



## Adição de complexo multienzimático em dietas à base de soja extrusada: valores energéticos e digestibilidade de nutrientes em pintos de corte<sup>1</sup>

Claudson Oliveira Brito<sup>2</sup>, Luiz Fernando Teixeira Albino<sup>3</sup>, Horacio Santiago Rostagno<sup>3</sup>, Paulo Cezar Gomes<sup>3</sup>, Débora Cristine Oliveira Carvalho<sup>4</sup>, Anderson Corassa<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Parte da dissertação de Mestrado do primeiro autor apresentada ao programa de Pós-graduação em Zootecnia da UFV.

<sup>2</sup> Mestre em Nutrição de Monogástricos.

<sup>3</sup> Departamento de Zootecnia - UFV.

<sup>4</sup> Pós-graduação em Zootecnia - UFV.

**RESUMO** - O experimento foi realizado com o objetivo de avaliar os efeitos da adição de complexo multienzimático (CM) e do nível de processamento da soja sobre os valores energéticos e os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes de rações para pintos de corte. Foram utilizados 288 pintos de corte machos da linhagem Avian Farms, com oito dias de idade, em arranjo fatorial 3 x 2 (rações à base de soja extrusada subprocessada, normal e superprocessada, suplementadas ou não com complexo multienzimático), totalizando seis tratamentos, com oito repetições de seis aves por unidade experimental. As excretas foram coletadas e pesadas durante cinco dias consecutivos, utilizando-se os métodos de coleta total e de coleta ileal. A adição do CM (protease, amilase e celulase) promoveu aumento médio dos coeficientes de digestibilidade ileal aparente de matéria seca, proteína, energia e gordura das dietas de 4,8; 1,3; 4,8 e 6,0%, respectivamente. Entretanto, os maiores aumentos nos valores de digestibilidade ileal proporcionados pelo CM foram obtidos com as rações contendo soja extrusada subprocessada: 10,7% MS, 4,2% PB, 11,4% EB e 17,6% gordura. A adição do CM melhorou a digestibilidade ileal de FDN, FDA e HEM, em média, 10,60; 23,05 e 6,39%, respectivamente. As aves alimentadas com dietas contendo soja extrusada normal apresentaram maiores coeficientes de digestibilidade ileal dos nutrientes e valores de EM que aquelas alimentadas com sojas extrusadas sub e superprocessadas.

Palavras-chave: digestibilidade, enzimas, frangos de corte, processamento, soja extrusada

## Effects of feeding multienzymatic complex addition and different extruded soybean on energy values and nutrient digestibility in broiler chicks

**ABSTRACT** - This experiment was conducted to evaluate the effect of multienzymatic complex (MC) addition in diets with different types of extruded soybeans on the energy values and nutrient digestibility coefficients for broiler chicks. A total of 288 Avian Farms males broiler chicks averaging eight days old was allotted to a 3 x 2 factorial arrangement (under, standard and over processed extruded full fat soybean-based diets with and without MC, in a total of six treatments with eight replicates and six birds per experimental unit. Feces were collected and weighed during five days. It was observed that the MC addition (composed by cellulase, amylase and protease) increased the coefficients of dietary ileal apparent digestibility of DM, CP, GE, and fat by 4.8, 1.3, 4.8, and 6%, respectively. However, under processed extruded full fat soybean-based diets, with MC, increased most the ileal digestibility: 10.7% (DM), 4.2% (CP), 11.4%, (GE), and 17.55% fat. The MC addition increased the ileal digestibility of NDF, ADF, and hemicelullose at average 10.60, 23.05, and 6.39%, respectively. The birds fed diets with standard processed extruded full fat soybean showed higher values of coefficients of nutrient ileal digestibility and of metabolizable energy than those fed extruded under and over processed full fat soybean-based diet.

Key Words: broiler chicks, digestibility, enzymes, extruded full fat soybean, processing

### Introdução

A busca pelo aumento da eficácia da produção animal tem sido constante e um dos principais avanços da nutrição é o uso de enzimas exógenas, com notável aplicação nas dietas para monogástricos.

Grande parte das dietas para aves é produzida à base de milho e farelo de soja, considerados alimentos de excelente digestibilidade e disponibilidade de aminoácidos. Essas características, no entanto, dependem do processamento, especialmente no caso da soja, que representa mais de 70% da proteína dietética das rações. Em dietas para aves, a soja

integral tem sido utilizada em substituição ao farelo de soja, por apresentar proteína de alta qualidade e ser rica fonte de energia. Porém, para sua utilização, torna-se necessária a inativação dos fatores antinutricionais, feita por meio de processamentos como tostagem e extrusão (Jorge Neto, 1992).

Para avaliar o adequado processamento da soja integral, são utilizadas metodologias como a solubilidade da proteína em hidróxido de potássio (KOH) 0,2% para obtenção de valores entre 75 e 90% e atividade da urease de 0,05 a 0,30 (valores acima ou abaixo indicam processamento inadequado).

O tipo de processamento da soja integral, além de reduzir os fatores antinutricionais, também influencia a digestibilidade dos polissacarídeos não-amiláceos (PNA), da proteína e dos lipídios. Vários estudos têm demonstrado que a soja integral extrusada apresenta maior digestibilidade desses nutrientes que a soja autoclavada ou a tostada (Marsman et al., 1997; Sakomura, 1996; White et al., 1967). Essa melhora na digestibilidade decorre da maior exposição dos nutrientes à ação enzimática e da redução da viscosidade (Alonso et al., 2001; Marsman et al., 1997; White et al., 1967).

Diversas pesquisas têm sido realizadas visando conhecer o efeito da adição de enzimas exógenas sobre a digestibilidade dos nutrientes de diferentes alimentos constituintes das dietas para aves. A digestibilidade e a absorção dos nutrientes são dependentes do tipo de ingrediente que compõe a dieta e suas características físico-químicas, pois a presença dos PNAs (arabinose e xilose) e dos oligossacarídeos (estaquiase, verbascose, rafinose) na soja integral pode reduzir a digestibilidade dos nutrientes, além de favorecer o aumento da proliferação de microrganismos no trato gastrointestinal.

Segundo Marsman et al. (1997), o uso de enzimas, celulase e protease em dietas formuladas com soja extrusada ou soja tostada para frangos de corte aumentou a digestibilidade da PB e dos PNAs. Pugh & Charlton (1995), utilizando um complexo multienzimático composto de celulase, protease e xilanase (1 kg/t) em dietas à base de farelo de soja (48% PB) para frangos de corte, observaram aumento de 7,2% no valor de EM.

A adição de enzimas e o tipo de processamento da soja podem contribuir para a melhor utilização da energia e dos nutrientes das dietas, favorecendo o desempenho animal.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar os efeitos da adição de complexo multienzimático (protease, amilase e celulase) e do tipo de processamento da soja sobre os valores energéticos das rações e os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes.

## Material e Métodos

O experimento foi realizado no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa - MG, utilizando-se os métodos de coleta total e de coleta ileal.

A temperatura média registrada no período experimental foi de 27,7°C e as médias das mínimas e máximas foram de 24,8 e 30,6°C, respectivamente. Foram utilizados 288 pintos de corte machos da linhagem Avian Farms, com oito dias de idade e peso médio inicial de 147 g. As dietas à base de milho e de soja extrusada foram formuladas para conter níveis subótimos de proteína, lisina e metionina + cistina, com base nas exigências nutricionais e na composição dos alimentos referenciadas por Rostagno et al. (2000), para facilitar a detecção de diferenças no valor nutritivo das dietas (Tabela 1).

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 3 x 2 (rações à base de soja extrusada subprocessada, normal e superprocessada, suplementadas ou não com complexo multienzimático - CM), totalizando seis tratamentos com oito repetições de seis aves por unidade experimental (Tabela 2).

As sojas extrusadas subprocessada, normal e superprocessada foram incluídas na proporção fixa de 34% nas rações experimentais.

O complexo multienzimático (Allzyme Vegpro<sup>®</sup>), composto de celulase, amilase (3%) e protease (3%), foi usado na proporção de 500 mL/t de ração, de acordo com as recomendações da indústria. As rações foram acrescentadas de 0,5% de óxido de cromo (Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) como indicador indigerível para determinação do fator de indigestibilidade.

Até aos sete dias de idade, as aves receberam ração inicial para pintos de corte e foram criadas segundo recomendações do manual da linhagem. Aos oito dias de idade, foram transferidas para baterias frias em estruturas metálicas, constituídas de compartimentos distribuídos em dois andares. As aves receberam água e ração experimental à vontade.

O período experimental teve dez dias de duração, cinco de adaptação das aves às baterias e às rações experimentais e cinco para estimativa do consumo de ração e coleta total das excretas, realizada em intervalo de 12 horas, para determinação dos valores de energia metabolizável aparente (EMA) e aparente corrigida pela retenção de nitrogênio (EMAn).

Aos 19 dias, todas as aves de cada repetição foram abatidas por deslocamento cervical e imediatamente dissecadas para obtenção da digesta da porção do íleo terminal, a 5 cm da junção íleo-ceco-cólica até 25 cm em

Tabela 1 - Composições percentual e química das dietas experimentais

Table 1 - Ingredient and chemical compositions of the experimental diets

Ingrediente <i>Ingredient</i>	%
Milho ( <i>Corn</i> )	54,634
Soja extrusada (subprocessada, normal e superprocessada) <i>Extruded full fat soy bean</i> ( <i>under, standard, over processed</i> )	34,000
Farelo de soja ( <i>Soybean meal</i> )	7,000
Calcário ( <i>Limestone</i> )	1,000
Fosfato bicálcico <i>Dicalcium phosphate</i>	1,840
L-lisina HCl 99% <i>L-lysine HCl 99%</i>	0,050
DL-metionina 99% <i>DL-methionine</i>	0,150
Sal ( <i>Salt</i> )	0,500
Suplemento vitamínico <sup>1</sup> ( <i>Vitamin supplement</i> )	0,100
Suplemento mineral <sup>1</sup> ( <i>Mineral supplement</i> )	0,050
Antioxidante (BHT) ( <i>Antioxidant BHT</i> )	0,010
Anticoccidiano 12% ( <i>Anticoccidial 12%</i> )	0,050
Avilamicina 10% ( <i>Avilamicin 10%</i> )	0,006
Cloreto de colina 60% ( <i>Choline chloride 60%</i> )	0,060
Óxido de cromo ( <i>Oxide of chromium</i> )	0,500
Amido <sup>2</sup> ( <i>Starch</i> )	0,550
Valores calculados <i>Calculated values</i>	
Energia metabolizável (kcal/kg) <i>Metabolizable energy</i>	3.150
Proteína bruta (%) ( <i>Crude protein</i> )	20,80
Cálcio (%) ( <i>Calcium</i> )	0,960
Fósforo disponível (%) <i>Available phosphorus</i>	0,450
Sódio (%) ( <i>Sodium</i> )	0,220
Met+Cist digestível (%) <i>Available Met+Cis</i>	0,720
Lisina digestível (%) <i>Available lysine</i>	1,004

<sup>1</sup> Rovimix (Roche) - Níveis de garantia por quilo do produto (*guarantee levels per kg/product*): vit A - 10.000.000 UI; vit D3 - 2.000.000 UI; Vit E - 30.000 UI; Vit B1 - 2,0g; vit B6 - 4,0 g; Ac. pantotênico (*pantothenic acid*) - 12,0 g; Biotina (*biotine*) - 0,10 g; Vit K3 - 3,0 g; Ácido fólico (*folic acid*) - 1,0 g; Ácido nicotínico (*nicotinic acid*) - 50,0 g; Vit B12 - 15.000 mcg; Selênio (*selenium*) - 0, 25 g; e Veículo q. s. p (*inert filler*) - 1.000 g. Rologimix (Roche) - Níveis de garantia por quilo do produto (*guarantee levels per kg/product*): Mn, 16,0 g; Fe, 100,0 g; Zn, 100,0 g; Cu, 20,0 g; Co, 2,0 g; I, 2,0 g; e Veículo q. s. (*inert filler*) - 1.000 g.

<sup>2</sup> O complexo multienzimático substituiu o amido (*The complex multienzymatic replaced starch*).

direção anterior ou em direção ao jejuno. Este segmento foi seccionado transversalmente e seu conteúdo retirado e colocado dentro de um copo plástico.

As dietas, as digestas e as excretas foram acondicionadas em embalagens plásticas, devidamente identificadas, pesadas e armazenadas em *freezer* para análises posteriores, utilizando-se metodologia descrita por Silva (1990).

A partir dos resultados das análises das dietas, da digesta e das excretas, foram calculados os coeficientes de digestibilidade ileal aparente da MS, PB, EB, HEM, FDN e FDA, os valores de energia digestível ileal aparente, com base nos níveis de cromo na dieta e digesta, e o fator de indigestibilidade.

Os valores de EMAn das dietas foram calculados por meio de equações propostas por Matterson et al. (1965).

Os dados experimentais obtidos foram submetidos à análise de variância e à comparação de médias pelo teste de Student-Newman-Keuls (SNK), utilizando-se o programa estatístico SAEG (2000).

## Resultados e Discussão

Os coeficientes de digestibilidade ileal aparente da MS, PB e EB das rações são apresentados na Tabela 3.

Observou-se interação significativa ( $P < 0,05$ ) entre a adição do complexo multienzimático (CM) e o processamento da soja extrusada para os coeficientes de digestibilidade ileal da MS, PB e EB.

Considerando os tratamentos sem suplementação do CM, constatou-se que a ração formulada com soja extrusada normal (SEN) proporcionou os maiores coeficientes de digestibilidade da MS, PB e EB ( $P < 0,05$ ) e que aquela contendo soja extrusada superprocessada (SESP) foi superior ( $P < 0,05$ ) à ração com soja extrusada subprocessada (SES) em todas estas variáveis.

A digestibilidade da MS não diferiu significativamente entre as rações contendo sojas extrusadas e CM. Porém, a

Tabela 2 - Especificações dos tratamentos realizados

Table 2 - Description of treatments

Tratamento <i>Treatment</i>	Processamento da soja extrusada <i>Extruded soybean processing</i>	Solubilidade da PB em KOH (%) <sup>*</sup> <i>CP solubility in KOH</i>	Atividade de urease ( $\Delta$ pH) <sup>*</sup> <i>Urease activity</i>	Complexo multienzimático <i>Multienzymatic complex</i>
1	Subprocessada ( <i>under processed</i> )	91	0,5	Sem ( <i>Without</i> )
2	Subprocessada ( <i>under processed</i> )	91	0,5	Com ( <i>With</i> )
3	Normal ( <i>standard processed</i> )	88	0,05	Sem ( <i>Without</i> )
4	Normal ( <i>standard processed</i> )	88	0,05	Com ( <i>With</i> )
5	Superprocessada ( <i>over processed</i> )	66	0,0005	Sem ( <i>Without</i> )
6	Superprocessada ( <i>over processed</i> )	66	0,0005	Com ( <i>With</i> )

\* Análise realizada pela Cooperativa dos Granjeiros do Oeste de Minas (COGRAN), Pará de Minas.

\* Analysis performed at Cooperative of Farmer of the West of Minas, Pará de Minas.

Tabela 3 - Efeito da adição de CM sobre o coeficiente de digestibilidade ileal aparente (CDI) da MS, PB e EB das rações à base de soja integral extrusada, em pintos de corte

Table 3 - Effect of MC addition on the coefficient of ileal apparent digestibility (CID) of DM, CP, and GE of extruded full fat soybean-based diets, in broiler chicks

	CDI MS % CID DM %				CDI PB % CID CP %				CDI EB % CID GE %			
	SES UES	SEN SES	SESP OES	Média Mean	SES UES	SEN SES	SESP OES	Média Mean	SES UES	SEN SES	SESP OES	Média Mean
CM (-) <sup>1</sup> MC (-) <sup>1</sup>	62,0 <sup>Cb</sup>	70,1 <sup>Aa</sup>	67,6 <sup>Bb</sup>	66,6	76,6 <sup>Cb</sup>	88,4 <sup>Aa</sup>	80,5 <sup>Ba</sup>	81,8	63,8 <sup>Cb</sup>	74,0 <sup>Aa</sup>	70,8 <sup>Ba</sup>	69,5
CM (+) MC (+)	68,6 <sup>Aa</sup>	70,9 <sup>Aa</sup>	69,9 <sup>Aa</sup>	69,8	79,9 <sup>Ba</sup>	88,3 <sup>Aa</sup>	80,6 <sup>Ba</sup>	82,9	71,0 <sup>Ba</sup>	75,3 <sup>Aa</sup>	72,3 <sup>Ba</sup>	72,8
Média Mean	65,3	70,5	68,8		78,3	88,3	80,6		67,4	74,6	71,5	
Anova	Probabilidade do teste F F test probability											
Soja Soybean	0,001				0,001				0,001			
Enzima Enzyme	0,001				0,025				0,001			
Soja*Enzima Soybean* Enzyme	0,001				0,008				0,001			
CV (%)	3,07				1,96				2,74			

A,B,C Médias seguidas por letras distintas na mesma linha são diferentes (P&lt;0,05) pelo teste SNK.

a,b,c Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna são diferentes (P&lt;0,05) pelo teste SNK.

<sup>1</sup> Complexo multienzimático: sem (-) e com (+).

SES = soja extrusada subprocessada, SEN = soja extrusada normal, SESP = soja extrusada superprocessada.

A,B,C Means followed by different letters within a row differ (P&lt;0,05) by SNK test.

a,b,c Means followed by different letters within a column differ (P&lt;0,05) by SNK test.

<sup>1</sup> Multienzymatic complex: without (-) with (+).

UES = under processed extruded full fat soybean, SES = standard processed extruded full fat soybean, OES = over processed extruded full fat soybean.

digestibilidade da PB e da EB se igualaram nos tratamentos com SES e SESP, de modo que ambos apresentaram valores inferiores aos observados na ração com SEN (P<0,05). A adição do complexo multienzimático nas rações com diferentes tipos de soja extrusada melhorou (P<0,05) a digestibilidade ileal da MS das rações à base de SES e SESP em 10,70 e 3,33%, respectivamente. No entanto, entre as rações com CM, somente aquela com SES melhorou significativamente (P<0,05) a digestibilidade da PB (4,24%) e da EB (11,37%).

A digestibilidade ileal aparente da energia (Tabela 4) das rações formuladas com SEN, com a adição ou não de CM, foi maior que a das rações à base de soja sub e superprocessada. Sem a adição de CM, o valor de energia digestível da ração à base de SESP foi maior (316,3 kcal/kg) que o daquela à base de SES. Porém, na presença de CM, ambas apresentaram o mesmo valor de energia, comprovando o efeito aditivo das enzimas.

Os níveis de processamento aplicados à soja permitiram a obtenção de valores de energia digerível diferenciados. Todavia, independentemente do processamento, o uso de CM proporcionou aumento energético de 11,42; 1,69 e 2,25% para as dietas à base de SES, SEN e SESP, respectivamente, melhorando a digestibilidade ileal aparente da

energia pela ação das enzimas, principalmente para SES, cujos valores percentuais foram mais altos (ou mais evidentes), comprovados pela maior digestibilidade ileal da gordura (P<0,01) das respectivas rações (17,55; 1,82 e 0,79%) quando o CM foi adicionado.

Não houve efeito da interação (P<0,05) tipo de processamento da soja × enzimas sobre os valores de EMA e EMAn (Tabela 5). Os valores médios de EMA e EMAn das rações contendo soja extrusada sob processamento normal foram superiores (P<0,01) aos das rações à base de soja extrusada sub e superprocessada, que, por sua vez, não diferiram entre si (P<0,01), indicando que o processamento diferenciado da soja extrusada diminui a energia metabolizável para frangos de corte e prejudica o valor nutricional da dieta, podendo limitar o desempenho das aves.

A adição do CM aumentou os valores de EMA e EMAn em 2,70 e 2,80%, respectivamente, em comparação às dietas sem a inclusão do CM, independentemente do nível de processamento da soja.

Os coeficientes de digestibilidade ileal (CDI) de FDN, FDA e HEM são apresentados na Tabela 6.

Não houve interação (P<0,05) processamento da soja × adição de enzimas para os CDI da FDN, FDA e hemicelulose. Os maiores coeficientes de digestibilidade para as três

Tabela 4 - Efeito da adição do CM sobre os valores de energia digerível ileal aparente (EDIap) das rações com soja integral extrusada (kcal/kg de MS), em pintos de corte

Table 4 - Effect of MC addition on the ileal apparent digestible energy (IADE) of extruded full fat soybean-based diets, in broiler chicks

	EDIap IADE			Média Mean
	SES UES	SEN SES	SESP OES	
CM (-) <sup>1</sup>	2904,5 <sup>Cb</sup>	3368,8 <sup>Ab</sup>	3220,8 <sup>Bb</sup>	3164,7
MC (-) <sup>1</sup>				
CM (+)	3236,1 <sup>Ba</sup>	3425,6 <sup>Aa</sup>	3302,8 <sup>Ba</sup>	3321,5
MC (+)				
Média Mean	3070,3	3397,2	3261,8	
Anova	Probabilidade do teste de F F test probability			
Soja Soybean	0,001			
Enzima Enzyme	0,001			
SE*Enzima ES*enzyme	0,001			
CV (%)	2,93			

A,B,C Médias seguidas por letras distintas na mesma linha são diferentes (P<0,05) pelo teste SNK.

a,b,c Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna são diferentes (P<0,05) pelo teste SNK.

<sup>1</sup> Complexo multienzimático: sem (-) e com (+).  
SES = soja extrusada subprocessada, SEN = soja extrusada normal, SESP = soja extrusada superprocessada.

A,B,C Means followed by different letters within a row differ (P<0.05) by SNK test.

a,b,c Means followed by different letters within a column differ (P<0.05) by SNK test.

<sup>1</sup> Multienzymatic complex: without (-) with (+).

UES = under processed extruded full fat soybean, SES = standard processed extruded full fat soybean, OES = over processed extruded full fat soybean.

variáveis analisadas (P<0,01) foram obtidos para a dieta à base de SESP, seguida da dieta formulada com SEN, que, por sua vez, apresentou coeficientes maiores que os da dieta contendo SES, com exceção dos valores de CDI da HEM, que não diferiram (P>0,01) entre as dietas à base de SEN e SES.

Avaliando o efeito do CM, nota-se que a presença das enzimas melhorou (P<0,05) a digestibilidade da FDN, FDA e HEM, independentemente do processamento aplicado, com aumentos médios de 10,60; 23,05 e 6,39%, respectivamente.

Para os coeficientes de digestibilidade (CD) da FDN, FDA e HEM das excretas (Tabela 7), não houve interação significativa (P<0,05) adição do CM × níveis de processamento da soja. Porém, na ausência das enzimas, a dieta formulada com SESP apresentou o maior CD (P<0,05) para todas as variáveis. A dieta à base de SEN teve CD maior que a dieta com SES para FDN e HEM, não diferindo quanto à FDA.

Quando houve adição do CM, constatou-se, para todas as variáveis, que os valores da dieta formulada com SESP também foram superiores aos dos demais tratamentos, não havendo, no entanto, diferença entre as dietas à base de SES e SEN. O efeito do CM sobre as variáveis nas dietas à

base de SESP não foi significativo. Entretanto, para as dietas formuladas com SEN e SES, houve aumento (P<0,05) dos valores com a adição do CM, exceto para o CD da FDA na dieta com SEN. A melhora nos coeficientes de digestibilidade nas dietas formuladas com soja extrusada subprocessada foram de 61,1; 97,1 e 37,2% para os CD de FDN, FDA e HEM, respectivamente. Para a dieta à base de soja extrusada superprocessada, a melhora foi de 28% para o CD da FDN e 28,9% para o CD da hemicelulose.

As diferenças nos coeficientes de digestibilidade observados na MS, PB e EB das dietas formuladas com SES, SEN e SESP podem ser atribuídas ao nível de processamento da soja extrusada, uma vez que, segundo ANFAR (1985), citado por Sakomura (1996), os valores para solubilidade da proteína em hidróxido de potássio (KOH) 0,2% e para a atividade ureática (AU) devem ser, respectivamente, de 75 a 90% e de 0,05 a 0,30. Neste sentido, observou-se que o subprocessamento foi mais impactante, com coeficiente de digestibilidade abaixo da SEN e SESP para estas variáveis analisadas. Esse efeito indica que o adequado processamento é necessário para inativar os fatores antinutricionais (lectinas, inibidores de proteínas e saponinas), os quais provocam redução na atividade das enzimas digestivas, aumento da lesão na mucosa intestinal e desconjugação dos ácidos biliares, com perda de emulsificação dos lipídios (D'Mello, 2000; Oliveira, 2000; Smithard, 2002), reduzindo a digestibilidade da dieta.

Os menores coeficientes de digestibilidade da dieta formulada com SESP em relação à dieta à base de SEN provavelmente foram provocados pela complexação dos carboidratos com as proteínas, conhecida como reação de Mailard, reduzindo a disponibilidade de nutrientes como lisina e cistina (Parsons et al., 1992; Fernández & Parsons, 1996).

Marsman et al. (1997), estudando o processamento da soja por extrusão e tostagem, observaram que a PB, o amido e os polissacarídeos não-amiláceos das dietas à base de soja extrusada apresentaram coeficientes de digestibilidade maiores que o daquelas à base de soja integral tostada, demonstrando que o tipo e o adequado processamento são determinantes na digestibilidade dos nutrientes. Alonso et al. (2001) reforçaram esta idéia ao observarem que o processo de extrusão reduz os fatores antinutricionais, diminui a excreção fecal da MS e aumenta a absorção de nutrientes.

A adição do CM, dentro dos diferentes tipos de soja extrusada, melhorou a digestibilidade ileal da MS da dieta formulada com SES e SESP, permitindo que os valores dos coeficientes de digestibilidade da MS se iguallassem, indicando que as enzimas foram efetivas em reduzir os efeitos negativos dos fatores antinutricionais e da baixa qualidade das proteínas provocados pelo inadequado processamento,

Tabela 5 - Efeito da adição de complexo multienzimático (CM) sobre os valores de EMA e EMAn das rações contendo soja integral extrusada (kcal/kg MS), em pintos de corte

Table 5 - Effect of MC addition on the AME and AMEc of extruded full fat soybean-based diets (kcal/kg DM), in broiler chicks

	EMA AME				EMAn AMEc			
	SES UES	SEN SES	SESP OES	Média Mean	SES UES	SEN SES	SESP OES	Média Mean
CM (-) <sup>1</sup> MC (-) <sup>1</sup>	2906,6	3057,8	2872,4	2945,6 <sup>b</sup>	2802,9	2949,1	2775,9	2842,6 <sup>b</sup>
CM (+) MC (+)	2933,0	3127,9	3013,8	3024,9 <sup>a</sup>	2828,6	3019,4	2917,9	2922,0 <sup>a</sup>
Média Mean	2919,8 <sup>B</sup>	3092,8 <sup>A</sup>	2943,1 <sup>B</sup>		2815,8 <sup>B</sup>	2984,3 <sup>A</sup>	2846,9 <sup>B</sup>	
Anova	Probabilidade do teste F F test probability							
Soja Soy bean	0,001				0,001			
Enzima Enzyme	0,010				0,036			
Soja*Enzima Soybean*enzyme	0,300				0,435			
CV (%)	3,78				4,42			

<sup>A, B</sup> Médias seguidas por letras distintas na mesma linha são diferentes (P<0,05) pelo teste SNK.

<sup>a, b</sup> Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna são diferentes (P<0,05) pelo teste SNK.

<sup>1</sup> Complexo multienzimático: sem (-) e com (+).

SES = soja extrusada subprocessada, SEN = soja extrusada normal, SESP = soja extrusada superprocessada.

<sup>A, B</sup> Means followed by different letters within a row differ (P<0.05) by SNK test.

<sup>a, b</sup> Means followed by different letters within a column differ (P<0.05) by SNK test.

<sup>1</sup> Multienzymatic complex: without (-) with (+).

UES = under processed extruded full fat soybean, SES = standard processed extruded full fat soybean, OES = over processed extruded full fat soybean.

Tabela 6 - Efeito da adição do complexo multienzimático (CM) sobre o coeficiente de digestibilidade ileal (CDI) da FDN, FDA e HEM da digesta, em pintos de corte

Table 6 - Effect of MC addition on the coefficient of ileal apparent digestibility (CID) of ADF, NDF, and HEM of extruded full fat soybean-based diets, in broiler chicks

	CDI FDN CID NDF				CDI FDA CID ADF				CDI HEM CID HEM			
	SES UES	SEN SES	SESP OES	Média Mean	SES UES	SEN SES	SESP OES	Média Mean	SES UES	SEN SES	SESP OES	Média Mean
CM (-) <sup>1</sup> MC (-) <sup>1</sup>	31,4	38,1	50,9	40,1 <sup>b</sup>	10,1	17,3	32,8	20,0 <sup>b</sup>	44,0	51,0	59,5	51,5 <sup>b</sup>
CM (+) MC (+)	37,6	39,3	56,3	44,4 <sup>a</sup>	15,3	19,5	42,1	24,7 <sup>a</sup>	49,5	51,0	63,9	54,8 <sup>a</sup>
Média Mean	34,5 <sup>C</sup>	38,7 <sup>B</sup>	53,6 <sup>A</sup>		12,7 <sup>C</sup>	18,4 <sup>B</sup>	36,0 <sup>A</sup>		46,8 <sup>B</sup>	51,0 <sup>B</sup>	61,7 <sup>A</sup>	
Anova	Probabilidade do teste F F test probability											
Soja Soybean	0,001				0,001				0,001			
Enzima Enzyme	0,004				0,005				0,045			
Soja*Enzima Soybean*enzyme	0,299				0,543				0,342			
CV (%)	11,66				24,67				10,42			

<sup>A, B, C</sup> Médias seguidas por letras distintas na mesma linha são diferentes (P<0,05) pelo teste SNK.

<sup>a, b</sup> Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna são diferentes (P<0,05) pelo teste SNK.

<sup>1</sup> Complexo multienzimático: sem (-) e com (+).

SES = soja extrusada subprocessada, SEN = soja extrusada normal, SESP = soja extrusada superprocessada.

<sup>A, B, C</sup> Means followed by different letters within a row differ (P<0.05) by SNK test.

<sup>a, b</sup> Means followed by different letters within a column differ (P<0.05) by SNK test.

<sup>1</sup> Multienzymatic complex: without (-) with (+).

UES = under processed extruded full fat soybean, SES = standard processed extruded full fat soybean, OES = over processed extruded full fat soybean.

Tabela 7 - Efeito da adição do complexo multienzimático (CM) sobre o coeficiente de digestibilidade aparente (CD) da FDN, FDA e HEM das excretas, em pintos de corte

Table 7 - Effect of MC addition on the coefficient of apparent digestibility (CD) of ADF, NDF, and HEM of extruded full fat soybean-based diets, in broiler chicks

	CD FDN CD NDF				CD FDA CD ADF				CD HEM CD HEM			
	SES UES	SEN SES	SESP OES	Média Mean	SES UES	SEN SES	SESP OES	Média Mean	SES UES	SEN SES	SESP OES	Média Mean
CM (-) <sup>1</sup> MC (-) <sup>1</sup>	21,1 <sup>Cb</sup>	27,0 <sup>Bb</sup>	48,6 <sup>Aa</sup>	32,3	6,9 <sup>Bb</sup>	10,1 <sup>Ba</sup>	31,9 <sup>Aa</sup>	17,3	32,3 <sup>Cb</sup>	37,7 <sup>Bb</sup>	57,0 <sup>Aa</sup>	42,0
CM (+) MC (+)	34,0 <sup>Ba</sup>	34,6 <sup>Ba</sup>	49,9 <sup>Aa</sup>	39,5	13,6 <sup>Ba</sup>	11,1 <sup>Ba</sup>	33,9 <sup>Aa</sup>	18,5	44,3 <sup>Ba</sup>	48,6 <sup>Ba</sup>	59,4 <sup>Aa</sup>	50,8
Média Mean	27,6	30,8	49,3		10,3	10,6	32,9		37,8	43,2	58,2	
Anova	Probabilidade do teste F F test probability											
Soja Soy bean	0,001				0,001				0,001			
Enzima Enzyme	0,001				0,35				0,001			
Soja*Enzima Soy bean*enzyme	0,021				0,015				0,041			
CV (%)	15,85				25,16				11,60			

A, B, C Médias seguidas por letras distintas na mesma linha são diferentes (P&lt;0,05) pelo teste SNK.

a, b Médias seguidas por letras distintas na mesma coluna são diferentes (P&lt;0,05) pelo teste SNK.

1 Complexo multienzimático: sem (-) e com (+).

SES = soja extrusada subprocessada, SEN = soja extrusada normal, SESP = soja extrusada superprocessada.

A, B, C Means followed by different letters within a row differ (P&lt;0.05) by SNK test.

a, b Means followed by different letters within a column differ (P&lt;0.05) by SNK test.

1 Multienzymatic complex: without (-) with (+).

UES = under processed extruded full fat soybean, SES = standard processed extruded full fat soybean, OES = over processed extruded full fat soybean.

o que pode ser respaldado por Huo (1993), citado por Thorpe & Beal (2001), que observou que a utilização de enzimas proteolíticas de origens fúngica e bacteriana poderia, *in vitro*, inativar os inibidores de tripsina e lectinas presentes na soja crua. Para a digestibilidade da PB e da EB, somente as dietas com SES promoveram melhora significativa, evidenciando que a soja extrusada subprocessada pode ter seus coeficientes de digestibilidade melhorados, enquanto a superprocessada torna seu valor irreversível pela ação de enzimas exógenas. Esse efeito benéfico da adição de enzimas na melhora da digestibilidade também foi observado por Marsman et al. (1997), Zanella et al. (1998), Sakomura et al. (1998b) e Nery et al. (2000). Porém, Garcia et al. (2000) não observaram melhora significativa no coeficiente de digestibilidade da PB para dietas à base de farelo de soja e farelo de soja mais soja extrusada.

Marsman et al. (1997), trabalhando com pintos de corte de 1 a 21 dias de idade alimentados com dietas à base de soja extrusada ou soja tostada, ambas suplementadas com complexo enzimático, não observaram aumento significativo na digestibilidade da gordura. Entretanto, neste trabalho o uso do CM permitiu aumento significativo de 17,55; 1,82 e 0,79% para as dietas à base de SES, SEN e SESP, respectivamente, o que provavelmente contribuiu muito para o aumento dos

valores de energia digestível ileal aparente observados, quando na presença do CM. Pode-se observar ainda que o maior efeito da adição das enzimas ocorreu na dieta à base de SES.

Alimentos altamente energéticos são sempre úteis na formulação de rações, todavia, o processamento aplicado pode ter reflexo sobre seu valor energético. Neste trabalho foi observado que os melhores valores de EM são sempre obtidos quando a soja é submetida ao processo normal de extrusão. A aplicação do processamento nos extremos provocou a redução dos valores de EM. No entanto, quando houve a adição do CM, ocorreu melhora na utilização da energia pelas aves, corroborando os registros de Pugh & Charlton (1995), que testaram CM composto de protease, amilase e xilanase em dietas à base de ervilha, soja integral e farelo de soja para frangos de corte com três semanas de idade, alimentados três vezes ao dia pelo método da alimentação forçada, observando aumento da EMa em 14,3; 9,2 e 4,1%, respectivamente, com a adição das enzimas.

Da mesma forma, Garcia et al. (2000), trabalhando com frangos de corte de 1 a 42 dias de idade alimentados com dietas à base de farelo de soja e de soja extrusada, ambas suplementadas com enzimas ( $\alpha$ -galactosidade, pectinases, celulase), observaram que estas enzimas permitiram o aumento na utilização da EM em 9,0%.

Os diferentes efeitos de enzimas sobre a digestibilidade de nutrientes observados entre os diversos trabalhos, podem ser atribuídos ao tipo de enzima utilizada e suas combinações, aos diferentes tipos de ingredientes que compõem a dieta, à fase de criação das aves avaliadas e ainda ao teor energético das dietas.

Schang et al (1997), utilizando duas dietas, uma à base de milho e farelo de soja e outra composta de milho, farelo de trigo, farelo de soja e soja integral, ambas formuladas para atender 90 e 100% das exigências das aves, observaram que a suplementação enzimática nas dietas com alta densidade nutricional (100%) não promoveu melhora no valor de utilização da energia, efeito similar ao observado neste trabalho quando o CM foi adicionado na dieta formulada com SEN, em comparação à dieta à base de SES.

Diferentemente da tendência observada nos valores de EDIap, os valores numéricos de EM apontaram para maior efeito da inclusão do CM na dieta formulada com SESP. Este efeito pode ser justificado pelo aumento de amido resistente ocorrido durante o superprocessamento, o qual, segundo Brown (1996), citado por Zanella et al. (1999b), é pouco digerido no intestino delgado, mas sua digestão pode ser completada no ceco e no cólon. Assim, em decorrência da metodologia de coleta total para determinação de EM, os valores para SESP podem ter sido favorecidos pelo melhor aproveitamento deste amido resistente, o que pode não ter ocorrido em nível de íleo quando da determinação da EDIap.

O menor aumento proporcionado pelo CM sobre os valores da EMA e EMAN para a dieta com SES em relação à dieta com SESP poderia ser justificado pela presença de oligossacarídeos em maior proporção na soja subprocessada, que limitou a utilização de nutrientes e o valor de energia da dieta. Esse efeito foi evidenciado por Coon (1989), que relatou que a remoção dos oligossacarídeos do farelo de soja aumentou o valor da EMAN e a digestão da fibra no ceco e no cólon das aves, como consequência do maior tempo de retenção da digesta no ceco e do aumento do pH cecal favorável à fermentação microbiana.

Irish et al. (1995) adicionaram  $\alpha$ -galactosidase e uma invertase em dietas à base de farelo de soja para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade e observaram redução na EMAN da dieta, explicada pela maior ação destas enzimas sobre alguns monossacarídeos, como a xilose, que, embora seja absorvida, não é metabolizada, sendo, portanto, excretada.

Analisando o efeito do grau de processamento da soja extrusada sobre os CDI da FDN, FDA e HEM, observa-se que houve aumento da digestibilidade destas frações com o aumento do grau de processamento do material.

Essas superioridades dos CDI das dietas à base de SESP em relação às demais podem ser justificadas pela maior permanência da porção fibrosa no trato gastrointestinal, provocada pelo excesso de processamento e pela ação microbiana, pois, segundo Marsman et al. (1997), o rompimento e a homogeneização da fibra pelo tratamento intenso durante a extrusão podem levar mais fibra dietética disponível para fermentação. Além disso, a intensidade de processamento pode aumentar a concentração dos polissacarídeos não-amiláceos solúveis, que, por sua vez, diminuem a taxa de passagem e favorecem a fermentação bacteriana e a quebra da fibra no nível de íleo, por meio de refluxo de digesta do ceco. Este refluxo promove ainda o aumento da população bacteriana.

Coon et al. (1989) também observaram que a remoção dos oligossacarídeos presentes no farelo de soja aumentou a digestibilidade da fibra, como resultado da redução da taxa de passagem e da maior ação bacteriana.

Também tem sido observado que o processo de extrusão reduz os oligossacarídeos em relação a outros tipos de processamento, como a tostagem (Alonso et al., 2001; Marsman et al., 1997). Logo, pode-se inferir que o inadequado processamento na dieta à base de SES não permitiu o aumento da digestibilidade da fibra desta dieta em relação às demais, em razão da presença dos fatores antinutricionais, que também são redutores da digestibilidade.

Considerando o ceco e o cólon das aves como os maiores sítios de fermentação dos componentes da fibra, Coon et al. (1989) registraram digestibilidade aparente (coleta total de excretas) de 9,2% para HEM e 0% para celulose em dietas à base de farelo de soja. Porém, quando o farelo de soja foi destituído de oligossacarídeos, a digestibilidade aumentou em 61,6 e 35% para HEM e celulose, respectivamente. Esses autores constataram ainda que a digestibilidade ileal aparente dos carboidratos solúveis totais é de 78% para o farelo de soja e aproximadamente zero para o farelo de soja destituído de oligossacarídeo.

A adição do CM proporcionou melhora da digestibilidade das frações fibrosas, porém, os aumentos mais pronunciados foram observados nas frações de FDN e HEM, que podem estar relacionados à especificidade das enzimas que compõem o complexo multienzimático. Portanto, pode-se inferir que as diferenças de digestibilidade da FDN e HEM da excreta entre as dietas à base de SES e SEN podem ser reduzidas com a adição do CM. Entretanto, não houve melhora significativa na digestibilidade da FDN, FDA e HEM com a adição do CM nas dietas à base SESP, evidenciando o forte impacto do superprocessamento sobre estas variáveis.

## Conclusões

A adição do complexo multienzimático (protease, amilase e celulase) promoveu aumento médio dos coeficientes de digestibilidade ileal aparente da matéria seca, da proteína, da energia e da gordura.

As dietas formuladas com soja extrusada subprocessada apresentaram os melhores coeficientes de digestibilidade ileal aparente da matéria seca, proteína, energia e gordura com a adição do complexo multienzimático.

O uso do complexo multienzimático, independentemente do processo de extrusão da soja, aumentou, em média, 2,7% o valor de EM e a digestibilidade ileal da FDN, FDA e HEM das dietas.

## Agradecimento

À Alltech agroindústria do Brasil Ltda., pelo fornecimento do complexo multienzimático Allzyme Vegpro<sup>®</sup>, e à Fundação de Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo.

## Literatura Citada

- ALONSO, R.; RUBIO, L.A.; MUZQUIZ, M. et al. The effect of extrusion cooking on mineral bioavailability in pea and kidney bean seed meals. **Animal Feed Science and Technology**, v.94, n.1-2, p.1-13, 2001.
- BEDFORD, M.R. Exogenous enzymes in monogastric nutrition - their current value and future benefits. **Animal Feed Science and Technology**, v.86, n.1-2, p.1-13, 2000.
- COON, C.N.; LESKE, L.K.; AKAVANICHAN, O. et al. Effect of oligosaccharide-free soybean meal on true metabolizable energy and fiber digestion in adult roosters. **Poultry Science**, v.69, p.787-793, 1989.
- D'MELLO, J.P.F. Anti-nutritional factors and mycotoxins. In: D'MELLO, J.P.F. (Ed.) **Farm animal metabolism and nutrition**. Wallingford: CAB International, 2000. p.383-403.
- FERNÁNDEZ, S.R.; PARSONS, C.M. Bioavailability of digestible lysine in heatdamaged soybean meal for chick growth. **Poultry Science**, v.75, p.224-231, 1996.
- GARCIA, E.R.D.M.; MUKARANI, A.E.; BRANCO, A.F. Efeito da suplementação enzimática em rações com farelo de soja e soja integral extrusada sobre a digestibilidade de nutrientes, o fluxo de nutrientes na digesta ileal e desempenho de frangos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, p.1414-1426, 2000.
- IRISH, G.G.; BARBOUR, G.W.; CLASSEN, H.L. et al. Removal of the alpha-galactosides of sucrose from soybean meal using either ethanol extraction or exogenous alpha galactosidase and broiler performance. **Poultry Science**, v.74, p.1484-1494, 1995.
- JORGE NETO, G. Soja integral na alimentação de aves e suínos. **Avicultura Industrial**, n.998, p.4-15, 1992.
- MARSMAN, G.J.P.; GRUPPEN, H.; Van Der POEL, A.F.B. The effect of thermal processing and enzyme treatments of soybean meal on growth performance, ileal nutrient digestibility's, and chyme characteristics in broiler chicks. **Poultry Science**, v.76, p.864-872, 1997.
- MATTERSON, L.D.; POTTER, L.M.; STUTZ, N.W. **The metalizable energy of feeds ingredient for chickens** storr. Connecticut: University of Connecticut - Agricultural Experiment Station, 1965. 11p. (Research report, 7)
- NERY, V.L.H.; LIMA, J.A.F.; ALVARENGA, R.C. et al. Adição de enzimas exógenas para leitões dos 10 aos 30 kg de peso. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.3, p.794-802, 2000.
- OLIVEIRA, P.B.; MURAKAMI, A.E.; GARCIA, E.R.D.M. et al. Influência de fatores antinutricionais de leucena (*Leucena leucocephala* e *Leucena cunningan*) e do feijão guandu (*Cajanus cajan*) sobre o epitélio intestinal e desempenho de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.1759-1769, 2000.
- PARSONS, C.M.; HASHIMOTO, K.; WEDEKIND, K.J. et al. Effect of over processing on availability of amino acids and energy in soybean meal. **Poultry Science**, v.7, p.133-140, 1992.
- PUGH, R.; CHARLTON, P. Enzyme applications for plant proteins: time to look beyond cereals. In: BIOTECHNOLOGY IN THE FEED INDUSTRY - ALLTECH'S ANNUAL SYMPOSIUM, 11., 1995, Loughborough. **Anais...** Loughborough: Nottingham University Press, 1995. p.393-396.
- ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2000. 141p.
- SAKOMURA, N.K. Uso da soja integral na alimentação de aves. **Avicultura Industrial**, n.1033, p.29-37, 1996.
- SAKOMURA, N.K.; ZANELLA, I.; LONGO, F.A. et al. Efeito da suplementação de um complexo multienzimático em dietas à base de milho e soja sobre a digestibilidade em aves. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIAS AVÍCOLAS, 1998, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas, 1998b. p.38.
- SCHANG, M.J.; AZCONA, J.O.; ARIAS, J.E. The performance of broilers fed diets containing Allzyme Vegpro. In: BIOTECHNOLOGY IN FEED INDUSTRY. ALLTECH'S ANNUAL SYMPOSIUM, 13., 1997, Nicholasville. **Proceedings...** Nicholasville: 1997. p.95-100.
- SMITHARD, R. Secondary plant metabolites in poultry nutrition In: MACNAB, J.M.; BOORMAN, K.N. (Eds.) **Poultry feedstuffs: supply, composition and nutritive value - factors influencing nutritive value**. CAB Internacional, 2002. p.237-278.
- SILVA, D.J. **Análises de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1990. 235p.
- THORPE, P.; BEAL, J.D. vegetable protein meals and the effects of enzymes In: BEDFORD, M.R.; PARTTRIDGE, G.G. (Eds.) **Enzymes in farms animal nutrition**. Wallingford: CAB Internacional, 2001. p.125-146.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. **SAEG - Sistema de análises estatísticas e genéticas**. Viçosa, MG: 2000. 301p.
- WHITE, C.L.; GREENCE, D.C.; WALDROUP, P.W. et al. The use of unextracted soybeans for chicks - comparison of infra-red cooked, autoclaved and extruded soybeans. **Poultry Science**, v.46, p.1180-1185, 1967.
- ZANELLA, I.; SAKOMURA, N.K.; PACK, M. et al. Efeito da adição de enzimas sobre a digestibilidade e desempenho em frangos de corte alimentados com dietas à base de milho e soja. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIAS AVÍCOLAS, 1998, Campinas. **Anais...** Campinas: Fundação Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas, 1998. p.37.
- ZANELLA, I.; SAKOMURA, N.K.; SILVERSIDES, F.G. et al. Effect of supplementation of broiler diets based on corn and soybeans. **Poultry Science**, v.78, p.561-568, 1999b.