

CLAUDSON OLIVEIRA BRITO

ADIÇÃO DE COMPLEXO MULTIENZIMÁTICO EM DIETAS COM
DIFERENTES SOJAS EXTRUSADAS PARA
PINTOS DE CORTE

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para a obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA
MINAS GERAIS – BRASIL
2003

**Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e
Classificação da Biblioteca Central da UFV**

T

B862a
2003

Brito, Claudson Oliveira, 1974-

Adição de complexo multienzimático em dietas com diferentes sojas extrusadas para pintos de corte / Claudson Oliveira Brito. – Viçosa : UFV, 2003.
48p. : il.

Orientador: Luiz Fernando Teixeira Albino
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa

1. Frango de corte - Nutrição - Exigências 2. Enzimas na nutrição de frangos de corte. 3. Soja extrusada na nutrição de frangos de corte. 4. Frango de corte - Desempenho. 5. Frango de corte - Digestibilidade. 6. Soja - Processamento. I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.

CDD 19.ed. 636.50852

CDD 20.ed. 636.50852

CLAUDSON OLIVEIRA BRITO

ADIÇÃO DE COMPLEXO MULTIENZIMÁTICO EM DIETAS COM
DIFERENTES SOJAS EXTRUSADAS PARA
PINTOS DE CORTE

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Zootecnia, para a obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA EM: 31 de julho de 2003.

Prof. Horacio Santiago Rostagno
(Conselheiro)

Prof. Paulo Cezar Gomes
(Conselheiro)

Prof. Sergio Luiz de Toledo Barreto

Dr. Julio Maria Ribeiro Pupa

Prof. Luiz Fernando Teixeira Albino
(Orientador)

A Deus, pelas grandes oportunidades e caminhos a mim permitidos trilhar.

Aos meus pais, João e Maria, pelo amor e pelos estímulos ofertados.

A todos meus irmãos, pela confiança, pelo apoio e amizade, mas de forma muito especial à minha amada irmã, Marta.

A mais bela de todas, Magna, pelo amor, confiança e fortalecimento.

AGRADECIMENTO

À Universidade Federal de Viçosa (UFV), pela oportunidade de realização deste curso.

À Fundação de Coordenação de aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo.

Aos professores Luis Fernando Teixeira Albino e Horacio Santiago Rostagno, pela magnífica orientação, pelos imensos ensinamentos, estímulos e pela amizade.

Aos funcionários do setor de Avicultura da UFV, Elisio, José Lino, Adriano e Mauro, pelo apoio durante a realização dos experimentos e aos funcionários do laboratório de Nutrição Animal, em especial a Sr. Fernando, pelas incontáveis ajuda.

Aos colegas de Pós-graduação Flávio Hashimoto, Débora Cristine, Jean, Marli, Luiz Ernesto, Ciane, Fabio, Patrícia Campos e Litson, pelas ajudas durante a realização do experimento, pela amizade, encontros e saídas.

Ao grande amigo Marinaldo Divino Ribeiro, pela amizade, pela visão política e ...severa formalidade.

Aos velhos amigos, Janaina Martuscello, Daniel de Noronha, Bruna Adese, Álvaro Bicudo, Edson Mauro, Luiz Fernando e Daniel Ferreira.

Ao colega de moradia Anderson Corassa, pela amizade e aprendizado.

Aos meus amigos do peito, João Tomaz e Cleber José da Silva, que vem acompanhando essa caminhada a muitos anos, e muito me ajudaram.

Aos amigos da Pastoral Universitária pelos logos anos de caminhada e aprendizado.

A minha namorada Magna Galvão Peixoto (linda), pelos inúmeros telefonemas de apoio, que me fizeram forte nos meus momentos mais fracos. Te amo.

À família Brito, que durante toda minha vida sempre mim apoiaram, mesmo sem saberem.

BIOGRAFIA

CLAUDSON OLIVEIRA BRITO, filho de João Francisco Brito e Maria Ferreira Brito, nasceu em 11 de março de 1974, em Governador Valadares - MG.

Cursou o 2º grau na Escola Agrotécnica Federal de São João Evangelista, São João Evangelista, Minas Gerais, 1993.

Em março de 1997, ingressou no curso de Zootecnia, na Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, em Seropédica - RJ, colando grau em março de 2002.

Em abril de 2002, iniciou o curso de Mestrado em Zootecnia, na área de Nutrição de Monogástricos, na Universidade Federal de Viçosa, submetendo-se a defesa de tese em 31 de julho de 2003.

CONTEÚDO

	Pág
LISTA DE TABELAS.....	vii
RESUMO.....	ix
ABSTRACT.....	xi
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 As enzimas.....	3
2.2 Efeitos dos fatores antinutricionais.....	4
2.2.1 Polissacarídeos não amiláceos.....	5
2.2.2 Lectinas.....	6
2.2.3 Inibidores de proteínas.....	7
2.3 Processamento de soja integral e suas implicações.....	8
2.4 Amido Resistente.....	10
2.5 Métodos para avaliar a qualidade da soja.....	10
2.6 Efeitos da adição de enzimas em dietas animais.....	11
CAPÍTULO 1	
ADIÇÃO DE COMPLEXO MULTIENZIMÁTICO EM DIETAS A BASE DE DIFERENTES SOJAS EXTRUSADAS SOBRE A DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES E VALORES ENERGÉTICOS EM PINTOS DE CORTE.....	14
1 INTRODUÇÃO.....	14
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	20
4 RESUMO E CONCLUSÕES.....	31

CAPÍTULO 2

EFEITO DA ADIÇÃO DE COMPLEXO MULTITENZIMÁTICO EM DIETAS À BASE DIFERENTES SOJAS EXTRUSADAS SOBRE O DESEMPENHO DE PINTOS DE CORTE.....	32
1 INTRODUÇÃO.....	32
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	33
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
4 RESUMO E CONCLUSÕES.....	39
3 CONCLUSÕES.....	40
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	41
APÊNDICE.....	47
ABREVIATURAS.....	48

LISTA DE TABELAS

	Pág
Tabela 1- Principais microrganismos, suas enzimas e seus respectivos produtos de ação.....	3
Tabela 2- Níveis e tipos de PNA presentes em alguns grãos.....	5

CAPÍTULO 1

Tabela 1- Composição percentual, química e valor nutricional das dietas experimentais (na matéria seca).....	17
Tabela 2 - Especificações dos tratamentos realizados.....	18
Tabela 3 - Composição química das sojas extrusadas (na matéria natural).....	18
Tabela 4 - Efeito da adição de complexo multienzimático (CM) sobre o coeficiente de digestibilidade ileal aparente (CDI) da matéria seca (MS), da proteína bruta (PB) e da energia bruta (EB) das dietas com soja integral extrusada, em pintos de corte.....	21
Tabela 5 - Efeito da adição do complexo multienzimático (CM) sobre os valores de energia digestível ileal aparente (EDIap) das dietas com soja integral extrusada (kcal/kg de MS), em pintos de corte.....	24
Tabela 6 - Efeito da adição do complexo multienzimático (CM) sobre os valores da digestibilidade ileal aparente da gordura (CDI Gordura) das dietas com soja integral extrusada, em pintos de corte.....	24
Tabela 7 - Efeito da adição do complexo multienzimático (CM) sobre os valores de energia metabolizável aparente (EMA) e de energia metabolizável aparente corrigida pelo nitrogênio (EMAn), das dietas com soja integral extrusada (kcal/kg MS), em pintos de corte.....	25

Tabela 8 - Efeito da adição do complexo multienzimático (CM) sobre o coeficiente de digestibilidade ileal aparente (CD) da fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e hemicelulose	27
Tabela 9 - Efeito da adição do complexo multienzimático (CM) sobre o coeficiente de digestibilidade aparente (CD) da fibra em detergente neutro (FDN), da fibra em detergente ácido (FDA) e da Hemicelulose da excreta.....	29

CAPÍTULO 2

Tabela 1- Composição percentual, química e valor nutricional das dietas experimentais (na matéria seca).....	34
Tabela 2 -Especificações dos tratamentos realizados.....	35
Tabela 3 - Composição química das sojas extrusadas (na matéria natural).....	35
Tabela 4 - Efeito da adição do complexo multienzimático (CM) sobre o consumo, ganho de peso e conversão alimentar em frangos de corte alimentados com dietas com soja extrusada, no período de 1 a 21 dias.....	37

RESUMO

BRITO, Claudson Oliveira, M.S. Universidade Federal de Viçosa, julho de 2002. **Adição de complexo multienzimático em dietas com diferentes sojas extrusadas para pintos de corte.** Orientador: Luiz Fernando Teixeira Albino. Conselheiros: Horacio Santiago Rostagno e Paulo César Gomes.

Dois experimentos foram realizados a fim de avaliar o efeito da adição de complexo multienzimático em dietas com diferentes sojas extrusadas sobre a digestibilidade aparente da matéria seca (MS), proteína bruta (PB), energia bruta (EB), gordura, Fibra em detergente ácido (FDA), Fibra em detergente neutro (FDN) e hemicelulose; valores de energia digestível ileal parente (EDIap), valores de energia metabolizável aparente (EMA) e o desempenho de pintos de corte. As dietas foram formuladas com 20,8% de PB e 3.150 Kcal de EMA. Com níveis sub ótimos de proteína, de lisina e de metionina + cistina para facilitar a detecção de diferenças no valor nutritivo dos tratamentos. O complexo multienzimático (Allzyme Vegpro®) era composto de celulase, amilase e protease, sendo usado 500 mL/ton de dieta, de acordo com as recomendações da indústria. Os tratamentos foram: dieta com soja extrusada subprocessada (91% de solubilidade e 0,5 de urease) sem e com VEGPRO; dieta com soja extrusada processamento normal (88% de solubilidade e 0,05 de urease) sem e com VEGPRO; dieta com soja extrusada superprocessada (66% de solubilidade e 0,0005 de urease) sem e com VEGPRO. No primeiro experimento foram utilizados 960 pintos de corte, machos, Avian Farms, de 1 a 21 dias de idade. Em arranjo fatorial 3 x 2 (soja extrusada × complexo multienzimático - CM), num total de seis tratamentos e oito repetições de 20 aves por unidade experimental. As aves alimentadas com dietas contendo soja extrusada (SE), com processamento normal, apresentaram melhor desempenho quando comparadas com as aves

que receberam SE sub e superprocessadas. No entanto, as aves alimentadas com dietas contendo SE sub ou superprocessada apresentaram desempenhos similares, demonstrando que o processamento recebido pela soja integral influencia no desempenho das aves. A adição de Vegpro nas dietas, independente do tipo de soja, melhorou o ganho e a conversão dos pintos de corte em 3,8% e 4,24%, respectivamente. Sendo o maior efeito no desempenho das aves alimentadas com SE subprocessada, com 4,64 e 5,0% no ganho e conversão, respectivamente. Indicando que os fatores antinutricionais foram reduzidos. No segundo experimento foram utilizados 288 pintos de corte, machos, Avian Farms, com oito dias de idade, em arranjo fatorial 3 x 2 (soja extrusada × complexo multienzimático), num total de seis tratamentos com oito repetições de 6 aves por unidade experimental. As excretas foram coletas durante cinco dias para determinação da EMA e no ultimo as aves foram abatidas para a obtenção da digesta. A adição de Vegpro promoveu aumento médio dos coeficientes de digestibilidade ileal aparente da MS, da PB, da EB e da gordura das dietas de 4,8%, 1,3%, 4,8% e 6%, respectivamente. Entretanto, os maiores aumentos da digestibilidade ileal, provocados pelo CM, foram obtidos com as dietas contendo SE subprocessada, 10,7% (MS), 4,2% (PB), 11,4%, (EB) e 17,55% (gordura). A adição de Vegpro melhorou a digestibilidade ileal do FDN, FDA e hemicelulose em média, 10,60; 23,05 e 6,39%, respectivamente e os valores da EDI_{ap} em 4,95% e da EMA em 2,69%.

ABSTRACT

BRITO, Claudson Oliveira, M.S. Universidade Federal de Viçosa, July 2002. **Multienzymatic complex addition to diets containing different extruded soybeans for broiler chicks.**
Adviser: Luiz Fernando Teixeira Albino. Committee Members: Horacio Santiago Rostagno and Paulo César Gomes.

Two experiments were accomplished in order to evaluate the effect of the addition of multienzymatic complex in diets with different types of extruded soybeans on the apparent digestibility of dry matter (DM), crude protein (PB), gross energy (GE), fat, acid detergent fiber (ADF), neutral detergent fiber (NDF) and hemicellulose; ileal apparent digestible energy (IDEap), apparent metabolizable energy (MEap) and the performance of broiler chicks. Diets were formulated with 20.8% CP and 3.150 Kcal of MEap and with sub optimum levels of protein, of lysine and of methionine + cystine to facilitate the detection of differences in the nutritional value of the treatments. The multienzymatic complex (Allzyme Vegpro ®) was composed by cellulase, amylase and protease and it was used as 500 mL/ton of the diet, in agreement with the recommendations of the industry. Treatments was as following: diet with extruded soybean, sub processing, (91% of solubility and 0.5 of urease) with and without VEGPRO; diet with extruded soybean, standard processing, (88% of solubility and 0.05 of urease) with and without VEGPRO; diet with extruded soybean, super processing, (66% of solubility and 0.0005 of urease) with and without VEGPRO. In the first experiment, 960 Avian Farms male broiler chicks were used, from 01 to 21 days of age, in 3 x 2 factorial arrangement (extruded soybean, multienzymatic complex), in a total of six treatments and eight replications of 20 birds per experimental unit. Birds fed with diets of extruded soybean, with standard processing, showed better performance when compared with the birds that were fed with extruded soybean, sub and super processing. However, the birds fed with diets of

extruded soybean, sub or super processing, showed similar performances, demonstrating that the processing of the whole soybean influenced on the performance of the birds. The addition of Vegpro in the diets, independent of the type of the extruded soybean, improved the weight gain and the feed: gain ratio of the broiler chicks by 3.8% and 4.24%, respectively. And, the largest effect on the performance of the birds fed with extruded soybean, sub processing, with improvement of 4.64 and 5.3% in the weight gain and feed: gain ratio, respectively. In the second experiment, 288 Avian Farms males broiler chicks were used, from with 01 to 19 days of age, in 3 x 2 factorial arrangement (extruded soybean, multienzimatic complex), in a total of six treatments with eight replications of 6 birds for experimental unit. Birds were ground rearing for eight days, battery rearing form ten days (five days of adaptation and five days for excretas collection) for the determination of MEap and in the last day the birds were slaughtered to obtain the digesta and posterior determination of ileal digestibility coefficients. Addition of multienzimatic complex Vegpro promoted an average increase of the ileal apparent digestibility coefficients of DM, CP, GE and fat of the diets by 4.8%, 1.3%, 4.8% and 6%, respectively. However, the largest increases of the ileal digestibility were obtained with the diets with extruded soybean, sub processing, 10.7% (DM), 4.2% (CP), 11.4%, (GE) and 17.55% (fat). Addition of multienzimatic complex Vegpro also improved the average of ileal digestibility of NDF, ADF and hemicellulose, 10.60; 23.05 and 6.39%, respectively and IDEap by 4.95% and MEap by 2.69%.

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas a avicultura brasileira, graças aos avanços tecnológicos, vem ocupando o segundo lugar na produção mundial de carne de frango. Para isto, os nutricionistas têm buscado alternativas que tornem as formulações das dietas mais eficientes e econômicas, uma vez que do custo de produção do frango de corte, a alimentação corresponde aos maiores gastos.

Uma das possibilidades para aumentar a eficácia da produção animal é o uso de enzimas exógenas nas dietas, que representa um dos principais avanços na nutrição, com notável aplicação nas dietas para suínos e aves.

Na Europa, as principais fontes energéticas em rações de aves e de suínos são provenientes do trigo e da cevada. Esses grãos possuem baixa disponibilidade de energia e são ricos em polissacarídeos não amiláceos (PNA), os quais aumentam a viscosidade intestinal prejudicando a digestão e a absorção dos nutrientes. A utilização de enzimas específicas em dietas contendo esses tipos de alimentos tem melhorado a eficiência de produção das aves pela melhoria da digestão e a redução de nutrientes excretados nas fezes, possibilitando reduzir os níveis nutricionais com vantagens econômicas e ambientais.

No Brasil, porém, as dietas para monogástricos são à base de milho e de farelo de soja, considerados alimentos de excelente digestibilidade e disponibilidade de aminoácidos. Essas qualidades estão em função do processamento, em especial na soja, que representa mais de 70% da proteína na dietas para frangos de corte.

O uso da soja integral em substituição ao farelo de soja em dietas para aves tem sido constante, pois apresenta proteína de alta qualidade e rica fonte de energia, devido a seu conteúdo em óleo, apresentando-se como excelente fonte de proteína e de energia. Porém, para

a sua utilização se faz necessário a inativação dos fatores antinutricionais, sendo desenvolvidos vários processamentos como tostagem a vapor e a seco, extrusão, micronização e “jet-explorer”. A indústria usa diferentes metodologias para avaliar o adequado processamento da soja, especialmente a solubilidade da proteína em hidróxido de potássio (KOH) 0,2% buscando valores entre 75% e 90% e atividade da urease com valores entre 0,05 a 0,30; valores acima ou abaixo indicam processamento inadequado.

Pesquisas mostram que frangos de corte alimentados com dietas contendo soja extrusada apresentaram melhor conversão alimentar que as aves que receberam dietas contendo soja tostada (SAKOMURA, 1996). E a utilização de enzimas ou complexo multienzimático adicionados em dietas à base de farelo de soja, e de soja integral submetidas a diferentes processamentos (extrusão, tostagem) resultou no aumento da digestibilidade dos nutrientes e do desempenho de frangos de corte (ZANELLA et al., 1998).

Diversas pesquisas estão sendo realizadas visando conhecer o efeito da adição de enzimas microbianas exógenas, sobre a digestibilidade de nutrientes dos diferentes alimentos constituintes das dietas para aves.

Os objetivos do presente trabalho foram:

1) determinar os efeitos da adição de complexo multienzimático (protease, amilase e celulase), em dietas à base de milho e diferentes sojas extrusadas, sobre a digestibilidade ileal aparente da matéria seca, da proteína bruta, da energia, da gordura, da fibra em detergente neutro e ácido, bem como, os valores de digestibilidade ileal e de metabolizável aparente da energia, mediante ensaio biológico, utilizando pintos de corte;

2) determinar os efeitos da adição de complexo multienzimático (protease, amilase e celulase), em dietas à base de milho e de diferentes sojas extrusadas sobre o desempenho de pintos de corte.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. As enzimas

As enzimas são proteínas especiais produzidas dentro das células dos organismos vivos, envolvidas em todos os processos naturais. Servem para auxiliar a digestão, rearranjar moléculas, processar nutrientes, produzir energia, dar destino a produtos residuais e apresentam grande especificidade (STRYER, 1987). As enzimas se subdividem em categorias de acordo com os compostos sobre os quais agem ou com o tipo de reação que controlam. O fato de se conhecer as condições ideais de produção para esses microorganismos hospedeiros favorece a produção da enzima em grande escala. Os principais microorganismos hospedeiros usados e o produto de sua ação são mostrados na tabela 1.

Tabela 1 - Principais microrganismos, suas enzimas e seus respectivos produtos ação

Enzima	Organismo produtor	Aplicação
Amilase	<i>Bacillus subtilis</i> , <i>Aspergillus niger</i>	Hidrolise do amido
Lípase	<i>Rhizopus páncreas</i>	Hidrolise de lipídeos
Celulase	<i>Trichoderma viride</i>	Hidrólise da celulose
Xilanase	<i>Trichoderma longibrachiatum</i>	Hidrolise de hemicelulose
Fitase	<i>Aspergillus niger</i>	Hidrolise do ácido fítico

Outras enzimas como a pentosanase (arabinoxilanase) e a β -glucanase são geralmente adicionadas às dietas a base de trigo e de centeio para reduzir os efeitos das pentosanas (arabinoxilanos), que não podem ser hidrolisadas pelas enzimas endógenas, causando perdas de ganho de peso e baixa conversão alimentar aos animais (PLUSKE & LINDEMANN, 1998; CHARLTON, 1996; VIVEROS et al., 1994; VRANJES et al., 1994).

Para o máximo efeito das enzimas, o ambiente de ação deve oferecer condições ideais, pois podem ter sua atividade reduzida em função do pH e da viscosidade do trato gastrintestinal. Segundo MARSMAN et al. (1997) pode existir interação entre certas enzimas, onde a protease pode agir sobre açúcares neutros e a carbohidratase sobre proteínas afetando ou não a digestibilidade dos nutrientes e sua resposta ao desempenho.

VIVEROS et al. (1994) avaliando a estabilidade de enzimas autoclavadas a temperatura de 50, 70 e 90°C não observou perda da atividade enzimática, provavelmente em função da própria resistência da enzima ou devido a proteção oferecida pelo material usado na autoclavagem. No entanto, GARY (1995) avaliando diferentes temperaturas de peletização (60 a 90° C) sobre a atividade das enzimas celulase, pentosanase, amilase bacteriana e amilase fúngica, observou que a medida que se aumentava a temperatura a eficiência de ação das enzimas era reduzida. Os dados sugerem que a celulase, a amilase fúngica e a pentosanase podem ser peletizadas em temperaturas de até 80° C, e a amilase bacteriana até 90°C, sem perda considerável de sua atividade, essas diferentes resistências a temperaturas estão em função da atividade de água de cada alimento processado.

2.2. Efeito dos fatores antinutricionais

O valor nutricional dos alimentos pode ser determinado por análises químicas, porém, a performance dos animais é o melhor indicador do valor real, pois os alimentos podem conter fatores antinutricionais, que interferem na digestibilidade, absorção e utilização dos nutrientes. As análises químicas convencionais não incluem estimativas da presença destes fatores.

Para as plantas, alguns destes fatores antinutricionais funcionam como proteção natural ao ataques de fungos, bactérias, insetos e pássaros. Há indicações que os efeitos desses fatores provocam distúrbios digestivos nos microrganismos e insetos atuando de modo similar em aves e suínos. A eficiência de utilização dos nutrientes contidos nos alimentos está diretamente ligada à possibilidade da inativação e/ou dos fatores antinutricionais, proporcionando ainda, menor poluição ambiental e redução no custo de produção.

2.2.1. Polissacarídeos não amiláceos

Os polissacarídeos não amiláceos (PNA) são polímeros de monossacarídeos, sendo classificados em três grupos principais, como: celulose, polímero de não celulose (xilulose, mananose, β -glicanos, arabinolixanos) e pectina (arabinose e galactanos). Estes podem constituir a fibra do grão, que apresentam diferentes quantias de PNA solúvel e insolúvel e oligossacarídeos, além de uma grande diferença na estrutura e nas características físico-químicas.

Em especial os polissacarídeos não amiláceos solúveis (PNAs) estão associados com o aumento da viscosidade intestinal, que interferem na difusão dos nutrientes e das enzimas digestivas e suas interações com a mucosa intestinal. Estes efeitos têm relação com as cargas negativas e positivas, que dão as características hidrofóbicas e hidrofílicas dos PNA e quando em solução tendem a se ligar às superfícies dos alimentos, da micela de lipídeos e do glicocálix da mucosa intestinal (ANNISON & CHOCT, 1994).

Outros efeitos como o aumento ou diminuição da taxa de trânsito do alimento e interação com a microflora bacteriana podem ocorrer, CHOCT (2002).

Na Europa, as dietas para animais monogástricos são à base de trigo, de cevada, de centeio e pequena quantidade de grãos de leguminosas, como a soja. No Brasil, as dietas são compostas de milho e de farelo de soja, mostrando-se bastante eficientes em energia e em níveis protéicos. Esses grãos apresentam em sua composição, PNAs que variam entre os diferentes tipos de grãos, como mostrado na tabela 2.

Tabela 2 - Níveis e tipos de PNA presentes em alguns grãos

Alimento		PNA total	Celulose	Abinoxilanos	β -Glucanos	Arabinose	Xilose	Manose
Trigo	Solúvel	2,4	--	1,8	0,4	--	--	Traço
	Insolúvel	9,0	2,0	6,3	0,4	--	--	traço
	Total	11,4	--	--	--	--	--	--
Cevada	Solúvel	4,5	--	0,8	3,6	--	--	traço
	Insolúvel	12,2	3,9	7,1	0,7	--	--	0,2
	Total	16,7	--	--	--	--	--	--
Milho	Solúvel	0,1	--	0,1	traço	--	--	--
	Insolúvel	8,0	2,0	5,1	--	--	--	0,2
	Total	8,1	--	--	--	--	--	--
Soja	Solúvel	2,7	--	--	--	0,5	0,1	0,2
	Insolúvel	16,5	4,4	--	--	2,4	1,7	0,7
	Total	19,2	--	--	--	--	--	--

Adaptado de SMITS & ANNISON (1996), PLUSKE & LINDEMANN (1998) e CHOCT (2002).

Os oligossacarídeos presentes na soja, como a rafinose, a sucrose e a estaquiose não podem ser digeridos no intestino delgado das aves, devido a falta da α -1,6 galactosidase. Porém estes oligossacarídeos têm máxima digestão ao nível de ceco, graças às enzimas microbianas (COON et al., 1990). Estes autores avaliando a digestibilidade da rafinose, da sucrose, da estaquiose, da celulose e da hemicelulose em dietas de frangos a base de farelo de soja e de farelo de soja sem oligossacarídeos e carboidratos solúveis, extraídos com etanol a 80% (FSEE), observaram que a maior digestibilidade para os parâmetros avaliados ocorria após o íleo, com menor intensidade para a celulose e a hemicelulose. Porém, para as dietas a base de FSEE a digestibilidade da celulose e da hemicelulose foi significativamente melhorada; essa melhora foi devida ao maior tempo de trânsito do alimento e do aumento do pH cecal, que forneceu condições ideais para o desenvolvimento da microbiota, aumentando conseqüentemente o valor da energia metabolizável corrigida pelo nitrogênio (EMAn) e a digestão da fibra.

Segundo PLUSKE & LINDEMANN (1998) de 10 a 30% da fibra dietética total é representada por proteína, como as glicoproteínas e lectinas. Especialmente em dietas para animais monogástricos, esta proteína permanecerá encapsulada dentro da matriz polissacarídica, portanto indisponível para o animal. A liberação desta proteína por enzimas exógenas específicas pode aumentar a disponibilidade de aminoácido para os animais.

2.2.2. Lectinas

As lectinas são proteínas encontradas na maioria das plantas e são freqüentemente denominadas de hemaglutininas, devido a sua capacidade de provocar a aglutinação de hemácias em várias espécies. Possuem alta capacidade de se ligarem a carboidratos específicos localizados na superfície das células, principalmente nas células do duodeno e jejuno, causando sérios danos à parede intestinal.

A maioria das lectinas é capaz de resistir a ação enzimática do trato digestivo. MAENZ et al. (1999), demonstraram que 60% das lectinas da soja chegam intactas ao intestino e se ligam a carboidratos das membranas. A lectina da soja tem maior afinidade em se ligar ao N-acetyl-D-galactosamina, carboidrato este presente na borda em escova dos enterócitos.

Segundo MAENZ et al. (1999), as lectinas, depois de ingeridas, se ligam a carboidratos da membrana e provocam desorganização e destruição dos microvilos, aumentando assim o turnover das células intestinais. Esta desestruturação acaba interferindo seriamente na digestão e na absorção dos diversos nutrientes, reduz a secreção de enzimas pelos enterócitos, provoca hipersecreção de proteína endógena com maior produção de muco e perdas de proteínas plasmáticas para o lúmen intestinal. Por tudo isto, estima-se que as propriedades antinutricionais das lectinas respondem, pelo menos, por 25% da redução no crescimento observado em ratos alimentados com dietas a base de feijão cru.

Os efeitos deletérios destes fatores sobre o desempenho animal foram observados por OLIVEIRA et al. (2000), quando testaram dois tipos de dietas à base de milho e de soja com 6% *Leucena cunnigam* ou *Leucena leucocephala*, observaram redução no ganho de peso e aumento na conversão alimentar de frangos de corte.

2.2.3. Inibidores de proteínas

Os inibidores de proteínas são peptídeos capazes de se complexarem com as enzimas proteolíticas pancreáticas, tornando-as inativas. Estão classificados em 13 famílias, sendo seis derivadas de plantas e destas apenas dois apresentam importância na produção animal. Eles são essencialmente competitivos e o complexo inibidor-enzima formado não possui atividade enzimática para qualquer que seja o substrato.

Os dois principais inibidores de proteases presentes na soja, Kunitz e Bowman-Birk, constituem aproximadamente 6% da proteína bruta da soja. O inibidor Kunitz apresenta peso molecular ao redor de 20.000 com duas pontes dissulfeto e especificidade direta pela tripsina, sendo mais sensível ao processamento térmico. O inibidor Bowman-Birk tem peso molecular de aproximadamente 8.000 e sete pontes dissulfeto, com capacidade de inibir tanto a tripsina quanto a quimotripsina; porém é mais termoestável que o Kunitz.

A redução do crescimento, causada pelos inibidores de proteínas, pode ser, parcialmente, explicada pela redução na digestibilidade das proteínas da dieta. Segundo SMITHARD (2002), esses inibidores de proteínas se caracterizam por terem sítio de ligação com a tripsina e a quimotripsina que forçam automaticamente maior produção destas enzimas

endógenas pelo pâncreas, estimulado pela maior produção de colecistoquinina, em consequência disto o aumento do volume pancreático.

CLARKE E WISEMAN (2000), estudaram o efeito da inclusão de quatro amostras comerciais de soja integral, em três níveis (200, 400 e 600g/kg de dieta), com diferentes níveis de inibidores de tripsina (IT) - 3,4; 1,7; 3,6 e 1,1mg/g de amostra, em dietas para pintos de corte de 19 a 25 dias de idade. Observaram que, mesmo os níveis de IT estando dentro da faixa tolerável, as amostras com maiores níveis de inclusão provocaram aumento do pâncreas.

2.3. Processamento de soja integral e suas implicações

A soja integral, devido as suas excelentes características nutricionais aliadas ao alto teor protéico, tem sido amplamente estudada para sua inclusão em dietas de aves e suínos. Porém para demonstrar toda sua qualidade faz-se necessário a inativação dos fatores antinutricionais presentes no grão de soja (DUDLEY-CASH, 2003), sendo os principais as hemaglutininas ou lectinas, os inibidores de proteínas ou antitripsínico (DIAA EL-DIN & FARAG, 1998). De acordo com JORGE NETO (1992), existem sete métodos de processamento da soja integral: tostagem por tambor rotativo, tostagem por vapor úmido, tostagem por vapor seco, tostagem por “jet sploder”, micronização, extrusão seca ou úmida e microondas.

A extrusão é um tipo de processamento muito eficiente, uma vez que provoca o rompimento da parede celular propiciando maior exposição dos nutrientes e provocando a gelatinização dos componentes amiláceos, a desnaturação das proteínas e o cisalhamento e reestruturação de produtos expandidos dispensando a moagem do produto.

No processamento de tostagem, o cozimento se faz através de uma fonte de calor. O tempo de cozimento do grão de soja e a temperatura variam de acordo com o tipo de equipamento utilizado, havendo necessidade de moagem do produto final.

A micronização consiste num processo onde o grão de soja crua é submetido ao aquecimento por vapor indireto a uma temperatura de $\pm 165^{\circ}\text{C}$ por 2 a 3 minutos, após o aquecimento, é retirada a casca do grão da soja que em seguida é submetida a um processo de moagem por rolos (micronização) até atingir uma granulometria final de ± 30 microns.

A disponibilidade dos nutrientes da soja processada depende do tipo e qualidade do processamento empregado. Geralmente a inativação da atividade do inibidor de tripsina pelo

tratamento térmico é acompanhada pelo aumento concomitante na taxa de utilização da proteína (TUP).

As sojas processadas mais utilizadas são a tostagem e a extrusão (WALDROUP, 1982), porém a maior quantidade, geralmente, é processada pelas granjas produtoras e pequena quantidade pela indústria (SAKOMURA, 1996).

BHATACHARYA (1988) citado por MARSMAN et al. (1997), cita que durante a tostagem e principalmente durante a extrusão ocorre aumento da exposição das proteínas, permitindo maior ação das enzimas proteolíticas, que levaria a maior utilização dos nutrientes pelos animais. Além de provocar o rompimento da parede celular propiciando maior exposição dos nutrientes da soja, dispensando assim a moagem do produto. Outro benefício é a liberação dos tocoferóis naturais que atuam como antioxidantes, melhorando a qualidade do produto final, já que a soja extrusada apresenta alto teor de extrato etéreo. Segundo MARSMAN (1997), a digestibilidade dos nutrientes apresenta grande relação com o tipo de processamento, pois, estudando o uso de soja extrusada e da soja tostada em dietas para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade observou que as dietas formuladas com soja extrusada apresentaram significativamente maior digestibilidade da proteína bruta, do amido e dos polissacarídeos não amiláceos (PNA), as dietas a base de soja tostada. Estas diferenças nutricionais com diferentes processamentos, também foram observadas por CAFÉ (1993), onde o processo de micronização, seguido pelo de extrusão, proporcionam melhores resultados no aproveitamento do extrato etéreo do grão de soja integral.

VIOLA et al. (1998) testando dietas formuladas com soja integral e com soja integral tostada em duas diferentes temperaturas, com a atividade ureática de 1,98, 0,04 e 0,02 e a solubilidade protéica, 89,84, 78,10 e 68,96, respectivamente, observaram que a palatabilidade das dietas melhoram com o processamento, entretanto como o excesso de temperatura causava perda de solubilidade, devido a formação da reação de Maillard e como consequência; o aumento no consumo de alimento pelos animais.

2.4 Amido resistente

Foram identificadas três frações principais de amido resistente as enzimas de endógenas: A Tipo I se refere ao amido ligado fisicamente com a matriz dos alimentos (ie., grânulos de amido encapsulados dentro das células de endosperma) que é inacessível a enzimas amilolíticas. Tipo II representa o amido granular nativo, cuja resistência às enzimas é designada pela sua densidade e estrutura parcialmente cristalina, que pode ser superado pela gelatinização. Gelatinização se refere ao rompimento das moléculas dentro de grânulos de amido, quando aquecidos na presença de água resulta em grânulos inchados, perdendo cristalinização e o aumentando em extensão a hidrólise da amilase e glucoamilase. Porém ao esfriar, os dois componentes do amido, a amilose e amilopectina, começam a se reassociar. Este processo é chamado retrogradação, que impossibilita o retorno ao estado original ao esfriar ou hidratar-se. Desta forma, resultando em material insolúvel e resistente a hidrólise de enzimas amilolíticas (amido resistente tipo III).

A reação de Maillard é um produto formado durante tratamento de calor dos alimentos, representando outro tipo de ligação protéica também resistente às enzimas digestivas de animais monogástricos. Essa reação é uma glicosilação catalisada pelo calor, ou glicação associada com a ligação covalente entre os açúcares reduzidos e o grupamento amino dos aminoácidos, formando as proteínas glicadas. Apesar das vantagens do tratamento pelo calor empregadas no processamento de alimentos animais (ie., destruição de organismos patogênicos, decomposição de fatores antinutricionais) como a peletização, extrusão e tostagem poderiam conduzir a perdas em aminoácidos disponíveis (lisina, arginina, treonina).

Neste contexto, a atividade de certos tipos de enzimas provenientes dos microorganismos seria capaz de quebrar estas estruturas resistentes, resultando em grandes economias.

2.5. Métodos para Avaliar a Qualidade da Soja

É bem conhecido que a soja deve receber tratamento térmico para destruir seus vários fatores antinutricionais. O desafio é saber qual a quantidade exata de calor necessária para garantir maior qualidade nutricional deste ingrediente. Quantidades de calor insuficiente no processamento não eliminam adequadamente os fatores antinutricionais e o superaquecimento

pode resultar na destruição de alguns aminoácidos ou provocar reações que os tornam indigestíveis (reação de Mailard).

Para assegurar a qualidade dos produtos derivados da soja é necessária a avaliação do tratamento térmico. O método mais utilizado para avaliar o processamento do farelo de soja é o índice de urease, que é usado como indicador indireto da presença de fatores antinutricionais e indica processamento inadequado (subaquecimento) do farelo de soja. A urease é uma enzima que é destruída em condições térmicas semelhantes aos inibidores de proteases e lectina. Em boas condições de processamento espera-se uma diferença de pH, no índice de urease, de 0,05 a 0,30.

Para detectar se houve superaquecimento utiliza-se a solubilidade da proteína em KOH 0,2% (PARSONS et al., 1991). A soja crua possui solubilidade próxima de 100% e com o aquecimento esta solubilidade diminui, de forma que a solubilidade abaixo de 75% já evidencia superaquecimento da amostra, sendo o ideal um valor maior que 75 e menor que 90%.

Outro método que está sendo empregado é o chamado índice de dispersibilidade da proteína (PDI), que mede a solubilidade da proteína em água após centrifugação. Segundo BATAL et al. (2000), farelos de soja que apresentaram PDI de 45% ou inferior sofreram processamento térmico adequado.

2.6. Efeitos da adição de enzimas em dietas animais

Aproximadamente dois bilhões de toneladas de grãos de cereais e 140 milhões de toneladas de grãos de legumes e óleos são anualmente produzidos em todo mundo. Deste total, cerca de 230 milhões de toneladas são de material fibroso, distribuídos numa variedade de subprodutos. Parte deste total, a “fibra dietética” presente dentro destes grãos é usada de forma ineficiente pelos animais (PLUSKE & LINDEMANN 1998).

De acordo com CHARLTON (1996), o Reino Unido e a Irlanda fazem uso de enzimas exógenas em 90 a 95 % de todas as dietas para frangos de corte, visto que os alimentos usados são à base de trigo e de cevada, a fim de melhorar a utilização destes cereais e reduzir a quantidade de resíduos não aproveitados, ou seja, perda de nutrientes. A pentosanos (arabinoxilanos), bem como β -glucanos, presentes no trigo, na cevada e no centeio, não podem

ser hidrolisadas pelas enzimas endógenas dos sistemas digestivos de aves e suínos, o que causa piora na conversão alimentar com perdas de nutrientes. Porém, nos países europeus se observa aumento na utilização de novos tipos de grãos, especificamente os de leguminosas que apresentam altos valores energéticos e protéicos. Conforme PUGH & CHARLTON (1995), cerca de 15% das dietas para aves nos países europeus são compostas de soja, e em outros países ela é base fundamental das formulações de ração, o que se faz necessário a preparação de novas enzimas exógenas para este tipo de proteína vegetal, realçando seu valor nutritivo para os animais.

O uso de enzimas em rações é uma realidade e vários autores têm mostrado seus benefícios, tanto na melhora da digestibilidade de nutrientes quanto na melhora do desempenho dos animais.

MARSMAN et al. (1997) fazendo uso de enzimas em rações a base de farelo de soja e de soja integral extrusada para frangos de corte, observaram que a presença de enzimas melhorava a digestibilidade da proteína bruta em 1,8% de forma significativa quando comparada a não adição de enzimas. Essa melhora da digestibilidade da proteína bruta (CDPB) nem sempre é seguida pelo aumento de digestibilidade de todos os aminoácidos, como observado por ZANELLA et al. (1999b), que obtiveram melhora de 2,9% na CDPB, não sendo acompanhado pelos aminoácidos metionina, lisina e arginina, importantes em dietas a base de milho e de farelo de soja para frangos de corte, mas para valina e treonina a melhora foi de 2,3 e 3,0 %, respectivamente.

A utilização de enzimas nas dietas se faz de diversas formas, individuais ou na forma de complexos multienzimáticos, que podem apresentar benefícios em função do tipo de dietas e processamento dos componentes da ração. NERY et al. (2000) trabalhando com leitões de 10 a 30 kg de peso recebendo dietas à base de milho e de farelo de soja suplementada com amilase, protease e lipase separadas ou em complexo, não observaram efeitos no consumo de ração e no ganho de peso dos animais, porém a conversão foi melhor com a adição de protease. Essa melhora no desempenho dos animais foi também observado por ZANELLA et al. (1999b), quando utilizou um complexo multienzimático composto de protease, de amilase e de xilanase em rações para frangos de corte, com aumento de 1,9 e 2,2 % para o ganho e a conversão alimentar, respectivamente. Isso mostra os efeitos benéficos da adição de enzimas em dietas para animais.

A suplementação enzimática pode ser usada com o objetivo de aumentar os níveis energéticos das rações ou para incrementar a utilização dos nutrientes pelos animais. GARCIA et al. (2000) fazendo uso de dietas a base de farelo de soja e de soja integral extrusada suplementadas com enzimas para frangos de corte de 1 a 42 dias de idade obtiveram melhora na utilização de energia metabolizável de 9 %. Já NY et al. (1998) buscando reduzir o custo da ração para poedeiras fez uso de duas dietas; uma com 2.870 kcal/kg e 17,5 PB% a base de milho e farelo de soja e outra com redução de 3,5 % no teor energético e mesmo teor protéico, contendo em sua composição farelo de trigo e suplementada com enzima, obtiveram desempenho semelhante as aves que receberam as rações com alto teor energético, mas com redução no custo de produção de 5,2 %.

A utilização de enzimas em dietas para aves e para suínos além de melhorar o desempenho e aumentar a disponibilidade e digestibilidade de nutrientes, contribui também para a redução da contaminação do meio ambiente, principalmente por nitrogênio e fósforo, que são considerados os dois principais nutrientes eutrofizadores; visto que na avicultura a produção destes são consideráveis.

CAPÍTULO 1

ADIÇÃO DE COMPLEXO MULTIENZIMÁTICO EM DIETAS A BASE DE DIFERENTES SOJAS EXTRUSADAS SOBRE A DIGESTIBILIDADE DE NUTRIENTES E VALORES ENERGÉTICOS EM PINTOS DE CORTE

1. INTRODUÇÃO

A digestibilidade e a absorção dos nutrientes estão em função do tipo de ingredientes que compõem a dieta e suas características físico-químicas.

O componente, “fibra dietética” pode influenciar significativamente a digestibilidade dos nutrientes, pois o aumento dos PNA (arabinose, ramanose, fructose???) e dos oligossacarídeos (estaquiose, vergascose, rafinose) presentes na soja integral podem reduzir a digestibilidade da matéria seca, dos lipídios e dos minerais, além de favorecer o aumento da proliferação de microrganismos no trato gastrintestinal . Estes efeitos são provocados pelo aumento da viscosidade intestinal e da complexação com certos nutrientes (ALONSO et al., 2001; IRISH et al., 1995; REFSTIE et al., 1999).

O processamento recebido pela soja integral também influenciará a maior ou a menor digestibilidade dos PNA, da proteína e dos lipídios, pois vários trabalhos já demonstraram que a soja integral extrusada apresenta maior digestibilidade destes nutrientes que a soja autoclavada e a soja tostada (MARSMAN et al., 1997; SAKOMURA, 1996; WHITE et al., 1967). Essa melhora ocorre devido a maior exposição dos nutrientes à ação enzimática, à

redução da viscosidade e a redução dos fatores antinutricionais (lectinas, taninos e fitato) (ALONSO et al., 2001; MARSMAN et al., 1997; WHITE et al., 1967).

A utilização de enzimas em dietas a base de soja integral e de farelo de soja é cada vez mais estudada e utilizada. Tais estudos indicam efeitos benéficos na digestibilidade dos nutrientes e aumento da energia na dieta.

O uso de enzimas, celulase e protease, em dietas a base de soja extrusada e de soja tostada para frangos de corte, aumentaram a digestibilidade da proteína bruta e dos polissacarídeos não amiláceos (MARSMAN et al. 1997). PUGH & CHARLTON (1995), utilizando um complexo multienzimático composto de celulase, protease e xilanase (1kg/ton) em dietas a base de farelo de soja (48% PB), para frangos de corte, observaram aumento de 7,2% no valor de energia metabolizável.

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

Este trabalho foi desenvolvido com objetivo de avaliar os efeitos da adição de complexo multienzimático (protease, amilase e celulase), em dietas à base de diferentes sojas extrusadas sobre os coeficientes de digestibilidade dos nutrientes e dos valores de energia metabolizável das dietas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa - MG, no período de outubro a dezembro de 2002, utilizando-se os métodos de coleta total e de coleta ileal.

A temperatura média registrada foi de 27,7°C e a média das mínimas e máximas foi de 24,8 e 30,6°C, respectivamente.

Foram utilizados 288 pintos de corte, macho, da linhagem Avian Farms, com oito dias de idade e peso médio inicial de 147 g. As dietas a base de milho e soja extrusada foram formuladas para conter níveis sub ótimos de proteína, lisina e de metionina + cistina 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 (três diferentes sojas extrusadas x sem e com suplementação de complexo multienzimático – CM), num total de seis tratamentos com oito repetições de 6 aves por unidade experimental (Tabela 2).

As sojas extrusada subprocessada, normal e superprocessada (Tabela 3), foram incluídas na proporção fixa de 34% nas rações experimentais

O complexo multienzimático (Allzyme Vegpro[®]) era composto de celulase, de amilase (3%) e de protease (3%), sendo usado 500 mL/ton de dieta, de acordo com as recomendações da indústria. As dietas receberam inclusão de 0,5 % de Óxido Crômico (Cr₂O₃), como indicador indigestível para a determinação do fator de digestibilidade.

Tabela 1 - Composição percentual, química e valor nutricional das dietas experimentais (na matéria seca)

Ingredientes	%
Milho	54,634
Soja Integral extrusada (subprocessada, normal e superprocessada)	34,000
Farelo de soja	7,000
Calcário	1,000
Fosfato bicálcico	1,840
L -lisina HCl 99%	0,050
DL - Metionina 99%	0,150
Sal	0,500
Mistura vitamínica ¹	0,100
Mistura mineral ²	0,050
BHT (Butil Hidroxi Tolueno)	0,010
Coccidicida (salinomicina 12%)	0,050
Surmax 100 (avilamicina 10%)	0,006
Cloreto de colina 60%	0,060
Óxido de cromo	0,500
Amido ³	0,050
TOTAL	100,000
Valores calculados	
Energia Metabolizável (kcal/kg)	3.150
Proteína bruta (%)	20,80
Cálcio (%)	0,960
Fósforo disponível (%)	0,450
Sódio (%)	0,220
Met+Cist digestível (%)	0,720
Met+Cist total (%)	0,800
Lisina digestível (%)	1,004
Lisina total (%)	1,112
Treonina digestível (%)	0,715
Treonina total (%)	0,822
Triptofano digestível	0,219
Triptofano total (%)	0,248

¹ - Suplemento vitamínico - Rovimix (Roche) - Níveis de garantia por quilo do produto: vitamina A - 10.000.000 UI; vitamina D3 - 2.000.000 UI; Vitamina E - 30.000 UI; Vitamina B1 - 2,0g ; vitamina B6 - 4,0 g; Ac Pantotênico - 12,0g; Biotina - 0,10g; Vitamina K3 - 3,0 g ; Ácido fólico - 1,0 g ; Ácido nicotínico- 50,0 g ; Vitamina B12 - 15.000 mcg ; Selênio - 0, 25 g; e Veículo q. s. p. - 1.000g.

² - Suplemento mineral - Roligomix (Roche) - Níveis de garantia por quilo de produto : Manganês 16,0 g ; Ferro - 100,0 g; Zinco - 100,0 g; Cobre - 20,0 g ; Cobalto - 2,0 g ; Iodo - 2,0 g; e Veículo q. s. p. - 1.000g.

³ - O complexo multienzimático substituiu o amido.

Tabela 2 – Especificações dos tratamentos realizados

Tratamento	Processamento da soja extrusada	Solubilidade em KOH (%)*	Atividade de urease*	Complexo multienzimático
1	Subprocessada	91	0,5	Sem
2	Subprocessada	91	0,5	Com
3	Normal	88	0,05	Sem
4	Normal	88	0,05	Com
5	Superprocessada	66	0,0005	Sem
6	Superprocessada	66	0,0005	Com

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

Tabela 3 - Composição química das sojas extrusadas (na matéria natural)

Parâmetro (%)	Soja extrusada		
	Subprocessada	Normal	Superprocessada
Atividade da urease	0,50	0,05	0,0005
Solubilidade da proteína (%)	91	88	66
Matéria seca (%)	92,34	95,66	98,43
Proteína bruta (%)	37,04	36,87	39,35
Extrato etéreo (%)	19,27 ⁺	20,78 ⁺	21,29 ⁺
Matéria mineral (%)	5,40	4,76	5,57
Cálcio (%)	0,30	0,25	0,36
Fósforo total (%)	0,67	0,49	0,70

⁺ extração da gordura por solvente

Até aos 07 dias de idade as aves receberam ração inicial para pintos de corte e foram alojados em um galpão de alvenaria, de piso coberto com maravalha, segundo as recomendações do manual da linhagem. Aos oito dias de idade, as aves foram transferidas para baterias frias com 225 cm² de área (45cm de largura, 50 cm de comprimento e 40 cm de altura), em estruturas metálicas, constituídas de compartimentos distribuídos em dois andares. As baterias, em número de quatro, estavam dispostas em uma sala de 68 m², com 2,8 m de pé direito e grandes janelas de vidro. As aves receberam luz natural e/ou artificial durante 24 horas. Para maior conforto dos animais, foram utilizados dois aquecedores elétricos e uma campânula a gás, à noite, durante todo o período experimental. As aves receberam água e ração experimental a vontade.

O período experimental teve a duração de dez dias, sendo cinco de adaptação das aves às baterias e às rações experimentais e cinco dias (13 a 18 dias de idade) para estimar o consumo de ração e realizar a coleta total das excretas, com intervalo de 12 horas, para determinação dos valores de energia metabolizável aparente e aparente corrigida pela retenção de nitrogênio (EMAn).

Aos 19 dias, todas as aves de cada repetição foram abatidas por deslocamento cervical e imediatamente disseccionadas para a obtenção da digesta da porção do íleo terminal, sendo a 5 cm da junção íleo-cecocolica até 25 cm em 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. Após a pré-secagem a 65°C, por 72 horas, em estufa de ventilação forçada, as amostras foram moídas em moinho de 1mm de mesh e imediatamente preparadas para as análises de matéria seca, de proteína bruta, de energia bruta e de cromo.

As análises químicas das excretas, das digestas e das dietas foram realizadas no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UFV, utilizando-se as metodologias descritas por SILVA (1990).

Obtidos os resultados de análises de laboratório das dietas, da digesta e das excretas, foram calculados os coeficientes de digestibilidade ileal aparente da matéria seca, da proteína bruta e da energia bruta; 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 a comparação de médias analisada pelo teste de Student-Newman-keul's (SNK), usando o programa estatístico SAEG (2000).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os coeficientes de digestibilidade ileal aparente da matéria seca (MS), da proteína bruta (PB) e da energia bruta (EB) das dietas, são apresentados na Tabela 4.

Observou-se interação significativa entre a adição da enzima e o processamento da soja extrusada para os coeficientes de digestibilidade da MS, da PB, e da EB.

Considerando os tratamentos sem a suplementação do complexo multienzimático (CM), as dietas formuladas com soja extrusada normal (SEN) foram as que apresentaram os maiores valores para os coeficientes de digestibilidade da MS, da PB e da EB ($P > 0,05$), diferindo das dietas contendo soja extrusada sub (SES) e superprocessada (SESP). Os coeficientes de digestibilidade ileal da MS, da PB e da EB da dieta formulada com SESP foram melhores que aqueles obtidos na ração com soja subprocessada. Avaliando as diferentes sojas extrusadas na presença das enzimas, observou-se que a digestibilidade da MS na diferiu significativamente entre os tratamentos. A PB e a EB as enzimas igualaram a digestibilidade as dietas com SES e SESP, mostrando um efeito aditivo. As diferenças observadas nos diferentes tipos de soja extrusada podem ser devidas às perdas de qualidade ocorridas durante o processamento. Para a ração formulada com SES os valores de solubilidade da proteína em hidróxido de potássio (KOH) 0,2% e da atividade ureática (AU) não estavam de acordo com o preconizado pela ANFAR, (1985) os valores devem estar entre 75 a 90% e 0,05 a 0,30 para a solubilidade da proteína em KOH e AU, respectivamente. Indicando, desta forma, que a temperatura e pressão necessárias no processamento foram insuficientes para inativar os fatores antinutricionais (lectinas, inibidores de proteínas, saponinas).

Tabela 4 - Efeito da adição de complexo multienzimático (CM) sobre o coeficiente de digestibilidade ileal aparente (CDI) da matéria seca (MS), da proteína bruta (PB) e da energia bruta (EB) das dietas com soja integral extrusada, em pintos de corte

	CDI MS %				CDI PB %				CDI EB %			
	Processamento da Soja Extrusada				Processamento da Soja Extrusada				Processamento da Soja Extrusada			
	Subprocessada	Normal	superprocessada	Média	Subprocessada	Normal	superprocessada	Média	Subprocessada	Normal	superprocessada	Média
CM (-) ¹	62,00 ^{C b}	70,13 ^{A a}	67,63 ^{B b}	66,58	76,63 ^{C b}	88,38 ^{A a}	80,50 ^{B a}	81,83	63,75 ^{C b}	74,00 ^{A a}	70,75 ^{B a}	69,50
CM (+)	68,63 ^{A a}	70,88 ^{A a}	69,88 ^{A a}	69,79	79,88 ^{B a}	88,25 ^{A a}	80,63 ^{B a}	82,92	71,00 ^{B a}	75,25 ^{A a}	72,25 ^{B a}	72,83
Média	65,31	70,50	68,75		78,25 ^C	88,31	80,56		67,38	74,63	71,50	
Anova	Probabilidade do teste F											
Soja	0,001				0,001				0,001			
Enzima	0,001				0,025				0,001			
Soja*Enzima	0,001				0,008				0,001			
CV (%)	3,07				1,96				2,74			

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

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

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

Os efeitos deletérios destes fatores foram observados por vários autores (D'MELLO, 2000; OLIVEIRA, 2000; SMITHARD, 2002), onde verificaram que a presença destes causam uma redução na atividade das enzimas digestivas, como tripsina e quimotripsina; lesão na mucosa intestinal, diminuindo a capacidade de absorção e ainda pode ocorrer a desconjugação dos ácidos biliares, diminuindo a emulsificação dos lipídios. Para a SESP os menores coeficientes de digestibilidade foram, provavelmente, provocados pelo superaquecimento, que favorece a complexação dos carboidratos com as proteínas, conhecida como reação de Mailard, reduzindo os teores de nutrientes.

MARSMAN et al. (1997) obtiveram resultados semelhantes aos encontrados neste trabalho, onde observaram que as dietas à base de soja extrusada apresentaram maiores coeficientes de digestibilidade para a PB, para o amido e para os polissacarídeos não amiláceos (PNA) em relação às dietas a base de soja integral tostada, demonstrando que o tipo e o adequado processamento é determinante na digestibilidade dos nutrientes.

Segundo ALONSO et al. (2001) o processo de extrusão reduz a excreção fecal da MS e promove aumento da absorção dos nutrientes, justificado pela redução dos fatores antinutricionais.

Avaliando a adição do complexo multienzimático dentro dos diferentes tipos de soja extrusada, constata-se a melhora da digestibilidade ileal da MS das dietas a base de SES de 10,70% e para a SESP de 3,33%. Para a digestibilidade da PB e EB, somente as dietas com SES obteve melhora, 4,24% e 11,37%, respectivamente. O efeito benéfico da adição de enzima na melhora da digestibilidade também foi observado por MARSMAN et al. (1997) que obtiveram com a adição de uma carboidratase e protease em rações a base de soja extrusada um aumento de 1,79 e 42% na digestibilidade da PB e do PNA, respectivamente. Essa melhora significativa na digestibilidade de nutrientes com adição de enzimas também foi observado por ZANELLA et al. (1998), SAKOMURA et al. (1998b) e NERY et al. (2000). GARCIA et al. (2000) não obtiveram melhora significativa no coeficiente de digestibilidade da proteína bruta para dietas a base de farelo de soja (8,2%) e farelo de soja mais soja extrusada (2,1%).

Observou-se também que a adição do CM foi capaz de igualar ($P>0,05$) os valores dos coeficientes de digestibilidade para PB e EB das dietas à base de SES e SESP, mas não à dieta à base de SEN. Porém, para a matéria seca, o CM igualou ($P>0,05$) os valores de digestibilidade entre os diferentes tipos de soja, podendo indicar com isso que as enzimas foram efetivas em

reduzir os efeitos negativos dos fatores antinutricionais e da baixa qualidade das proteínas presentes na SES e SESP, respectivamente.

Segundo HUO (1993), citado por THORPE & BEAL (2001), a utilização de enzimas proteolíticas de origem fúngica e bacteriana, poderiam “*in vitro*”, inativar os inibidores de tripsina e lectinas presentes na soja crua ou na soja extrusada processada em baixas temperaturas, sendo as proteases de origem bacteriana mais efetivas na quebra dos inibidores de tripsina que as de origem fúngica.

Quanto aos valores de digestibilidade ileal aparente da energia (Tabela 5), observou-se que a dieta contendo SEN, sem a adição de enzimas, apresentou teor energético maior que as dietas com soja extrusada sub e superprocessada; ao mesmo tempo em que a dieta formulada com SESP apresentou 316,3 kcal/kg a mais que à dieta a base SES. Estas diferenças são, provavelmente, devido às diferenças na qualidade do processamento.

Avaliando a adição das enzimas dentro dos diferentes tipos de soja extrusada, observou-se que houve interação ($P > 0,01$) entre os dois parâmetros, indicando que a presença do CM aumentou os valores energéticos das dietas em 11,42%, 1,69% e 2,55% para as dietas formuladas com SES, SEM e SESP, respectivamente. Essa melhora na utilização da energia pode ser devido a maior digestibilidade da gordura, que apresentou aumento médio de 6% na digestibilidade ileal e de 3,95% para a digestibilidade aparente. O maior efeito do CM na dieta formulada com SES, pode ter sido devido ao maior efeito ($P < 0,01$) obtido na digestibilidade da gordura, como demonstrado na Tabela 6.

MARSMAN et al. (1997) fazendo uso de uma protease e uma carbohidratase em dietas à base de soja extrusada e outra em dietas à base de soja tostada, para pintos de corte de 1 a 21 dias de idade não observaram aumento significativo na digestibilidade da gordura (3,2%); obtendo também com a extrusão digestibilidade acima de 99% para o amido.

Os valores de energia metabolizável aparente (EMA) e aparente corrigida pelo nitrogênio (EMAn) das dietas para pintos de corte (Tabela 7) contendo soja extrusada com processamento normal foram maiores ($P < 0,01$), quando comparados aqueles das dietas à base de soja extrusada sub e superprocessada. Já os valores de EMA E EMAn das dietas formuladas contendo soja extrusada sub e superprocessada foram similares ($P > 0,01$).

Tabela 5 - Efeito da adição do complexo multienzimático (CM) sobre os valores de energia digestível ileal aparente (EDIap) das dietas com soja integral extrusada (kcal/kg de MS), em pintos de corte

	EDIap			
	Processamento da Soja Extrusada			
	Subprocessada	Normal	Superprocessada	Média
CM (-) ¹	2904,5 ^{Cb}	3368,8 ^{A b}	3220,8 ^{B b}	3164,7
CM (+)	3236,1 ^{B a}	3425,6 ^{A a}	3302,8 ^{B a}	3321,5
Média	3070,3	3397,2	3261,8	
Anova	Probabilidade do teste de F			
SE	0,001			
Enzima	0,001			
SE*Enzima	0,001			
CV(%)	2,93			

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

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

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

Tabela 6 - Efeito da adição do complexo multienzimático (CM) sobre os valores da digestibilidade ileal aparente da gordura (CDI Gordura) das dietas com soja integral extrusada, em pintos de corte

	CDI Gordura				CD Gordura ²			
	Processamento da Soja Extrusada				Processamento da Soja Extrusada			
	Subprocessada	Normal	superprocessada	Média	Subprocessada	Normal	Superprocessada	Média
CM (-) ¹	53,38 ^{Cb}	68,38 ^{A a}	63,13 ^{B a}	61,63	67,00 ^{B b}	76,50 ^{A a}	74,38 ^{A a}	72,63
CM (+)	62,75 ^{B a}	69,63 ^{A a}	63,63 ^{B a}	65,33	75,50 ^{A a}	76,63 ^{A a}	74,38 ^{A a}	75,50
Média	58,06	69,00	63,38		71,25	76,56	74,38	
Anova	Probabilidade do teste F							
Soja	0,001				0,001			
Enzima	0,002				0,004			
Soja*Enzima	0,005				0,001			
CV (%)	6,38				4,44			

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

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

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

² CDap - obtido pelo método de coleta total de excretas

Tabela 7 - Efeito da adição do complexo multienzimático (CM) sobre os valores de energia metabolizável aparente (EMA) e de energia metabolizável aparente corrigida pelo nitrogênio (EMAn), das dietas com soja integral extrusada (kcal/kg MS), em pintos de corte

	EMA				EMAn			
	Processamento da Soja Extrusada				Processamento da Soja Extrusada			
	Subprocessada	Normal	superprocessada	Média	Subprocessada	Normal	superprocessada	Média
CM (-) ¹	2906,63	3057,75	2872,38	2945,58 ^b	2802,88	2949,13	2775,88	2842,63 ^b
CM (+)	2933,00	3127,88	3013,75	3024,88 ^a	2828,63	3019,38	2917,88	2921,96 ^a
Média	2919,81 ^B	3092,81 ^A	2943,06 ^B		2815,75 ^B	2984,25 ^A	2846,88 ^B	
Anova	Probabilidade do teste F							
Soja	0,001				0,001			
Enzima	0,010				0,036			
Soja*Enzima	0,300				0,435			
CV (%)	3,78				4,42			

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

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

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

As dietas suplementadas com CM apresentaram valores de EMA (2,69%) e de EMAn (2,80%) superiores quando comparado com as dietas sem inclusão de enzima. Mas o maior efeito foi para a dieta formulada com SESP, ocorrendo uma inversão em relação à energia digestível ileal da dieta à base de SES. Este efeito pode ser justificado pelo aumento de amido resistente, ocorrido durante o processamento, pois segundo BROWN (1996) citado por ZANELLA et al. (1999b) o amido resistente em dietas é pouco digerido no intestino delgado, mas sua digestão pode ser completada no seco e no cólon. Outra justificativa se deve ao fato da presença de maiores quantidades de oligossacarídeos presentes na dieta formulada com SES, devido o inadequado processamento de extrusão. De acordo com o trabalho de COON (1989), a remoção dos oligossacarídeos do farelo de soja aumentaria a EMAn e a digestão da fibra no ceco e cólon das aves, devido ao maior tempo de retenção da digesta no ceco e aumento do pH cecal, fornecendo condições à fermentação microbiana.

Segundo IRISH et al. (1995) a adição de α -galactosidase e uma invertase em dietas a base de farelo de soja para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade, pode resultar em redução na EMAn da dieta, que poderia ser explicado pela maior ação destas enzimas sobre os monossacarídeos, como a xilose, que é absorvida mas não é metabolizada, sendo portanto excretada na urina. Estes dados corroboram com o trabalho realizado por PUGH & CHARLTON (1995), onde testaram CM composto de protease, amilase e xilanase em dietas a base de ervilha, soja 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 EMAn em 14,3; 9,2 e 4,1%, respectivamente, com a adição das enzimas.

Essa melhora na utilização da energia foi também encontrada por outros autores. GARCIA et al. (2000) trabalhando com rações a base de farelo de soja e de soja extrusada suplementadas com enzimas (α -galactosidase, pectinases, celulase) para frangos de corte de 1 a 42 dias, observaram melhora na utilização da energia metabolizável de 9%. CHARLTON (1996), HEW et al. (1998) e DANICKE et al. (2000) também observaram esse benefício.

As diferenças existentes entre os diversos trabalhos pode ser devidas ao tipo de enzima usada e sua combinação, ao diferentes tipos de ingredientes que compõem a dieta, a fase de criação das aves avaliadas e ainda o teor energético das dietas. SCHANG et al (1997) utilizando duas dietas, uma a base de milho, e de farelo de soja atendendo 90 e 100% das exigências das aves e outra composta de milho, de farelo de soja, de soja integral e de farelo de trigo atendendo 90 e 100% das exigências das aves, observaram que a suplementação enzimática nas dietas com alta densidade nutricional não apresentavam melhora no valor de utilização da energia.

Para os coeficientes de digestibilidade ileal (CDI) da fibra em detergente neutro (FDN), da fibra em detergente ácido (FDA) e da hemicelulose, apresentados na Tabela 8, pode se observar que a dieta formulada com SESP foi a que apresentou o maior coeficiente de digestibilidade para os três parâmetros ($P < 0,01$), seguido da dieta formulada com SEN, porém, os CDI da hemicelulose foram iguais entre as dietas a base de SEN e SES.

Tabela 8 - Efeito da adição do complexo multienzimático (CM) sobre o coeficiente de digestibilidade ileal aparente (CD) da fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e hemicelulose da digesta.

	CDI FDN				CDI FDA				CDI Hemicelulose			
	Processamento da Soja Extrusada				Processamento da Soja Extrusada				Processamento da Soja Extrusada			
	Subprocessada	Normal	Superprocessada	Média	Subprocessada	Normal	Superprocessada	Média	Subprocessada	Normal	superprocessada	Média
CM (-) ¹	31,37	38,12	50,87	40,12 ^b	10,12	17,25	32,75	20,04 ^b	44,00	51,00	59,50 ^b	51,50 ^b
CM (+)	37,62	39,25	56,25	44,37 ^a	15,25	19,50	42,12	24,66 ^a	49,50	51,00	63,87 ^a	54,79 ^a
Média	34,50 ^C	38,68 ^B	53,56 ^A		12,68 ^C	18,37 ^B	36,00 ^A		46,75 ^B	51,00 ^B	61,68 ^A	
Anova	Probabilidade do teste F											
Soja	0,001				0,001				0,001			
Enzima	0,004				0,005				0,045			
Soja*Enzima	0,299				0,543				0,342			
CV (%)	11,66				24,67				10,42			

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

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

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

Avaliando o efeito do CM dentro dos diferentes tipos de soja extrusada, nota-se que a presença das enzimas melhorou a digestibilidade da FDN, FDA e hemicelulose em média 10,60; 23,05 e 6,39%, respectivamente. Essas diferenças no CDI das dietas a base de SESP em relação as outras dietas podem ser devida a maior permanência desta no íleo provocada pelo excesso de processamento e ação microbiana, pois segundo MARSMAN et al. (1997), o aumento na intensidade de processamento poderia aumentar o PNA e ainda sua maior permanência no íleo poderia sofrer fermentação bacteriana, proveniente do influxo de digesta do ceco para o íleo.

Segundo COON et al. (1989) a remoção dos oligossacarídeos presentes no farelo de soja aumentaria a digestibilidade da fibra, devido à redução da taxa de passagem e maior ação bacteriana, aumentando o valor da EMAn. Ao mesmo tempo em que, o processo de extrusão reduziria 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 ocorrido na SES não permitiria aumento de digestibilidade da fibra em relação as outras dietas; além dos fatores antinutricionais que também são depressores da digestibilidade. A melhora na digestibilidade com a adição de enzimas foi também observada por BEDFORD (2000) e REBOLE et al. (1999).

Para os CD da FDN, FDA e hemicelulose das excretas, como demonstrado na Tabela 9, observou-se interação significativa entre a adição do CM e as dietas com diferentes tipos de soja extrusada. Sendo a dieta formulada com SESP a que apresentou a maior digestibilidade em todos os parâmetros, com ou sem a adição CM.

Na ausência das enzimas, o CD da FDN e Hemicelulose das dietas à base de SEN foram superiores que as dietas com SES, exceto para o CD da FDA. Porém, na presença do CM os parâmetros se igualaram.

Os dados indicam que o CD da FDA foi menor tanto ao nível de íleo quanto ao nível de ceco e de cólon.

Tabela 9 - Efeito da adição do complexo multienzimático (CM) sobre o coeficiente de digestibilidade aparente (CD) da fibra em detergente neutro (FDN), da fibra em detergente ácido (FDA) e da Hemicelulose da excreta.

	CD FDN				CD FDA				CD Hemicelulose			
	Processamento da Soja Extrusada				Processamento da Soja Extrusada				Processamento da Soja Extrusada			
	Subprocessada	Normal	Superprocessada	Média	Subprocessada	Normal	Superprocessada	Média	Subprocessada	Normal	superprocessada	Média
CM (-) ¹	21,12 ^{Cb}	27,00 ^{Bb}	48,62 ^{Aa}	32,25	6,87 ^{Bb}	10,11 ^{Ba}	31,87 ^{Aa}	17,29	32,25 ^{Cb}	37,75 ^{Bb}	57,00 ^{Aa}	42,00
CM (+)	34,00 ^{Ba}	34,62 ^{Ba}	49,87 ^{Aa}	39,50	13,62 ^{Ba}	11,12 ^{Ba}	33,87 ^{Aa}	18,50	44,25 ^{Ba}	48,62 ^{Ba}	59,37 ^{Aa}	50,75
Média	27,56	30,81	49,25		10,25	10,56	32,87		37,75	43,18	58,18	
Anova	Probabilidade do teste F											
Soja	0,001				0,001				0,001			
Enzima	0,001				0,35				0,001			
Soja*Enzima	0,021				0,015				0,041			
CV (%)	15,85				25,16				11,60			

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

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

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

COON et al. (1989) demonstra que a digestibilidade e o sítio de maior fermentação dos componentes da fibra ocorre no ceco e cólon das aves, onde observou que dietas a base de farelo de soja apresentavam digestibilidade aparente (coleta total de excretas) de 9,2 % para hemicelulose e 0% para celulose e para o de farelo de soja sem oligossacarídeos de 61,6% para hemicelulose e 35% para celulose. Este mesmo autor concluiu que a digestibilidade ileal aparente dos carboidratos solúveis totais é de 77,9% para o farelo de soja com 44% de proteína bruta e aproximadamente, zero para o farelo de soja destituído de oligossacarídeo.

Avaliando a adição das enzimas dentro dos diferentes tipos de soja observa-se aumento médio de 22,48; 6,99 e 20,83% para os CD para a FDN, FDA e hemicelulose, respectivamente.

Não se observou efeito significativo do CM sobre FDN, FDA e hemicelulose dentro das dietas a base de SESP. Mas, para as dietas formuladas com SEN e SES teve efeito significativo, exceto para o Cd da FDA na dieta com SEN.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Realizou-se um ensaio biológico em baterias metálicas, utilizando-se o “método de coleta total e o método de coleta ileal”, cujo objetivo foi determinar os coeficientes de digestibilidade aparente da matéria seca, proteína bruta, energia bruta, gordura, fibra em detergente neutro, fibra em detergente ácido, hemicelulose e os valores de energia digestível ileal aparente, energia metabolizável aparente e aparente corrigida pelo nitrogênio. Foram utilizados 288 pintos de corte, machos, da linhagem Avian Farms, com oito dias de idade, em arranjo fatorial 3 x 2 (dietas à base de soja extrusada subprocessada, normal e superprocessada x contendo ou não suplementação de complexo multienzimático -CM), num total de seis tratamentos com oito repetições de 6 aves por unidade experimental. As excretas foram coletas e pesadas durante cinco dias consecutivos. Aos 19 dias, todas as aves foram abatidas com deslocação cervical e imediatamente disseccionadas para a obtenção da digesta. Realizaram-se análises para determinação de matéria seca (MS), proteína bruta (PB), energia bruta (EB), gordura, fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) e hemicelulose.

Conclui-se que a adição do CM (protease, amilase e celulase), promoveu aumento médio dos coeficientes de digestibilidade ileal aparente da matéria seca, da proteína, da energia e da gordura das dietas de 4,8%, 1,3%, 4,8% e 6%, respectivamente. Entretanto, os maiores aumentos da digestibilidade ileal, provocados pelo CM, foram obtidos com as dietas contendo soja extrusada subprocessada, 10,7% (MS), 4,2% (PB), 11,4%, (EB) e 17,55% (gordura). As enzimas melhoram a digestibilidade ileal do FDN, FDA e hemicelulose 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 energia metabolizável ($P < 0,05$) que aquelas alimentadas com soja extrusada sub e superprocessadas, exceto para a variável fibra. Os valores de energia metabolizável para pintos de corte alimentados com dietas contendo sojas extrusadas sub e superprocessada foram similares ($P > 0,05$).

CAPÍTULO 2

EFEITO DA ADIÇÃO DE COMPLEXO MULTIENTZIMÁTICO EM DIETAS À BASE DIFERENTES SOJAS EXTRUSADAS SOBRE O DESEMPENHO DE PINTOS DE CORTE

1. INTRODUÇÃO

A busca pela eficiência alimentar com maior ganho tem sido incessante, para isso tem voltado a atenção para a utilização da soja integral para os monogástricos. No entanto o grande entrave é a presença de substâncias antinutricionais como os inibidores de tripsina, lectinas e polissacarídeos não amiláceos (PNA), que são depressores do desempenho animal. Para contrapor a estes fatores a extrusão surge como boa alternativa, capaz de melhorar o valor biológico da soja integral. SAKOMURA (1998a) concluiu que frangos de corte alimentados com dieta contendo soja integral extrusada apresentaram melhor desempenho do que aqueles que receberam dietas com farelo de soja acrescida de óleo.

Uma alternativa seria a utilização de enzimas exógenas nas rações, que cada vez mais é empregada, principalmente em países onde as dietas são à base de trigo, de centeio e de cevada, objetivando-se a redução da viscosidade intestinal, melhora na utilização dos nutrientes e aumento de desempenho, como demonstrado por vários trabalhos (GARCIA et al., 2000; HEW et al., 1998; JARORI & SCHEIDELER, 1999).

As dietas à base de milho e de soja extrusada suplementadas com enzimas tem se mostrado eficientes por favorecer melhoras significativas no desempenho de aves e suínos (SCHANG et al., 1997; KITCHEN, 1997).

Esse trabalho foi desenvolvido para avaliar os efeitos da adição de complexo multienzimático (protease, amilase e celulase), em dietas a base de milho e de diferentes sojas extrusadas sobre o desempenho de frangos de corte.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, no período de outubro a dezembro de 2002.

A temperatura média registrada foi de 27,7°C e a média das mínimas e das máximas foi de 24,8 e 30,6°C, respectivamente.

Foram utilizados 960 pintos de corte, machos, da linhagem Avian Farms, de 01 a 21 dias idade, alojados em galpão de alvenaria, telado e coberto com telhas de amianto, subdividido em boxes de 1,1 x 2,0 metros com cama de maravalha. As dietas à base de milho e de soja extrusada foram formuladas para conter níveis sub ótimos de proteína e de lisina e de metionina + cistina para facilitar a detecção de diferenças no valor nutritivo das rações, como demonstrada na tabela 1.

O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 3 x 2 (três diferentes sojas extrusadas × sem e com suplementação de complexo multienzimático – CM), num total de seis tratamentos (Tabela 2) com oito repetições de 20 aves por unidade experimental.

As sojas extrusadas subprocessada, normal e superprocessada (Tabela 3) foram incluídas nas proporções fixas de 34% nas dietas experimentais.

O complexo multienzimático (Allzyme Vegpro[®]) era composto de celulase, de amilase (3%) e de protease (3%), sendo usado 500 mL/ton de dieta, de acordo com as recomendações da indústria.

As aves e as dietas foram pesadas no início e no final da fase experimental (01 a 21 dias), para obter o ganho de peso, o consumo de ração e a conversão alimentar.

Foi registrada a mortalidade para ser considerada durante a correção dos dados de desempenho. E o manejo de acordo com o manual da linhagem.

A avaliação estatística foi feita utilizando-se análise de variância e a comparação de médias foi realizada mediante o teste de Student-Newman-Keul's (SNK), usando o programa estatístico SAEG (2000).

Tabela 1 - Composição percentual, química e valor nutricional das dietas experimentais (na matéria seca)

Ingredientes	%
Milho	55,134
Soja Integral extrusada (subprocessada, normal e superprocessada)	34,000
Farelo de soja	7,000
Calcário	1,000
Fosfato bicálcico	1,840
L -lisina HCl 99%	0,050
DL - Metionina 99%	0,150
Sal	0,500
Mistura vitamínica ¹	0,100
Mistura mineral ²	0,050
BHT (Butil Hidroxi Tolueno)	0,010
Coccidicida (salinomicina 12%)	0,050
Surmax 100 (avilamicina 10%)	0,006
Cloreto de colina 60%	0,060
Amido ³	0,050
Total	100,000
Valores calculados	
Energia Metabolizável (kcal/kg)	3.150
Proteína bruta (%)	20,80
Cálcio (%)	0,960
P disponível (%)	0,450
Sódio (%)	0,220
Met+Cist digestível (%)	0,720
Met+Cist total (%)	0,800
Lisina digestível (%)	1,004
Lisina total (%)	1,112
Treonina digestível (%)	0,715
Treonina total (%)	0,822
Triptofano digestível	0,219
Triptofano total (%)	0,248

¹ - Suplemento vitamínico - Rovimix (Roche) - Níveis de garantia por quilo do produto: vitamina A - 10.000.000 UI; vitamina D3 - 2.000.000 UI; Vitamina E - 30.000 UI; Vitamina B1 - 2,0g ; vitamina B6 - 4,0 g; Ac Pantotênico - 12,0g; Biotina - 0,10g; Vitamina K3 - 3,0 g ; Ácido fólico - 1,0 g ; Ácido nicotínico- 50,0 g ; Vitamina B12 - 15.000 mcg ; Selênio - 0, 25 g; e Veículo q. s. p. - 1.000g.

² - Suplemento mineral - Roligomix (Roche).- Níveis de garantia por quilo de produto : Manganês 16,0 g ; Ferro - 100,0 g; Zinco - 100,0 g; Cobre - 20,0 g ; Cobalto - 2,0 g ; Iodo - 2,0 g; e Veículo q. s. p. - 1.000g.

³ - O complexo multienzimático substituiu o amido.

Tabela 2 - Especificações dos tratamentos realizados

Tratamento	Processamento da soja extrusada	Solubilidade (%)	atividade de urease	Complexo multienzimático
1	Subprocessada	91	0,5	Sem
2	Subprocessada	91	0,5	Com
3	Normal	88	0,05	Sem
4	Normal	88	0,05	Com
5	Superprocessada	66	0,0005	Sem
6	Superprocessada	66	0,0005	Com

* Análise realizada pela Cooperativa dos Granjeiros do Peste de Minas (COGRAN), Para de Minas.

Tabela 3 - Composição química das sojas extrusadas (na matéria natural)

Parâmetro (%)	Soja extrusada		
	Subprocessada	Normal	Superprocessada
Atividade da urease	0,50	0,05	0,0005
Solubilidade da proteína (%)	91	88	66
Matéria seca (%)	92,34	95,66	98,43
Proteína bruta (%)	37,04	36,87	39,35
Extrato etéreo (%)	19,27 ⁺	20,78 ⁺	21,29 ⁺
Matéria mineral (%)	5,40	4,76	5,57
Cálcio (%)	0,30	0,25	0,36
Fósforo total (%)	0,67	0,49	0,70

⁺ extração da gordura por solvente

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para todos os parâmetros de desempenho avaliados, ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar, as aves alimentadas com dieta contendo soja extrusada, com processamento normal (SEN), apresentaram melhor desempenho ($P < 0,05$) quando comparadas com as aves que receberam as dietas formuladas com soja extrusada subprocessada (SES) e soja extrusada superprocessada (SESP), Tabela 4. No entanto, as aves alimentadas com dieta contendo SESP apresentaram desempenhos similares ($P > 0,05$) àquelas que receberam dieta à base de SES. As diferenças observadas apresentam relação direta com o adequado processamento, favorecendo a redução dos fatores antinutricionais e disponibilizando os nutrientes para melhor ação enzimática. Essa qualidade de processamento pode ser observada avaliando a solubilidade da proteína em hidróxido de potássio (KOH) 0,2% e a atividade de urease (AU), segundo descrito em ANFAR (1985) a solubilidade em KOH deve estar entre 75 e 90% e a AU entre 0,05 e 0,30.

Para as dietas formuladas à base de SES, SEN e SESP foi observado peso relativo de pâncreas de 0,699; 0,392 e 0,603 g/100g de PV, respectivamente. Indicando que as aves que receberam dieta formulada com SES apresentaram maior peso de pâncreas ($P < 0,05$). Essa hipertrofia pancreática pode ser atribuída a compensação das perdas provocada pelos fatores antinutricionais (lectinas, inibidores de tripsina e saponinas) encontrados na soja extrusada subprocessada, da mesma forma ocorreu um aumento de peso do pâncreas das aves alimentadas com a dieta à base de soja extrusada superprocessada, não diferindo estatisticamente das aves alimentadas com dietas à base de soja extrusada normal, indicando que corrigir as perdas de qualidades provocadas pelo super aquecimento, requer aumento de metabolismo, desta forma seu peso. WHITE et al. (1967) também observou estas alterações quando frangos de corte eram alimentados com dietas à base de soja crua.

Tabela 4 - Efeito da adição do complexo multienzimático (CM) sobre o consumo, ganho de peso e conversão alimentar em frangos de corte alimentados com dietas com soja extrusada, no período de 1 a 21 dias

	Ganho de peso				Consumo de ração				Conversão Alimentar			
	Processamento da Soja Extrusada				Processamento da Soja Extrusada				Processamento da Soja Extrusada			
	Subprocessada	Normal	superprocessada	Média	Subprocessada	Normal	Superprocessada	Média	Subprocessada	Normal	superprocessada	Média
CM (-) ¹	457,93	636,49	468,75	526,31 ^b	821,53	896,56	833,63	852,92 ^a	1,80	1,41	1,78	1,65 ^a
CM (+)	479,18	663,33	480,53	546,57 ^a	821,94	890,56	830,56	848,87 ^a	1,71	1,34	1,73	1,58 ^b
Média	468,56 ^B	649,90 ^A	474,90 ^B		820,73 ^B	893,74 ^A	832,09 ^B		1,74 ^B	1,38 ^A	1,75 ^B	
Anova	Probabilidade do teste F											
Soja	0,001				0,001				0,001			
Enzima	0,020				0,790				0,010			
Soja*Enzima	0,770				0,990				0,850			
CV (%)	5,35				6,12				5,73			

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

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

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

Essas diferenças no desempenho com diferentes tipos de processamento também foi observado por SAKOMURA (1998a), onde aves alimentadas com dietas formuladas com soja integral tostada a vapor e soja integral extrusada apresentaram desempenho superior àquelas alimentadas com dieta à base de farelo de soja. Essa diferença pode ser devida ao maior teor de óleo na soja integral.

Avaliando a adição do CM dentro dos diferentes tipos de processamento de soja, observou-se aumento ($P < 0,05$) no ganho de peso de 4,64%, 4,22% e 2,51% nas aves alimentadas com dietas formuladas com SES, SEN e SESP, respectivamente. Para a conversão alimentar melhora de 4,94%, 4,81% e 3,30% quando recebiam as dietas à base de SES, SEM e SESP, respectivamente, enquanto que o consumo das aves foi semelhante. Pode-se observar que o maior efeito a adição das enzimas foi para a dieta à base de soja extrusada subprocessada ($P < 0,05$), acompanhando o efeito observado na suplementação enzimática sobre a digestibilidade dos nutrientes. Podendo desta forma inferir que o CM tem maior efeito sobre as dietas formuladas com SEN

IRISH et al. (1995) conduzindo experimento com galos adultos para avaliar o efeito da estaquiose e rafinose presentes no farelo de soja, sobre o desempenho, utilizando α -galactosidase ou α -galactosidase mais uma invertase, observaram aumento no ganho de peso de 5,37% e 6,70%, respectivamente. FIGUEIREDO et al. (1998) observaram um aumento ($P < 0,05$) de 1,9% para ganho de peso e 1,6% para conversão alimentar quando era adicionada um complexo de enzimas composto de protease, de amilase e de xilanase, em dietas formuladas à base de milho e de farelo de soja, milho e soja extrusada ou milho e soja tostada.

A melhora no desempenho de frangos de corte com dietas suplementadas com enzimas foram também observados por FRAIHA et al. (1997); SCHANG et al. (1997); COUSINS (1999) e ZANELA (1999b), que pode ter relação direta com a melhora da digestibilidade da proteína bruta, da energia bruta, da fibra, redução dos fatores antinutricionais e melhora na utilização da energia, como observado por CHARLTON (1996); HEW et al. (1998); DANICKE et al. (2000) e CHOCT (2002).

Segundo ZANELLA et al. (1999a), a inclusão de enzimas exógenas reduz a produção endógena de amilase em 23,39% e de tripsina pancreática em 35,80%. Essa economia na produção de enzimas endógenas poderia favorecer a síntese protéica.

4. RESUMO E CONCLUSÕES

Este experimento foi desenvolvido no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa. Cujo objetivo foi determinar o desempenho de pintos de corte recebendo dietas suplementadas com complexo multienzimático. Foram utilizados 960 pintos de corte, machos, da linhagem Avian Farms, de 01 a 21 dias idade, alojados em galpão de alvenaria, telado e coberto com telhas de amianto, subdividido em boxes de 1,1 x 2,0 metros com cama de maravalha. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, em arranjo fatorial 3 x 2 (soja extrusada subprocessada, normal e superprocessada × sem e com suplementação de complexo multienzimático – CM), num total de seis tratamentos com oito repetições de 20 aves por unidade experimental. A composição da soja extrusada foi incluída na proporção fixa de 34% nas dietas experimentais que foram calculadas para conter níveis sub ótimos de proteína, de lisina e de metionina + cistina para facilitar a detecção de diferenças no valor nutritivo dos tratamentos. O complexo multienzimático era composto de celulase, amilase e protease, sendo usado 500 mL/ton de dieta, de acordo com as recomendações da indústria. As aves e as rações foram pesadas no início e no final da fase experimental (01 a 21 dias), para obter o ganho de peso, o consumo de ração e a conversão alimentar. Foi registrada a mortalidade para ser considerada durante a correção dos dados de desempenho.

A adição do complexo multienzimático composto de protease, de amilase e de celulase, em dietas contendo soja extrusada com diferentes processamentos melhorou o ganho de peso em 3,8% e a conversão alimentar em -4,24%. Sendo o maior efeito no desempenho das aves alimentadas com soja extrusada subprocessada, com 4,64 e -5,0% no ganho de peso e na conversão alimentar, respectivamente. As aves alimentadas com dietas contendo soja extrusada normal, apresentaram melhor desempenho ($P < 0,05$) que aquelas alimentadas com soja extrusada sub e superprocessadas.

3. CONCLUSÕES

A adição do complexo multienzimático em dietas contendo soja extrusada com diferentes processamentos melhorou o ganho de peso (3,8%), a conversão alimentar (-4,24%) e os valores de energia metabolizável das dietas (2,69%) de pintos de corte macho.

O complexo multienzimático promoveu aumento médio dos coeficientes de digestibilidade ileal aparente da matéria seca, da proteína, da energia e da gordura das dietas em 4,8%, 1,3%, 4,8% e 6%, respectivamente. Sendo os maiores aumentos da digestibilidade ileal para as dietas contendo soja extrusada subprocessada, 10,7% (MS), 4,2% (PB), 11,4%, (EB) e 17,55% (gordura).

As enzimas melhoram a digestibilidade ileal do FDN, FDA e hemicelulose 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 energia metabolizável ($P < 0,05$) que aquelas alimentadas com soja extrusada sub e superprocessadas, exceto para a variável fibra.

Os valores de energia metabolizável e o desempenho de pintos de corte alimentados com dietas contendo sojas extrusadas sub e superprocessada foram similares ($P > 0,05$).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 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.
- ANNISON, G.; CHOCT, M. Plant polysaccharides - their physiochemical properties and nutritional roles in monogastric animals. In: BIOTECHNOLOGY IN THE FEED INDUSTRY - PROCEEDINGS OF ALLTECH'S 10TH ANNUAL SYMPOSIUM, 1994, **Anais...** 1994. p.51-66.
- ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS FABRICANTES DE RAÇÕES - ANFAR. **Matérias primas para a alimentação animal**. São Paulo, SP. 1985.
- BATAL, A.B.; DOUGLAS, M.W.; ENGRAM, A.E.; et al. Protein dispersibility index as an indicator of adequately processed soybean meal. **Poultry Science**. 79:1592-1596. 2000.
- 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.
- CAFÉ, M. B. **Estudo do valor nutricional da soja integral processada para aves**. Jaboticabal, SP: UNESP, 1993. 97p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, 1993.
- CHARLTON, P. Expanding enzyme applications: higher amino acid and energy values for vegetable proteins. In: BIOTECHNOLOGY IN THE FEED INDUSTRY - PROCEEDINGS OF ALLTECH'S 12TH ANNUAL SYMPOSIUM, 1996, Loughborough, Leics, UK. **Anais...** Loughborough, Leics, UK: Nottingham University Press, 1996. p.317.
- CHOCT, M. Non- starch polysaccharides: effect on nutritive value In: Poultry feedstuffs: supply, composition and nutritive value In: MACNAB, J.M. e BOORMAN, K.N. (eds.) **factors influencing nutritive value**. CAB Internacional. 2002. p.221-235.
- CLARKE, E.; WISEMAN, J. Comparison of nutritional value of full fat soyabean meals for broilers chicks in the UK. **Brit. Poult. Sci.** 41:688-689. 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.
- COUSINS, B. Enzimas na nutrição de aves. In: I SIMPÓSIO INTERNACIONAL ACAV-EMBRAPA SOBRE NUTRIÇÃO DE AVES, 1999, Concórdia. **Anais...** Concórdia: CNPAS, 1999. p.118-132.
- D'MELLO, J.P.F. Anti-nutritional factors and mycotoxins. In: D'MELLO, J.P.F (ed) **Farm Animal Metabolism and nutrition**. Wallingford. UK: CAB International. 2000. p.383 - 403.
- DANICKE, S.; JEROCH, H.; BOTTCHEER, W. et al. Interactions between dietary fat type and enzyme supplementation in broiler diets with high pentosan contents: effects on precaecal and total tract digestibility of fatty acids, metabolizability of gross energy, digesta viscosity and weights of small intestine. **Animal Feed Science and Technology**, v.84, p.279 -294, 2000.
- DIAA EL-DIN, M.; FARAG, H. The nutritive value for chicks of full-fat soybeans irradiated at up to 60 KGy. **Animal Feed Science and Technology**, v.73, p.319-328, 1998.
- DUDLEY-CASH, W.A., Methods for determining quality of soybean meal protein important. In: American Soybean Association, www.asa-europe.org- www.ussoymeal.org , março de 2003.
- FIGUEIREDO, A.N.; ZANELLA, I.; SAKOMURA, N.K.L. et al. Efeito da adição de enzimas em dietas à base de milho e tipos de soja sobre o desempenho de frangos de corte. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIAS AVÍCOLAS, 1998, Campinas. **Anais...** Campinas: 1998. p.36.
- FRAIHA, M.; FURLAN, A.C.; MURAKAM, A.E. et al. Utilização de complexo multienzimático em rações de frango de corte contendo triticales. 2º ensaio de desempenho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, p. 765-772, 1997.
- 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.
- GARY, W. In-feed assay of enzymes by radial enzyme diffusion - recent developments. And application to analysis in pelleted feed. In: BIOTECHNOLOGY IN THE FEED INDUSTRY - PROCEEDINGS OF ALLTECH'S 11Th ANNUAL SYMPOSIUM, 1995, **Anais...** 1995. p.331-336.
- HEW, L.I.; RAVINDRAN, V.; MOLLAH, Y. et al. Influence of exogenous xylanase supplementation on apparent metabolisable energy and amino acid digestibility in wheat for broiler chickens. **Animal Feed Science and Technology**, v.75, n.2, p.83-92, 1998.

- 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.
- JARORI, D.; SCHEIDELER, S.E. The effect of dietary wheat middling and enzyme supplementation. 1. late egg production efficiency, egg yields, and egg composition in two strains of leghorn hens. **Poultry Science**, v.78, p.841- 847, 1999.
- JORGE NETO, G. Soja integral na alimentação de aves e suínos. **Avicultura Industrial**, n.998, p.4 -15, 1992.
- KITCHEN, D.I. Enzyme applications in corn/soya diets fed pigs. In: BIOTECHNOLOGY IN THE FEED INDUSTRY – PROCEEDINGS OF ALLTECH'S 13th ANNUAL SYMPOSIUM, 1997, Loughborough, Leics, UK. **Anais...** Loughborough, Leics, UK: Nottingham University Press, 1997. p.01-114.
- NY, L.; WYATT, C.; CRESWELL, D. El uso de enzimas para maximizar la utilizacion de los nutrientes en dietas para ponedoras. In: ENZIMAS - DESAROLLANDO SU POTENCIAL EN DIETAS PARA AVES BASADAS EN MILHO/SOJA, 1998, Athanta. **Anais**. Athanta: 1998. p.32-37
- 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.
- MAENZ, D.D., IRISH, G.G., CLASSEN, H.L. Carbohydrate-binding and agglutinating lectins in raw and processed soybean meals. **Anim. Feed Sci. and Tech.** 76:335-343, 1999.
- MATTERSON, L.D.; POTTER,L.M.; STUTZ,N.W. The metalolizable energy of feeds ingredient for chickens storrs; University of Connecticut – agricultural experiment station, 11p. 1965 (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 30kg 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. Soybean KOH solubility in potassium hydroxide: An in vitro test of in vivo protein quality. **J. Animal. Science**. 69:2918-2924. 1991.

- PLUSKE, J.R.; LINDEMANN, M.D. Maximizing the response in pig and poultry diets containing vegetable proteins by enzyme supplementation. In: BIOTECHNOLOGY IN THE FEED INDUSTRY - PROCEEDINGS OF ALLTECH'S 14TH ANNUAL SYMPOSIUM, 1998, **Anais...** 1998. p.375-392.
- PUGH, R.; CHARLTON, P. Enzyme applications for plant proteins: time to look beyond cereals. In: BIOTECHNOLOGY IN THE FEED INDUSTRY – PROCEEDINGS OF ALLTECH'S 11TH ANNUAL SYMPOSIUM, 1995, Loughborough, Leics, UK. **Anais...** Loughborough, Leics, UK: Nottingham University Press, 1995. p.393-396.
- REBOLE, A.; RODRIGUEZ, M.L.; ALZUETA, C. et al. A short note on effect of enzyme supplement on the nutritive value of broiler chick diets containing maize, soyabean meal and full-fat sunflower seed. **Animal Feed Science and Technology**, v.78, p.153 -158, 1999.
- REFSTIE, S.; SVIHUS, B.; SHEARER, K. D. et al. Nutrient digestibility in Atlantic salmon and broiler chickens related to viscosity and non-starch polysaccharide content in different soyabean products. **Animal Feed Science and Technology**, v.79, n.4, p.331-345, 1999.
- 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: ROSTAGNO, H.S, 2000. 141p.
- SAKOMURA, N.K. Uso da soja integral na alimentação de aves. **Avicultura Industrial**, p.29-37, 1996
- SAKOMURA, N.K.; SILVA, R. D. Avaliação da soja integral tostada ou extrusada sobre o desempenho de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.27, p.584-594., 1998a.
- SAKOMURA, N.K.; ZANELLA, I.; LONGO, F.A. et al. Efeito da suplementação de um complexo multienzimático em dietas a base de milho e soja sobre a digestibilidade em aves. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIAS AVÍCOLAS, 1998b, Campinas. **Anais...** Campinas: FACTA, 1998b, p.38
- SCHANG, M. J.; AZCONA, J.O.; ARIAS, J.E. The performance of broilers fed with diets containing allzyme vegpro. In: BIOTECHNOLOGY IN FEED INDUSTRY. ALLTECH'S ANNUAL SYMPOSIUM, 13, 1997, nicholasville, kentucky. **Anais...** Nicholasville, Kentucky: 1997. p.95-100.
- SMITHARD, R. Secondary plant metabolites in poultry nutrition In: MACNAB, J. M. e BOORMAN, K. N. (eds.) **Poultry feedstuffs: supply, composition and nutritive value - factors influencing nutritive value**. CAB Internacional. 2002. p.237 - 278.
- SMITS, C. H. M.; ANNISON, G. Non-starch polysaccharides in broiler nutrition - towards physiologically valid approach to their determination. **Journal World's Poultry Science**, v.52, p.204-217, 1996.

- STRYER, L. Introdução ao estudo das enzimas In: STRYER, L (ed) **Bioquímica**. Rio de Janeiro: Editora Guanabara. 3.ed. 1987. p.145-164.
- SILVA, D.J. **Análises de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa: UFV. 1990.
- THORPE, P.; BEAL, J.D. vegetable protein meals and the effects of enzymes In: BEDFORD, M.R. e PARTTRIDGE, G.G. (eds.) **Enzymes im farms animal nutrition**. CAB Internacional. 2001. p.125-146.
- UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. SAEG - **Sistema de análises estatísticas e genéticas**. Viçosa, MG, 2000.
- VIOLA, E. S.; WUADEN, E.; PENZ JUNIOR, A.M. Efeito do processamento térmico do grão de soja sobre a digestibilidade da proteína e energia em suínos. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 1998, **Anais...** 1998. p.151-159.
- VIVEROS, A.; BRENES, A.; PIZARRO, M. et al. Effect enzyme supplementation of a diet based on barley, and autoclave treatment, on apparent digestibility, growth performance and gut morphology of broilers. **Animal Feed Science and Technology**, v.48, p.237-251, 1994.
- VRANJES, V. M.; PFIRTER, H. P.; WENK, C. Influence of processing treatment and type of cereal on the effect of dietary enzymes in broiler diets. **Animal Feed Science and Technology**, v.46, p.261-270, 1994.
- WALDROUP, P. W. Whole soybeans for poultry feeds. **World's Poultry Science**, v.38, n.1, p.28-35, 1982.
- WHITE, C.L.; GREENCE, D.C.; WALDROUP, P.W. et al. The use of unextracted soybeans for chicks - comparasion 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 a base de milho e soja. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIAS AVÍCOLAS, 1998, Campinas. **Anais...** Campinas: 1998. p.37.
- ZANELLA, I.; SAKOMURA, N. k.; PIZAURO, J. A. et al. Efeito da adição de enzimas exógenas na dieta sobre a atividade enzimática da amilase e tripsina pancreática em frangos de corte. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIAS AVÍCOLAS, 1999a, Campinas. **Anais...** Campinas: 1999a. p.45.
- 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.

APÊNDICE

APÊNDICE

As fórmulas utilizadas nos cálculos dos coeficientes de digestibilidade e de energia foram:

1-) FI = fator de indigestibilidade

$$FI = \left[\frac{Cr_{dieta}}{Cr_{digesta}} \right]$$

2-) MSD = matéria seca digestível

$$MSD (\%) = 100 - \left[FI \times 100 \right]$$

3-) CD_{ap} Nutriente = coeficiente de digestibilidade aparente de nutriente

$$CD_{ap}\text{Nutriente} (\%) = 100 \times \frac{\text{Nutriente}_{dieta} - \text{Nutriente}_{digesta} \times FI}{\text{Nutriente}_{dieta}}$$

4-) ED_{ap} Ileal = energia aparente ileal, em kcal/kg de MS

$$ED_{ap}\text{ Ileal} = EB_{dieta} - \left(EB_{digesta} \times FI \right)$$

EB_{dieta} = energia bruta da dieta ; e

$EB_{digesta}$ = energia bruta da digesta.

5-) EMAn = energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio

$$EMA = \frac{EB_{ing} - EB_{exc.}}{MS_{ing}}$$

$$EMAn = \frac{EB_{ing} - EB_{exc.} - 8,22 \times BN}{MS_{ing}}$$

ABREVIATURAS

EBing = energia bruta ingerida;

EBexcret. = energia bruta excretada;

MSing = matéria seca ingerida;

EMAn = energia metabolizável aparente corrigida

EMA = energia metabolizável aparente;

BN = balanço de nitrogênio.

CD = Coeficiente de digestibilidade

MS = Matéria Seca

PB = Proteína Bruta

EB = Energia Bruta

CM = Complexo Multienzimático

FDN = Fibra em detergente Neutro

FDA = Fibra em Detergente Ácido

SES = Soja Extrusada Subprocessada

SESP = Soja Extrusada Superprocessada

SEM = Soja Extrusada Normal

Cr = Cromo