno en los huevos o ambas, para realizar comparaciones entre razas de aves que tienen diferentes tasas de retención de nitrógeno y para disminuir la variabilidad de las estimaciones de EM de aquellos ingredientes que varían en su contenido de proteína; de igual modo la corrección de nitrógeno parece esencial para comparar los valores de EM determinados en aves jóvenes y adultas porque las primeras estarían creciendo mientras que las adultas normalmente estarían en retención de nitrógeno cero. Sin embargo, como lo expresaron algunos autores registrados por Lopez y Leeson (2007), es cuestionable la aplicación de esta corrección. Se espera que en alimentos como la torta de soya, por ejemplo, la retención de nitrógeno afecte más a la ME que en el caso del maíz debido a que con la primera se puede asociar mayor deposición de proteínas; efecto que sería semejante al que se presentaría en dietas con contenidos más altos de proteína como suele suceder en las dietas de iniciación. Esto significaría que la corrección por nitrógeno estaría penalizando fuertemente a los alimentos o dietas con alto contenido de proteína y, por ende, el valor de la EM correspondiente se vería disminuido. En caso de que las tasas de retención de nitrógeno fueran semejantes no parece justificarse la corrección por nitrógeno porque generaría valores parcializados de EM para ciertos ingredientes y dietas. Este tipo de situaciones es la que se presentaría o aplicaría en las líneas de pollos de rápido crecimiento en las que varía poco la retención de nitrógeno entre los 0 y 49 días de edad; razón por la cual la manera más apropiada de medir la energía para condiciones comerciales sería como EMA; ya que no parece ser de consideración la comparación con otras especies de aves, edades o ambas.

El valor de EMAn para el grano integral de soya cruda fue 2552 kcal/kg, inferior al señalado por Mateos et al. (s.f). Los bajos valores de EMAn en el grano sin procesar seguramente se explicarían por la presencia de metabolitos secundarios activos. En el estudio el valor de 3469 kcal/kg de la EMAn para el grano integral de soya sometido a cocción se encuentra en un punto medio entre los valores reportados por Freitas et al. (2005) de 3359 kcal/kg y por De Blas, Mateos y Rebollar (2010) de 3540 kcal/kg. Freitas et al. (2005) indicaron que la cocción es menos eficiente en hacer disponible la energía del grano de soya para las aves que la extrusión; declaración que no concordó con lo encontrado en la presente investigación.

Los valores reportados por diferentes autores para la soya tostada oscilan entre 3263 kcal/kg y 3735 kcal/kg, por lo que el valor obtenido en este trabajo de 3583 kcal/kg es congruente con esos hallazgos. Sin embargo valores de 3263 kcal/kg (Rostagno et al.,

2011), 3280kcal/kg (Sauvant y Perez, 2004), 3300 kcal/kg (NRC, 1994) presentan diferencias numéricas de importancia económica para la avicultura.

El valor de EMAn encontrado para la soya extruida está muy cercano a los reportados en la literatura por la FEDNA (De Blas, Mateos y Rebolgar, 2010) de 3540 kcal/kg, Café et al. (2000) de 3630 kcal/kg y aunque difiere numéricamente con los valores reportados por Freitas et al. (2005) de 3503 kcal/kg y de 3350 kcal/kg por Sauvant y Perez (2004) conservan la concordancia comparando los valores encontrados por estos autores para la soya extruida y la respectiva soya integral analizada.

Las diferencias en los valores reportados en la literatura con los encontrados en este trabajo puede deberse al origen del grano de soya, las condiciones del suelo y las ambientales y a las circunstancias intrínsecas de cada proceso; ya que, a pesar de que hay términos establecidos para llevarlos a cabo, las condiciones particulares afectan la disponibilidad de la EM.

Comparación de los valores de EMA del grano de soya integral mediante la técnica de la recolección total y el uso del Cr2O3 como indicador externo

En la [tabla 10](#) se registran los resultados del análisis comparativo del empleo de las dos técnicas para estimar el valor de la EMA de los cuatro tipos de granos de soya integral.

Tabla 10. Valores promedio de EMA de granos de soya estimados por recolección total de excretas y el uso del Cr₂O₃ como indicador

Grano integral de soya	EMA (kcal/kg)		
	Recolección total (1)	Con indicador (2)	Diferencia (1-2)
Crudo	2775,4 ^a	3588,6 ^c	-813,1 ^c
Cocido	3759,4 ^b	3673,1 ^b	86,4 ^{a-b}
Tostado	3887,5 ^b	4132,1 ^b	-244,6 ^b
Extruido	3886,0 ^b	3516,8 ^b	369,1 ^b
Pr>F	<0,0001	<0,0004	<0,0001
R ²	0,5453	0,4751	0,5401
Coefficiente de variación (%)	12,7102	7,2343	
RaízMSE	454,6541	269,6707	433,8975

a, b, c Valores promedio con letra diferente en la misma columna son diferentes.

Los resultados de la tabla mantienen la tendencia observada para otras variables analizadas en este estudio en cuanto al bajo coeficiente de variación. De acuerdo con los resultados registrados en la tabla en referencia la comparación de los valores de EMA con la recolección total de excretas o con el empleo del Cr2O3 como indicador presentó un comportamiento diferente y específico para cada grano en cuanto a la tendencia y magnitud. Si se mira la columna de la diferencia entre ambos métodos en el grano crudo y el tostado los valores de EMA fueron más altos con el indicador, pero para el grano cocido o extruido estos fueron mayores con la recolección total. La EMA del GSI

sometido a tostado fue superior a la de los granos de los otros procesos sin que se hubiese obtenido diferencias entre los granos crudo, cocido y extruido. En este punto los resultados generados con el uso del indicador presentaron el mismo comportamiento para la EMA de los granos.

El estudio de la correlación entre los valores de EMA estimada mediante la recolección total de excretas y el Cr₂O₃ arrojó el valor de 0,3660 (P<0,0394); el cual como se observa, aunque significativo, fue medio; lo que sugiere que, a pesar de ser significativa la relación en dichos valores entre ambos métodos, su magnitud no permite pensar que se encuentren estrechamente asociados. El análisis de regresión para todas las observaciones permitió generar el siguiente modelo:

$$Y (\text{EMA con recolección total de excretas}) = 1105,2802 + 0,6631 * \text{EMA con indicador.} \\ R^2=0,134 (P<0,0394)$$

El comportamiento del análisis de regresión sugiere que, en las condiciones del estudio, el uso del Cr₂O₃ no resultaría ser una herramienta alternativa a la recolección total de excretas para estimar la EMA para el grano de soya integral bien sea crudo, cocido, tostado o extruido.

Scott y Boldaji (1997) realizaron dos experimentos con el fin de evaluar varios factores incluyendo el uso de dos indicadores externos, el óxido de cromo y la ceniza insoluble (Celite®) en la determinación de la EMA de trigo o cebada en pollos de 21 días de edad. Cabe señalar que en esta investigación no hubo comparación en los valores de EMA entre los indicadores y el método de recolección total. Para el factor indicador se pudo establecer que con 0,5 % de óxido de cromo (o con 1,5 % de ceniza insoluble) se obtuvieron menores valores de EMA que con 0,5 y 1,0 % de cenizas; no existiendo diferencia en dichos valores con estas dos últimas concentraciones del indicador. En los experimentos los investigadores identificaron que en las dietas con cebada, pero no en las de trigo, hubo diferencia en la EMA atribuida a la fuente y al nivel del marcador (para el caso de la ceniza insoluble). Para los investigadores el óxido de cromo fue un indicador menos adecuado que la ceniza insoluble para la determinación de la EMA puesto que los resultados inusuales obtenidos en la dieta de cebada pudieron deberse a la elevada viscosidad de la digesta, lo que pudo originar una tasa de flujo desigual del óxido en este contenido digestivo. Oberleas et al. (1990) (como se citó en Scott y Boldaji, 1997) afirman que no se debe aceptar el uso de este indicador para la digestibilidad, principalmente para estimar las tasa de pasaje, porque es transportado más rápidamente por la fase líquida que por la sólida de la digesta.

En Brasil, Dourado et al. (2010) realizaron un estudio tendiente a comparar el uso de la recolección total de excretas y la ceniza insoluble (1 % de Celite®) como indicador en la determinación de la EMA del maíz y la torta de soya en pollos de 21 días de edad. Para el maíz, los valores de EMA fueron superiores con la recolección parcial de las excretas (3820±88 kcal/kg MS) que con el método de recolección total (3377±96

kcal/kg MS). En la torta de soya no hubo diferencia en dichos valores con el método clásico de recolección total (1931 ± 109) y con la recolección parcial utilizando 1 % de Celite® (1957 ± 166 kcal/kg MS).

Cuando se utilizan indicadores externos en los estudios de digestibilidad Sales y Janssens (2003) (como se citó en Dourado et al., 2010) advirtieron que es necesario considerar la tasa de recuperación del indicador en la excreta porque es un criterio que puede afectar la estimación de la EM. Por su parte Jagger et al. (1992) (como se citó en Mayorga et al., 2009) indicaron que, si bien el empleo de indicadores genera buenos resultados cuando se compara con la recolección total, la recuperación del indicador en las excretas puede variar; lo que se traduciría en resultados variables en la estimación de la EM.

En el trabajo de Dourado et al. (2010) la tasa de recuperación de la dieta de referencia, de la dieta con maíz y la de torta de soya fue de 101, 111 y 96 % respectivamente; sugiriendo que los valores de energía estuvieron afectados por la tasa de recuperación en las excretas del indicador. La aplicación de las tasas de recuperación del indicador mostró que los valores de EMA del maíz como la torta de soya fueron semejantes con ambos métodos de recolección de excretas. En el maíz, los valores fueron 3377 ± 96 y 3367 ± 72 kcal/kg MS para la recolección total y parcial respectivamente. El comportamiento de los valores de EMA para la torta de soya fue 1931 ± 109 y 1891 ± 112 kcal/kg MS para los métodos de referencia. En el trabajo experimental que hace parte de este informe los valores de EMA estimados no fueron corregidos por este factor porque en su desarrollo metodológico no se estimó la tasa de recuperación del óxido de cromo en las excretas.

Zanella (1998) (como se citó en Sakomura y Rostagno, 2007) en su tesis de doctorado no encontró diferencia en los valores de EM de la torta de soya, la soya integral tostada o extruida cuando comparó la recolección total de excretas con la recolección parcial utilizando el óxido de cromo. Para Sakomura y Rostagno (2007), los valores de la desviación estándar identificados cuando se utilizó el óxido de cromo sugieren mayor variación en la EM de los granos y la torta de soya explicable por el hecho que probablemente el indicador no se recuperó totalmente en las excretas.

Mayorca et al. (2009) realizaron un estudio en pollos de 21 días de edad en el que evaluaron el efecto de diferentes metodologías sobre la metabolicidad y la EMAn que incluyeron la recolección de excretas durante 3 o 5 días, el ayuno de alimento sólido durante 4, 6 u 8 horas antes de la recolección de excretas, el uso o no del óxido de hierro (Fe_2O_3) como marcador y el empleo o no del Cr_2O_3 como indicador. Los resultados referidos específicamente al tema de la recolección clásica y el empleo del marcador mostraron que no hubo diferencia en la metabolicidad de la materia seca, proteína cruda, energía bruta y EMAn cuando se realizó la comparación ortogonal entre la recolección total de excretas durante tres días y la realizada durante el mismo tiempo con el indicador.

De acuerdo con los resultados generados en el estudio se estableció que en los granos de soya integral, independientemente de su presentación, los valores de EMA fueron superiores a los de EMAn. Los registros indican que en ambos casos los valores de energía metabolizable fueron menores en los granos crudos sin registrarse diferencia entre los granos procesados. En promedio los procesos térmicos colocaron alrededor de 1000 kcal de EMA y EMAn adicionales al grano de soya crudo. Los valores determinados de EMA y EMAn estuvieron en los intervalos registrados en la literatura consultada.

Conclusiones

La composición química de los granos en sus diferentes presentaciones estuvo dentro de los valores de la literatura. Como se esperaba el GSI crudo no cumplió con los indicadores de calidad de proceso de la norma técnica colombiana. La extrusión fue el único proceso que produjo un GSI con proteína soluble en KOH por debajo del nivel mínimo de la norma en referencia, en tanto que en el grano tostado el valor fue próximo a este mínimo. El comportamiento de este indicador podría sugerir que en ambos hubo sobreprocesamiento.

Los procesos térmicos empleados incrementaron en aproximadamente 1000 kcal la EM del GSI crudo sin que se presentará diferencias entre los procesos en los valores de EMA y EMAn.

El Cr₂O₃, no fue alternativa a la recolección total de excretas en la estimación de la EM.

Referencias bibliográficas

- Anderson-Haferman, J.C. et al. Effect of heating on nutritional quality of conventional and Kunitz trypsin inhibitor-free soybeans. **Poultry Science**, v. 71, p. 1700-1709, 1992.
- Brenes, A.; Brenes, J. Tratamiento tecnológico de los granos de leguminosas: influencia sobre el valor nutricional. **IX Curso de Especialización FEDNA**. Barcelona, 1993.
- Café, M.B. et al. Determinação do valor nutricional das sojas integrais processadas para aves. **Rev. Bras. Ciência Avícola**, v. 2, n. 1, p. 67-74, 2000.

- Carvalho, A. **Digestibilidad de dietas e metabolismo em frangos de corte e suínos alimentados com soja integral processada**. Santa Maria, Brasil: Universidade Federal de Santa Maria, 2006. Tesis (Maestría en Zootecnia).
- De Blas, C.; Mateos, G.G.; Rebollar, P.G. **Tablas FEDNA de composición y valor nutritivo de alimentos para la fabricación de piensos compuestos**. 2. ed. Madrid, España: Ediciones Peninsular, 2010.
- Dourado, L.R.B. et al. Poultry feed metabolizable energy determination using total or partial excreta collection methods. **Brazilian Poultry Science**, v. 12, n. 2, p. 129-132, 2010.
- Francesch, M. Sistemas para la valoración energética de los alimentos en aves. **Arch. Latinoam. Prod. Anim**, v. 9, n. 1, p. 35-42, 2001.
- Freitas, E.R. et al. Efeito do processamento da soja integral sobre a energia metabolizável e a digestibilidade dos aminoácidos para aves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p. 1938-1949, 2005.
- Herkelman, K.L.; Cromwell, G.L.; Stahly, T.S. Effects of heating time and sodium metabisulfite on the nutritional value of full-fat soybeans for chicks. **Journal Animal Science**, v. 69, p. 4477-4486, 1991.
- Netto, J. Soja integral na alimentação de aves e suínos. **Avicultura Industrial**, v. 82, n. 988, p. 4-15, 1992.
- Lázaro, R. et al. **Whole soybeans in diets for poultry**. Disponible en: [Link](#).
- Leeson, S.; Summers, J.D.; Diaz, G.J. **Nutrición aviar comercial**. Bogotá, Colombia: Gonzalo J. Diaz González, 2000.
- Lopez, G.; Leeson, S. Relevance of nitrogen correction for assessment of metabolizable energy with broilers to forty-nine days of age. **Poultry Science**, v. 86, p. 1696-1704, 2007.
- Mateos, G.G.; Latorre, M.A.; Lázaro, R. **Procesamiento del haba de soja**. Disponible en: www.asa-europe.org.
- Mayorca, C.M.E. et al. Study of methodological variations in apparent nutrient metabolism determination in broiler chickens. **Rev. Bras. Zoot**, v. 38, n. 10, p. 1921-1927, 2009.
- Monari, S. **Fullfat soya handbook**. Washington, USA: American Soybean Association, 1999. 44p.
- NRC. **Nutritional energetics of domestic animals and glossary of energy terms**. Washington, USA: Committee on Animal Nutrition, 1981. 54p.
- NRC. **Nutrient requirements of poultry**. Washington, USA: The National Academy Press, 1994. 155p.
- Norma Técnica Colombiana NTC 3716. Alimentos para animales. Soya Integral. ICS 65.120.00. 2002. Disponible en: [Link](#).
- Rodrigues, P.B. et al. Valores energéticos da soja e subprodutos da soja, determinados com frangos de corte e galos adultos. **Rev. Bras. Zootec**, v. 31, n. 4, p.1771-1782, 2002.
- Rostagno, H.S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos. Composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa, Brasil: Universidade Federal de Viçosa, 2011. 259p.

- Ruíz, N. New insights on the urease activity range for soybean meal: A worldwide opportunity for the poultry industry. **Arkansas Nutrition Conference**, 2012.
- Sakomura, N.K.; Rostagno, H.S. **Metodologias para avaliar o conteúdo de energia dos alimentos**. En: Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. Jaboticabal, Brasil: FUNEP, 2007. p. 41-86.
- Sakomura, N.K. et al. Avaliação da soja integral tostada ou extrusada sobre o desempenho de frangos de corte. **Rev. Bras. Zootec**, v. 27, n. 3, p. 584-594, 1998.
- Sauvant, D.; Perez J.-M. **Tables of composition and nutritive value of feed materials Pigs, poultry, cattle, sheep, goats, rabbits, horses, fish**. Paris, France: INRA, 2004. 304p.
- Scott, T.A.; Boldaji, F. Comparison of inert markers [Chromic Oxide or Insoluble Ash (Celite®)] for determining apparent metabolizable energy of wheat- or barley-based broiler diets with or without enzymes. **Poultry Science**, v. 76, p. 594-598, 1997.
- Sibbald, I.R. Measurement of bioavailable energy in poultry feedingstuffs: A review. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 62, n. 4, p. 983-1048, 1982.
- Sibbald, I.R.; Summers, J.D.; Slinger, S.J. Factors affecting the metabolizable energy content of poultry feeds. **Poultry Science**, v. 39, p. 544-556, 1960.
- Soares, K.R.; Bertechini, A.G.; Fassani, E.J. et al. Valores de energia metabolizavel de alimentos para pintos de corte na fase pre-inicial. **Ciência e Agrotecnologia, Lavras**, v. 29, n. 1, p. 238-244, 2005.

* Financiado por la firma Solla S.A, el posgrado en Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, la Fundación Aurelio Llano y con recursos propios.

Como citar: Rueda-Agudelo, S.L.; Giraldo-Mejía, Á.M. Energía metabolizable del grano de soya integral en pollos de engorde. *Revista Veterinaria y Zootecnia*, v. 12, n. 1, p. 84-104, 2018. Recuperado de: <http://vetzootec.ucaldas.edu.co/index.php/component/content/article?id=247>. DOI: **10.17151/vetzo.2018.12.1.7**

Esta obra está bajo una [Licencia de Creative Commons Reconocimiento CC BY](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

