

AVALIAÇÃO NUTRICIONAL E ENERGÉTICA DA SOJA INTEGRAL DESATIVADA PARA AVES¹

RICARDO VIANNA NUNES^{2*}, JOMARA BROCH³, CLAUBER POLESE⁴, CINTHIA EYNG⁵,
PAULO CESAR POZZA⁶

RESUMO – Foram determinados a composição química, os valores energéticos, os coeficientes de digestibilidade e o conteúdo de aminoácidos digestíveis verdadeiros de oito diferentes sojas integrais desativadas. Para a determinação dos valores energéticos foi utilizado o método da coleta total de excretas com 180 pintos, com 21 dias de idade, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, nove tratamentos (oito sojas e uma ração referência), quatro repetições e cinco aves por unidade experimental. Os coeficientes de digestibilidade verdadeira foram determinados utilizando a técnica da “alimentação forçada” com 40 galos cecectomizados, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, composto por oito tratamentos, cinco repetições e um galo por unidade experimental e cinco galos foram mantidos em jejum para determinação das perdas endógenas. Os valores médios de energia metabolizável aparente (EMA), aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMA_n) e os coeficientes de metabolizabilidade dos valores energéticos (CEMA e CEMA_n) das sojas variaram, respectivamente, de 3.191 a 4.242 kcal/kg, 2.953 a 3.906 kcal/kg, 64,85 a 80,42% e 60,00 a 74,07%. Os valores médios dos coeficientes de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos essenciais e não essenciais das sojas avaliadas variaram de 79,74 a 93,08% e de 78,33 a 91,85%, respectivamente. A soja 1 (desativada orgânica) foi a que apresentou os menores coeficientes de digestibilidade em relação as demais (obtidas comercialmente) em virtude de possível subprocessamento, confirmado pela análise da atividade ureática de 0,32.

Palavras-chave: Coeficientes de digestibilidade. Coleta total. Energia metabolizável aparente. Galos cecectomizados. Processamento térmico.

NUTRITIONAL AND ENERGETIC EVALUATION OF DEACTIVATED FULL-FAT SOYBEAN FOR POULTRY

ABSTRACT - Chemical composition, energy values, digestibility coefficients and the values of true amino acid of eight different deactivated full-fat soybeans were determined. The total excreta collecting method was used to determine the energy values, where 180 broiler chicken, aging 21 days, were distributed in a completely randomized design, with nine treatments (eight soybeans and one reference diet), four replicates, and five birds per experimental unit. The method of “forced feeding” was used to determine the digestibility coefficients, where 40 cecectomized roosters were distributed in a completely randomized design, with eight treatments, five replicates and one rooster per experimental unit five cockerels were fasted to determine endogenous losses. The values for apparent metabolizable energy (AME), nitrogen corrected AME (AME_n), and coefficients of metabolizability (CAME and CAME_n) for the soybean, ranged respectively, from 3.191 to 4.242 kcal/kg, 2.953 to 3.906 kcal/kg, 64.85 to 80.42% and 60.00 to 74.07%. The average values of true digestibility coefficients of essential and nonessential amino acids from soybeans evaluated ranged from 79.74 to 93.08% and from 78.33 to 91.85%, respectively. The soybean one (deactivated organic) showed the lowest digestible coefficients comparing to the others (obtained commercially), probably due to a subprocess, confirmed by the urease activity of 0.32.

Keywords: Apparent metabolizable energy. Cecectomized roosters. Digestibility coefficients. Heat processing. Total collection.

*Autor para correspondência

¹Recebido para publicação em 14/04/2014; aceito em 08/12/2014.

²Professor, Universidade Estadual do Oeste do Paraná – CCA - PPZ, Rua Pernambuco 1777, CEP 85960-000, Mal. Candido Rondon (PR), nunesrv@hotmail.com.

³Pós-graduando, Universidade Estadual do Oeste do Paraná - PPZ, Rua Pernambuco 1777, CEP 85960-000, Mal. Candido Rondon (PR), brochjomara@yahoo.com.br.

⁴Mestre em Zootecnia, Cooperativa Agrícola COPAGRIL, CEP 85960-000. Mal Candido Rondon (PR), polesecp@yahoo.com.br.

⁵Professor, Universidade Federal Grande Dourados, Caixa Postal 533, CEP 7904-970, Dourados (MS), cinthiaeyng@hotmail.com.

⁶Professor, Universidade Estadual de Maringá, Av. Colombo 5790, CEP 87020-900, Maringá (PR), pcpozza@yahoo.com.br.

INTRODUÇÃO

A soja integral, por apresentar teores elevados de proteína e energia, apresenta-se como matéria-prima com vantagens econômicas na fabricação de rações para aves. No entanto, a inclusão deste ingrediente *in natura* nas dietas é limitada pela presença de fatores antinutricionais, como os inibidores de proteases, lectinas e proteínas alergênicas (ROCHA et al., 2014). A presença destas substâncias no trato digestório das aves pode reduzir o aproveitamento das proteínas e demais nutrientes pelos animais e consequentemente prejudicar o desempenho produtivo (BRUM et al., 2006; CARVALHO et al., 2008).

A desativação destes componentes presentes nos grãos é realizada comumente pela indústria através de tratamentos térmicos, como a extrusão, a tostagem, a micronização e a radiação, uma vez que estas substâncias são termolábeis. Uma técnica que tem demonstrado efeitos benéficos é a desativação por uso de vapor, pressão e vácuo, obtendo-se a soja integral desativada (SID) (FARAG, 1998; FREITAS et al., 2005; CARVALHO et al., 2008). Em adição, tais processamentos quando bem executados podem ocasionar ruptura da parede celular do grão, proporcionando maior digestibilidade proteica (MENDES et al., 2004). Porém, muitas vezes, as diferentes técnicas disponíveis podem ocasionar diferenças na composição nutricional do ingrediente. Pesquisas que relatam a interferência dos processamentos térmicos utilizados sobre o valor nutricional da soja ainda são escassos (GERBER et al., 2006; OPALINSKI et al., 2006). Em virtude disso, estudos que correlacionem os processamentos realizados nos ingredientes com a composição química, valores energéticos e a digestibilidade dos aminoácidos se fazem necessários para que as informações disponibilizadas aos nutricionistas sejam constantemente atualizadas e precisas, proporcionando a maximização do retorno econômico e da produtividade (CALDERANO et al., 2010).

Neste sentido, a formulação de rações com base na fração de aminoácidos realmente disponível ao animal pode garantir, além de rações balanceadas, redução na eliminação de poluentes (BRUMANO et al., 2006). É consenso entre os nutricionistas de que o conhecimento do conteúdo energético e coeficiente de digestibilidade dos aminoácidos proporcionam atendimento das exigências nutricionais das aves e redução dos custos das rações.

Neste contexto, este trabalho foi desenvolvido para avaliar oito diferentes cultivares de soja integral desativada quanto à composição química e valores energéticos, bem como seus respectivos coeficientes de metabolizabilidade, determinados por meio da técnica de coleta total de excretas com pintos em crescimento e os coeficientes de digestibilidade e os valores de aminoácidos digestíveis verdadeiros utilizando o método da alimentação forçada com galos adultos cecectomizados.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram realizados dois ensaios de metabolismo para a determinação dos valores energéticos e de aminoácidos digestíveis de oito amostras de SID. As diferentes amostras de SID foram adquiridas em indústrias beneficiadoras de soja, localizadas no Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. A SID 1 foi processada em uma indústria de produtos orgânicos e as demais sojas todas produzidas de forma industrial.

Amostras de cada SID foram retiradas e encaminhadas ao Laboratório de Nutrição Animal, da Universidade Estadual do Oeste do Paraná (UNIOESTE), para determinação da matéria seca, proteína bruta, extrato etéreo, fibra bruta, fibra em detergente ácido, fibra em detergente neutro, matéria mineral, cálcio e fósforo, segundo metodologias descritas por Silva e Queiroz (2002). Os teores de energia bruta foram determinados em bomba calorimétrica adiabática Parr modelo 6400 (*Parr Instrument Company, Moline, Illinois, EUA*). A análise do diâmetro geométrico médio (DGM) foi realizada segundo método proposto por Zanoto e Bellaver (1996). Para avaliação da eficácia do tratamento térmico foram avaliadas a atividade ureática e a solubilidade proteica em KOH das sojas, de acordo com a Associação Nacional dos Fabricantes de Rações (ANFAR, 2005).

Para determinação dos valores de energia metabolizável aparente (EMA) e aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMA_n) foi utilizado o método tradicional de coleta total de excretas. O experimento foi realizado no Laboratório de Fisiologia e Metabolismo de Aves da UNIOESTE utilizando 180 pintos machos da linhagem Cobb 500, com 21 dias de idade, peso médio de 890 ± 4,78 gramas, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, com nove tratamentos, quatro repetições e cinco aves por unidade experimental. As aves foram criadas em galpão de alvenaria até os 21 dias de idade e posteriormente transferidas para as gaiolas metabólicas com dimensões de 50 x 50 cm, providas de bebedouros tipo nipple e comedouros individuais por gaiola.

A temperatura e a umidade relativa durante o período experimental foram de 30,07°C e 78,96%, respectivamente, para máxima, e de 23,62°C e 49,96%, respectivamente, para mínima.

As dietas experimentais foram constituídas de uma ração-referência (RR) a base de milho e farelo de soja, formulada para atender as exigências nutricionais dos animais de 22 a 32 dias de idade, de acordo com as recomendações de Rostagno et al. (2005) e oito rações-teste, constituídas por 80% da RR e 20% das respectivas SID.

O período experimental teve duração de 10 dias, sendo os cinco primeiros utilizados para adaptação das aves às gaiolas e às dietas, e os dias restantes utilizados para coleta total de excretas, utilizando

bandejas metálicas sob as gaiolas, revestidas com plástico, as quais foram realizadas duas vezes ao dia para evitar fermentações. A cada coleta tomou-se o cuidado para evitar possíveis contaminações com ração, penas e escamas e as excretas foram acondicionadas em sacos plásticos e armazenadas em *freezer*.

Durante o período experimental as aves receberam ração e água a vontade. Ao término da última coleta foi determinado o consumo de ração e após descongelamento das excretas estas foram quantificadas e homogêneas e as amostras retiradas para realização da pré-secagem (55°C por 72 horas, em estufa de ventilação forçada), moagem em moinho tipo Willye e posterior determinação da matéria seca, nitrogênio total e energia bruta.

Uma vez obtido o resultado das análises laboratoriais dos alimentos, da RR e das excretas, foram calculados os valores de EMA e EMA_n, segundo as equações propostas por Matterson et al. (1965), e os coeficientes de metabolizabilidade da energia bruta, em relação aos valores de EMA e EMA_n.

Um segundo experimento foi realizado no Setor de Avicultura da Universidade Federal de Viçosa (UFV) para determinação dos coeficientes de digestibilidade verdadeira das oito amostras de SID, utilizando a técnica da “alimentação forçada”, descrita por Sibbald (1976), com galos Leghorn adultos cecectomizados, com peso médio de 2571,5 g ± 205 g. As aves foram cecectomizadas conforme a metodologia descrita por Pupa et al. (1998), utilizando anestesia local e laparotomia abdominal.

Foram utilizados 45 galos, distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, composto por oito tratamentos, cinco repetições e um galo por unidade experimental. Concomitantemente, cinco aves foram mantidas em jejum para determinação das perdas endógenas e metabólicas dos aminoácidos.

Os aminogramas dos alimentos e das excretas foram realizados no Laboratório de Nutrição Animal da Ajinomoto, na França, por meio de cromatografia líquida de alta *performance* (HPLC), segundo metodologia descrita pela AOAC (1995).

Os galos foram alojados individualmente em gaiolas metálicas de metabolismo (50 x 50 cm) e submetidos a um período de adaptação de cinco dias, onde receberam alimentação em dois turnos de uma hora cada, sendo um pela manhã e outro a tarde, a fim de promover dilatação do papo. Antes da ingestão forçada dos alimentos os galos foram submetidos a jejum de 24 horas para esvaziamento do trato digestório. Após este período, cada ave foi alimentada com 30 g do alimento teste, correspondente ao tratamento em questão, divididos em duas porções de 15 g, fornecidas às 8 e às 16 h, a fim de evitar regurgitações. A introdução do alimento ocorreu por intermédio de um funil-sonda, via oral, até o papo.

A coleta total de excretas foi realizada durante 56 horas após a primeira alimentação, coleta esta realizada em dois horários, às 8 e às 17 h, a fim de

evitar fermentação das mesmas. As excretas foram depositadas em bandejas revestidas com plásticos e colocadas sob o piso das gaiolas.

As excretas coletadas foram identificadas por repetição, quantificadas e congeladas. Ao final do período de coleta foram descongeladas a temperatura ambiente e homogêneas para posterior secagem em estufa de ventilação forçada a 55°C, moagem e análise de matéria seca e aminoácidos.

Tendo conhecimento das quantidades de aminoácidos ingeridos e excretados, bem como a fração metabólica e endógena obtida com galos em jejum, foram determinados os coeficientes de digestibilidade verdadeira e o conteúdo digestível verdadeiro de cada aminoácido nos alimentos, utilizando a fórmula proposta por Rostagno e Featherston (1977).

Como procedimento estatístico, foi realizada análise de variância (ANOVA) e posteriormente aplicação do teste de comparação de médias Student Newman-Keuls, a 5% de probabilidade para os coeficientes de metabolizabilidade da energia e para os coeficientes de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos, por intermédio do Sistema de Análises Estatísticas – SAEG (2007).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com a composição química (Tabela 1), observa-se que a soja integral desativada constitui fonte adequada de proteínas e lipídios, apresentando valores elevados com relação a estes nutrientes. Os resultados encontrados para os nutrientes são condizentes aos reportados por Rodrigues et al. (2002) e Silveira e Souza (2007), exceto para cálcio e fósforo.

As variações observadas quanto à composição química entre os alimentos estudados ocorrem devido a fatores como condições de cultivo, diferentes cultivares utilizados e aos processamentos a que são submetidos os ingredientes (CALDERANO et al., 2010).

Os teores proteicos das sojas avaliadas variaram de 35,77 a 43,69%, exceto para a soja 4 e 6, cujos valores encontrados são superiores aos reportados por Rostagno et al. (2011) para a soja integral extrusada e soja integral tostada (36,42%). No entanto, os valores de proteína bruta não devem ser considerados individualmente, sendo necessário determinar os valores de digestibilidade dos aminoácidos. Através da digestibilidade dos aminoácidos infere-se sobre a qualidade proteica do alimento, visto que o valor pode sofrer alterações pelo processamento térmico a que são submetidos os ingredientes (SCAPIM et al., 2003). Com relação aos valores de extrato etéreo, exceto para a soja 6, a composição apresentada é superior ao reportado por Rostagno et al. (2011). As variações observadas nos valores de composição química reforçam a importância de se considerar o

tipo de processamento térmico aplicado quando da utilização da soja integral na alimentação de aves.

Quanto ao diâmetro geométrico médio (DGM) das partículas, os alimentos são classificados como granulometria fina quando apresentam DGM inferior a 600 µm, média quando o DGM é de 600 a 2000 µm e grossa quando o DGM é superior a 2000 µm (ZANOTTO; BELLAVER, 1996). Dessa forma, todas as sojas estudadas podem ser classifica-

das como de média granulometria. O tamanho das partículas dos alimentos destinados à fabricação de rações pode influenciar a digestibilidade dos nutrientes. A redução na granulometria dos ingredientes pode interferir no peristaltismo intestinal das aves, podendo, desta forma, aumentar a taxa de passagem (OPALINSKI et al, 2010) e prejudicar a digestibilidade dos nutrientes (OPALINSKI et al., 2011).

Tabela 1. Composição química dos alimentos testes (% na matéria natural), diâmetro geométrico médio (DGM), solubilidade em KOH (%) e índice de urease.

Análise	Soja Integral Desativada							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Matéria Seca (%)	92,41	92,99	90,93	92,18	93,26	93,49	91,89	91,97
Proteína Bruta (%)	43,69	38,15	38,63	35,88	37,12	35,77	37,51	37,21
Extrato Etéreo (%)	19,40	18,46	18,82	19,34	19,64	15,44	21,85	20,06
Fibra Bruta (%)	4,79	5,06	3,98	5,93	5,22	5,54	4,06	4,90
FDA (%)	5,92	8,70	6,93	8,82	6,97	8,38	5,47	7,03
FDN (%)	7,51	12,98	10,66	16,83	14,62	14,33	7,30	10,50
Matéria Mineral (%)	5,28	5,12	4,84	5,14	5,36	5,42	5,09	4,92
Cálcio (%)	0,22	0,24	0,22	0,24	0,25	0,32	0,25	0,23
Fósforo (%)	0,56	0,50	0,52	0,51	0,61	0,53	0,54	0,51
DGM (µm)	705	990	1037	954	1001	946	1038	999
Solub KOH (0,2%)	84,18	78,35	73,28	81,64	79,31	80,79	80,07	77,68
Atividade ureática	0,32	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,02	0,04

FDA = fibra em detergente ácido; FDN = fibra em detergente neutro; DGM = diâmetro geométrico médio; Solub KOH (0,2%) = solubilidade proteica em KOH 0,2%

Para avaliar a eficácia do tratamento térmico em desativar os constituintes presentes na soja e considerados tóxicos ao organismo animal, alguns métodos podem ser utilizados, como a atividade ureática, comumente correlacionada a efeitos de subaquecimento e a solubilidade proteica, utilizada para verificar superaquecimento dos ingredientes. Sendo assim, a utilização de ambas as técnicas se faz necessária para que haja uma avaliação mais aprofundada do ingrediente em questão (ROCHA et al., 2014).

De acordo com os valores encontrados para a atividade ureática das sojas, infere-se que os processos aplicados, exceto para a soja 1, foram efetivos na desativação dos fatores antinutricionais, haja vista que a atividade ureática se enquadrou na faixa de normalidade (valores entre 0,02 a 0,04), preconizados pela ANFAR (2005). Neste sentido, sugere-se um subaquecimento para a soja 1 (índice de urease de 0,32). Apesar da análise da desnaturação da enzima urease indicar desativação dos fatores antinutricionais, este método não avalia a interferência do processamento térmico sobre a qualidade proteica do ingrediente. Sendo assim, a análise da solubilidade proteica é utilizada por correlacionar o grau de desnaturação da proteína e a biodisponibilidade dos aminoácidos (CARVALHO et al., 2008). Todos os valores de solubilidade proteica encontrados no presente trabalho estiveram entre 70% e 85%, faixa de processamento considerada satisfatória (ARABA;

DALE, 1990).

Na análise dos resultados obtidos no ensaio de digestibilidade, observou-se variações entre os valores de EMA e EMA_n (Tabela 2). A variação da EMA e EMA_n entre as sojas estudadas foi de 24,78% e 24,40%, respectivamente (3.191 a 4.242 kcal/kg para EMA e 2.953 a 3.906 kcal/kg para EMA_n). Estas diferenças podem ser atribuídas às condições de processamento, uma vez que para a mesma técnica de tratamento térmico não existe completa padronização das condições de temperatura, umidade, tempo e pressão (FREITAS et al., 2005). Quanto aos nutrientes que podem influenciar nos valores energéticos, o conteúdo de PB e EE e a composição dos ácidos graxos e minerais são os fatores que mais contribuem para as variações (NUNES et al., 2005).

Em adição, relatos na literatura têm demonstrado que o processamento térmico de pré-cozimento ou desativação da soja integral é menos eficiente em disponibilizar a energia do grão para as aves do que os demais processamentos térmicos (FREITAS et al., 2005). O processo de desativação com uso de vapor pode não ocasionar a mesma liberação do conteúdo lipídico contido no grão, como ocorre em outros processos térmicos, como a extrusão (SAKOMURA et al., 1998). Sendo assim, a atividade das enzimas, responsáveis pela digestão da fração lipídica, fica limitada, reduzindo o aproveitamento energético do grão pelo organismo animal.

Tabela 2. Valores energéticos das diferentes amostras de soja integral desativada.

	Soja Integral Desativada							
	1	2	3	4	5	6	7	8
	Valores expressos na matéria natural (kcal/kg)							
EB	5.160	5.457	4.975	4.921	5.436	5.620	5.274	5.140
EMA	3.826 ±90	3.976 ±180	3.574 ±151	3.191 ±173	3.994 ±135	4.053 ±172	4.242 ±165	4.021 ±185
EMA _n	3.456 ±88	3.694 ±156	3.269 ±154	2.953 ±151	3.701 ±149	3.810 ±144	3.906 ±141	3.709 ±176
	Valores expressos na matéria seca (kcal/kg)							
EB	5.584	5.868	5.471	5.338	5.829	6.013	5.739	5.604
EMA	4.141 ±96	4.276 ±194	3.930 ±166	3.462 ±188	4.283 ±145	4.336 ±184	4.616 ±180	4.372 ±201
EMA _n	3.740 ±95	3.973 ± 167	3.595 ±169	3.203 ±164	3.968 ±159	4.077 ±154	4.251 ±153	4.032 ±192

EB = energia bruta; EMA = energia metabolizável aparente; e EMA_n = EMA corrigida pelo balanço de nitrogênio

As sojas diferiram (P<0,05) quanto aos coeficientes de metabolizabilidade (Tabela 3). Considerando a composição química, observa-se que as sojas 7 e 8 apresentaram altos coeficientes de metabolizabilidade em função do maior teor de extrato etéreo e

menor teor de fibra bruta. A soja 4 apresentou o menor coeficiente de metabolizabilidade, provavelmente em razão da presença de altos teores de fibra bruta, fibra em detergente neutro e ácido, em relação as demais sojas.

Tabela 3. Coeficientes de metabolizabilidade e seus respectivos desvios padrões das diferentes amostras de soja integral desativada, na percentagem matéria seca.

	Soja Integral Desativada								CV
	1	2	3	4	5	6	7	8	
CEMA	74,15 ±1,74 ^b	72,86 ±3,30 ^b	71,83 ±3,04 ^b	64,85 ±3,51 ^c	73,48 ±2,48 ^b	72,11 ±3,06 ^b	80,42 ±3,13 ^a	78,02 ±3,58 ^{ab}	4,13
CEMA _n	66,97 ±1,70 ^{bc}	67,70 ±2,85 ^{bc}	65,71 ±3,09 ^c	60,00 ±3,06 ^d	68,08 ±2,73 ^{bc}	67,79 ±2,56 ^{bc}	74,07 ±2,68 ^a	71,96 ±3,42 ^{ab}	4,14

^{a,b,c,d} Letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste de SNK (P<0,05) CV = coeficiente de variação.

Quando comparada a composição aminoacídica das sojas estudadas (Tabela 4) com a literatura observam-se valores discrepantes (CARVALHO et al., 2008; SCOTTÁ et al., 2013). O controle de qualidade da soja integral desativada fornece informações sobre a inativação dos fatores antinutricionais e os efeitos do aquecimento sobre a digestibilidade e a qualidade da proteína, o que pode levar a variações no conteúdo de aminoácidos dos alimentos avaliados. O subaquecimento mantém os fatores antinutricionais, ao passo que o superaquecimento causa redução da digestibilidade dos aminoácidos, principalmente devido a reação de Maillard, na qual há interação de aminoácidos com açúcares formando produtos indisponíveis aos processos digestivos (LEESON; SUMMERS, 2001; MENDES et al., 2004).

Neste experimento, houve diferença (P<0,05) nos coeficientes de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos essenciais e não essenciais para a soja 1

com relação as demais (Tabela 5). Os resultados se justificam considerando o alto índice de urease apresentado pela soja 1, indicando um processamento térmico de má qualidade. Desta forma, os fatores antinutricionais podem não ter sido desativados reduzindo a digestibilidade dos aminoácidos ao interferir nos processos de digestão. Entre os fatores antinutricionais mais comuns podem ser citados os inibidores de tripsina.

Além disso, como mencionado anteriormente, as condições de processamento (SAKOMURA et al., 2004), bem como a variabilidade genética existente entre as sojas, podem levar a variações na composição química dos alimentos, o que poderia justificar as diferenças entre a soja integral orgânica (soja 1) das demais.

Os valores de digestibilidade dos aminoácidos do presente trabalho são condizentes aos da soja integral extrusada e soja integral tostada apresentados por Rostagno et al. (2011).

Tabela 4. Composição aminoacídica dos alimentos, em percentagem, na matéria natural.

	Soja Integral Desativada							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Lys	2,863	2,455	2,474	2,395	2,371	2,230	2,337	2,226
Met	0,613	0,521	0,517	0,503	0,530	0,498	0,509	0,497
Cys	0,637	0,537	0,534	0,518	0,551	0,521	0,539	0,548
Met+Cys ¹	1,250	1,058	1,051	1,022	1,081	1,019	1,048	1,045
Thr	1,743	1,524	1,538	1,455	1,471	1,350	1,435	1,408
Arg	3,404	2,974	2,980	2,800	2,793	2,636	2,775	2,776
His	1,154	1,049	1,049	0,991	0,998	0,935	0,961	0,971
Val	2,055	1,825	1,842	1,773	1,773	1,642	1,716	1,666
Ile	1,972	1,736	1,749	1,673	1,688	1,585	1,658	1,605
Leu	3,446	3,051	3,075	2,933	2,923	2,735	2,876	2,725
Phe	2,221	1,980	1,975	1,894	1,887	1,798	1,882	1,831
Ala	2,002	1,761	1,768	1,719	1,716	1,599	1,684	1,596
Asn	5,093	4,542	4,594	4,330	4,381	4,104	4,359	4,123
Glu	8,392	7,408	7,488	7,047	7,100	6,690	6,924	6,242
Ser	2,316	2,038	2,060	1,997	2,001	1,890	1,946	1,866
Tyr	1,527	1,338	1,336	1,290	1,324	1,247	1,296	1,277

¹Metionina+Cistina.

Tabela 5. Coeficientes de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos essenciais e não essenciais, percentagem na matéria seca.

A.A ¹	Soja Integral Desativada								CV%
	1	2	3	4	5	6	7	8	
Lys	84,25 ±8,05 ^b	92,85 ±0,54 ^a	92,21 ±0,72 ^a	92,09 ±1,36 ^a	90,93 ±1,44 ^a	89,84 ±0,94 ^a	92,71 ±1,60 ^a	90,99 ±1,20 ^a	3,36
Met	76,81 ±12,05 ^b	91,50 ±1,05 ^a	87,45 ±5,34 ^a	88,22 ±1,40 ^a	91,42 ±1,61 ^a	88,68 ±0,98 ^a	92,39 ±1,09 ^a	88,46 ±1,44 ^a	5,44
Met+Cys ²	73,57 ±13,70 ^b	90,36 ±0,79 ^a	85,93 ±3,74 ^a	88,75 ±2,58 ^a	85,95 ±2,62 ^a	85,02 ±1,27 ^a	88,87 ±1,76 ^a	85,70 ±2,33 ^a	6,22
Thr	73,37 ±13,03 ^b	89,40 ±1,45 ^a	86,08 ±2,37 ^a	88,79 ±4,17 ^a	83,74 ±2,91 ^a	84,34 ±2,32 ^a	88,26 ±1,92 ^a	85,36 ±2,57 ^a	6,16
Arg	87,47 ±6,97 ^b	96,12 ±0,25 ^a	95,94 ±0,97 ^a	94,11 ±1,09 ^a	93,83 ±1,94 ^a	93,85 ±0,68 ^a	95,87 ±1,29 ^a	94,32 ±0,96 ^a	2,85
His	84,99 ±8,67 ^b	94,77 ±0,54 ^a	93,26 ±3,62 ^a	93,07 ±1,72 ^a	91,94 ±3,01 ^a	91,35 ±0,93 ^a	94,19 ±1,92 ^a	90,77 ±1,67 ^a	4,00
Val	76,78 ±10,98 ^b	92,43 ±1,79 ^a	90,96 ±2,96 ^a	90,93 ±1,68 ^a	90,10 ±1,62 ^a	88,24 ±1,08 ^a	92,13 ±1,66 ^a	90,05 ±1,78 ^a	4,79
Ile	79,24 ±9,71 ^b	94,04 ±1,15 ^a	92,99 ±2,17 ^a	92,30 ±1,44 ^a	92,74 ±1,21 ^a	91,14 ±0,67 ^a	93,78 ±1,39 ^a	92,32 ±1,46 ^a	4,04
Leu	79,04 ±10,68 ^b	94,35 ±0,60 ^a	93,14 ±0,88 ^a	93,00 ±1,41 ^a	92,15 ±1,44 ^a	90,97 ±0,66 ^a	93,85 ±1,44 ^a	92,54 ±1,33 ^a	4,31
Phe	81,85 ±9,74 ^b	94,94 ±0,57 ^a	93,63 ±0,63 ^a	93,31 ±1,48 ^a	92,53 ±1,50 ^a	91,89 ±0,60 ^a	94,33 ±1,31 ^a	92,92 ±1,26 ^a	3,92
Média	79,74	93,08	91,16	91,46	90,53	89,53	92,64	90,34	
AA ³									
Cys	70,46 ±15,33 ^b	89,26 ±0,83 ^a	84,50 ±4,58 ^a	89,30 ±4,81 ^a	80,73 ±3,56 ^a	81,62 ±1,58 ^a	85,54 ±2,75 ^a	83,07 ±3,52 ^a	7,55
Ala	72,38 ±12,95 ^b	87,88 ±1,63 ^a	86,23 ±1,68 ^a	88,24 ±1,65 ^a	85,74 ±2,01 ^a	84,62 ±1,14 ^a	88,46 ±1,55 ^a	85,71 ±2,04 ^a	5,71
Asp	81,33 ±9,88 ^b	91,95 ±0,76 ^a	89,77 ±1,98 ^a	92,06 ±1,92 ^a	87,99 ±1,75 ^a	88,52 ±0,86 ^a	90,87 ±1,36 ^a	89,24 ±1,54 ^a	4,24
Glu	86,62 ±7,82 ^b	94,99 ±0,80 ^a	94,37 0,65 ^a	94,37 ±1,01 ^a	93,53 1,19 ^a	92,55 ±0,61 ^a	94,92 ±1,30 ^a	93,52 ±1,17 ^a	3,13
Ser	79,10 ±11,23 ^b	93,10 ±0,79 ^a	90,61 ±1,53 ^a	92,68 ±2,39 ^a	88,63 ±2,17 ^a	89,02 ±1,21 ^a	92,29 ±1,34 ^a	90,59 ±1,59 ^a	4,76
Tyr	80,09 ±11,11 ^b	93,91 ±0,99 ^a	93,26 ±1,41 ^a	92,49 ±2,06 ^a	92,11 ±1,68 ^a	91,39 ±0,70 ^a	93,39 ±1,69 ^a	91,91 ±1,60 ^a	4,58
Média	78,33	91,85	89,79	91,52	88,12	87,95	90,91	89,01	

¹Aminoácido essencial; ² Metionina + Cistina; e ³Aminoácido não essencial; CV = coeficiente de variação.

^{a,b} Letras diferentes na mesma linha diferem pelo teste de Student Newman-Keuls (P<0,05).

Da mesma forma que ocorreu com a composição aminoacídica, observou-se variabilidade entre os resultados para o teor de aminoácidos digestíveis verdadeiros (Tabela 6). Segundo Rodrigues et al. (2002), as diferenças estão associadas às variações na quantidade total de cada aminoácido e no coeficiente de digestibilidade, resultando em variações no

conteúdo de aminoácidos digestíveis de um mesmo alimento.

Apesar dos menores coeficientes de digestibilidade apresentados pela soja 1 os valores de aminoácidos digestíveis verdadeiros se equipararam às demais sojas, haja vista que o conteúdo aminoacídico inicial foi superior.

Tabela 6. Valores de aminoácidos digestíveis verdadeiros dos alimentos, em porcentagem, na matéria natural.

Aminoácidos	Sojas							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Lys	2,412	2,279	2,281	2,206	2,156	2,003	2,167	2,025
Met	0,471	0,477	0,452	0,444	0,485	0,442	0,470	0,440
Cys	0,449	0,479	0,451	0,463	0,445	0,425	0,461	0,455
Met+Cys ¹	0,919	0,956	0,903	0,907	0,929	0,866	0,931	0,896
Thr	1,278	1,362	1,324	1,292	1,232	1,139	1,266	1,202
Arg	2,977	2,859	2,859	2,635	2,621	2,474	2,660	2,618
His	0,981	0,994	0,978	0,922	0,908	0,854	0,905	0,881
Val	1,578	1,687	1,676	1,612	1,597	1,449	1,581	1,500
Ile	1,563	1,632	1,626	1,544	1,565	1,445	1,555	1,482
Leu	2,724	2,879	2,864	2,728	2,693	2,488	2,699	2,522
Phe	1,818	1,880	1,849	1,767	1,746	1,652	1,775	1,701
Ala	1,449	1,548	1,525	1,517	1,471	1,353	1,490	1,368
Asn	4,142	4,149	4,124	3,985	3,855	3,633	3,961	3,679
Glu	7,269	7,037	7,066	6,650	6,641	6,192	6,572	5,837
Ser	1,832	1,897	1,867	1,851	1,774	1,683	1,796	1,690
Tyr	1,223	1,303	1,274	1,181	1,219	1,140	1,210	1,174

¹Metionina + Cistina

Devido às variações encontradas, o conhecimento da composição química e dos valores energéticos, bem como os coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos com consequente conhecimento da fração aminoacídica dos alimentos que realmente é aproveitada pelos animais, faz-se necessário haver maior acurácia nas formulações de rações, proporcionando, desta forma, melhores desempenhos produtivos.

CONCLUSÕES

As variações observadas quanto à composição química das diferentes sojas ocorrem devido principalmente a pouca padronização no processamento térmico empregado.

Os valores de EMA, EMA_n, CEMA e CEMA_n médios das sojas, variaram, respectivamente, de 3.191 a 4.242 kcal/kg, 2.953 a 3.906 kcal/kg, 64,85 a 80,42% e 60,00 a 74,07%.

O conteúdo de aminoácidos essenciais e não essenciais totais dos alimentos testados variaram de acordo com o alimento. Os coeficientes de digestibilidade média para os aminoácidos essenciais e não essenciais variaram de 79,74 a 93,08% e 78,33 a 91,85%, respectivamente.

REFERÊNCIAS

ANFAR. **Compêndio Brasileiro de Alimentação Animal: Métodos Analíticos**, 2005. 204 p.

ARABA, M.; DALE, N. M. Evaluation of protein solubility as an indicator of overprocessing of soybean meal. **Poultry Science**, Oxford, v. 69, n. 8, p. 76-82, 1990.

Association of official analytical chemists. **Official methods of analysis of AOAC**. 15. Ed. Arlington, 1995. 2v.

BRUM, P. A. R. et al. **Características da soja integral desativada por diferentes processos térmicos para alimentação de frangos de corte**. (Comunicado Técnico: EMBRAPA, n. 451, p. 5, dez. 2006)

BRUMANO, G. et al. Aminoácidos digestíveis verdadeiros de alimentos protéicos determinados em galos cecectomizados. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 6, p. 2290-2296, 2006.

CALDERANO, A. A. et al. Composição química e energética de alimentos de origem vegetal determinadas em aves de diferentes idades. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 39, n. 2, p. 320-326, 2010.

- CARVALHO, A. Á. et al. Digestibilidade aparente de dietas e metabolismo de frangos de corte alimentados com dietas contendo soja integral processada. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 2, p. 477-483, 2008.
- FARAG, M. D. E. H. The nutritive value for chicks of full-fat soybeans irradiated at up to 60 kGy. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 73, n. 3-4, p. 319-328, 1998.
- 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**, Viçosa, v. 34, n. 6, p. 1938-1949, 2005.
- GERBER, L. F. P. et al. Efeito da composição do farelo de soja sobre o desempenho e metabolismo de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 4, p. 1359-1365, 2006.
- LEESON, S.; SUMMERS, J. D. **Scott's nutrition of the chicken**. 4.ed. Guelph: University Books, 2001. p. 591.
- LUDKE, M. C. M. M. et al. Soja integral processada de diferentes formas para uso em dietas para suínos em crescimento e terminação. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 5, p. 1566-1572, 2007.
- MATTERSON, L. D. et al. **The metabolizable energy of feed ingredients for chickens**. Storrs: The University of Connecticut, Agricultural Experiment Station, 1965. (Research Report, 7).
- MENDES, W. S. et al. Composição química e valor nutritivo da soja crua e submetida a diferentes processamentos térmicos para suínos em crescimento. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 56, n. 2, p. 207-213, 2004.
- NUNES, R. V. et al. Valores energéticos de subprodutos de origem animal para aves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 4, p. 1217-1224, 2005.
- OPALINSKI, M. et al. Adição de níveis crescentes de complexo enzimático em rações com soja integral desativada para frangos de corte. **Archives of Veterinary Science**, Curitiba, v. 11, n. 3, p. 31-35, 2006.
- OPALINSKI, M. et al. Adição de complexo enzimático e da granulometria da soja integral desativada melhora desempenho de frango de corte. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 40, n. 3, p. 628-632, 2010.
- OPALINSKI, M. et al. Impacto de enzimas e da granulometria sobre a digestibilidade da soja desativada para frangos de corte. **Archives of Veterinary Science**, Curitiba, v. 16, n. 2, p. 84-90, 2011.
- PUPA, J. M. R. et al. Cecectomia em galos sob anestesia local e incisão abdominal. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 50, n. 5, p. 531-535, 1998.
- ROCHA, C. et al. The effect of raw and roasted soybeans on intestinal health, diet digestibility, and pancreas weight of broilers. **The Journal of Applied Poultry Research**, Oxford, v. 23, n. 1, p. 71-79, 2014.
- RODRIGUES, P. B. et al. Valores energéticos da soja e subprodutos da soja, determinados com frangos de corte e galos adultos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 31, n. 4, p. 1771-1782, 2002.
- ROSTAGNO, H. S.; FEATHERSTON, W. R. Estudos de métodos para determinar disponibilidade de aminoácidos em pintos. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 6, n. 1, p. 64-76, 1977.
- ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2005. 186 p.
- ROSTAGNO, H. S. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2011.
- SISTEMA PARA ANÁLISES ESTATÍSTICAS. Versão 9.1. Viçosa: UFV, Fundação Arthur Bernardes, 2007.
- SAKOMURA, N. K. et al. Avaliação da soja integral tostada ou extrusada sobre o desempenho de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 27, n. 3, p. 584-594, 1998.
- SAKOMURA, N. K. et al. Efeito da idade dos frangos de corte sobre a atividade enzimática e digestibilidade dos nutrientes do farelo de soja e soja integral. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 33, n. 4, p. 924-935, 2004.
- SCOTTÁ, B. A. et al. Coeficientes de digestibilidade e conteúdo de aminoácidos digestíveis em alimentos proteicos para frangos de corte. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, Viçosa, v. 3, n. 1, p. 151-157, 2013.
- SIBBALD, I. R. A bioassay for available amino acids and true metabolizable energy in feedstuffs. **Poultry Science**, Oxford, v. 55, n. 3, p. 303-308, 1976.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de Alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa, MG: UFV, 2002. p. 235.

SILVEIRA, C. O.; SOUZA, C. F. V. Variações do método de quantificação da proteína solúvel em soja desativada utilizada na alimentação animal. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, Ponta Grossa, v. 1, n. 2, p. 117-127, 2007.

SCAPIM, M. R. S.; LOURES, E. G.; ROSTAGNO, H. Avaliação nutricional da farinha de penas e de sangue para frangos de corte submetida a diferentes tratamentos térmicos. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, Maringá, v. 25, n. 1, p. 91-98, 2003.

ZANOTO, D. L.; BELLAVER, C. **Método de determinação da granulometria de ingredientes para uso em rações de suínos e aves**. (Comunicado Técnico. EMBRAPA, p. 1-5, 1996).