

Digestibilidade ileal de frangos de corte alimentados com dietas suplementadas com enzimas exógenas

Nei André Arruda Barbosa^{1*}, Melina Aparecida Bonato², Nilva Kazue Sakomura², Leilane Rocha Barros Dourado³, João Batista Kochenborger Fernandes², Iris Mayumi Kawauchi²

¹BOAV ALIMENTOS LTDA, NUTRIÇÃO, Casa Branca, SP, Brasil

²Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Campus de Jaboticabal, SP, Brasil

³Universidade Federal do Piauí, Campus Prof^o. Cinobelina Elvas, Bom Jesus, PI, Brasil

*Autor correspondente, e-mail: neiandre@hotmail.com

Resumo

O experimento foi conduzido para avaliar o efeito da eficiência enzimática em dietas com e sem redução de nutrientes sobre a digestibilidade ileal de frangos de corte. Um total de 1440 pintos de corte macho (Cobb®) foram distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, com 4 tratamentos em esquema fatorial 2 x 2 (duas dietas controle versus adição ou não enzimática) com 8 repetições de 45 aves em cada unidade experimental. As dietas controles foram: controle positivo (com níveis nutricionais recomendados na literatura para cada fase) e um controle negativo (com redução de energia, cálcio e fósforo). A suplementação enzimática consistiu da combinação das enzimas fitase (100g/t) e complexo enzimático de amilase, xilanase e protease (500g/t). Foi avaliada a digestibilidade ileal da matéria seca, proteína bruta e energia das aves nas idades de 22 e 43 dias de idade. A redução dos nutrientes nas dietas controle negativo promoveu redução na energia digestível e digestibilidade da proteína, entretanto, a adição da combinação enzimática no controle negativo aumentou a energia digestível nas duas idades, e o coeficiente de digestibilidade da proteína aos 22 dias de idade. A adição de enzimas melhorou a digestibilidade ileal de nutrientes em dietas com redução de nutrientes.

Palavras-chave: amilase, fitase, nutrição, protease, xilanase

Ileal digestibility of broilers fed diets supplemented with exogenous enzymes

Abstract

The experiment was conducted to evaluate the effect of enzyme efficiency in diets with and without nutrient reduction on the ileal digestibility of broilers. A total of 1440 male broiler chicks (Cobb ®) were distributed in a completely randomized design with 4 treatments in a factorial 2 x 2 (two control diets versus supplemented or not with enzyme) with 8 replicates of 45 birds in each experimental unit. The control diets were: positive control (with nutritional levels recommended in the literature for each phase) and a negative control (with reduced energy, calcium and phosphorus). Enzyme supplementation consisted of a combination of enzymes, phytase (100g/t) and complex of amylase, protease and xylanase (500g/t). We evaluated the digestibility of dry matter, crude protein and energy of birds of age 22 and 43 days old. The reduction of nutrients in the diets caused a reduction in the negative control digestible energy and protein digestibility, however, the addition of enzyme mix in the negative control increased the digestible energy in two phases, and the digestibility of protein at 22 days old. The addition of enzymes improved the digestibility of nutrients in diets with nutrient reduction.

Keywords: amylase, broilers, nutrition, phytase, protease, xylanase,

Introdução

A diminuição dos custos de produção aliado as práticas nutricionais, tem sido foco das pesquisas, que objetivam a inclusão de substâncias que otimizem a utilização dos nutrientes nas dietas e proporcionem melhores índices de produtividade e eficiência alimentar em frangos de corte.

Um das alternativas mais versáteis para auxiliar o crescimento da rentabilidade na avicultura são a aplicação de enzimas exógenas nas dietas, que visa melhorar a digestibilidade dos alimentos e o desempenho das aves, refletindo diretamente na eficiência produtiva. As enzimas são proteínas sensíveis a várias condições físico-químicas, com capacidade de se ligar ao substrato e permanecer ativa por longos períodos, sendo importante para produtos que possuem finalidade comercial na nutrição animal (Minafra, 2007).

As enzimas são utilizadas na alimentação animal com a finalidade de complementar as enzimas endógenas e fornecer enzimas que o organismo não sintetiza (Campestrini et al., 2005), principalmente para a degradação das fibras, que dificultam a digestão e impedem a ação das enzimas endógenas nos substratos a serem digeridos. A suplementação, além de suprir as deficiências enzimáticas e melhorar a utilização de matérias-primas, possibilita o uso de ingredientes alternativos (Piquer, 1996).

A combinação dos complexos, tais como amilase, protease e xilanase com fitase pode ser usada satisfatoriamente com resultados positivos no desempenho das aves (Cowieson et al., 2006a).

A amilase atua basicamente na hidrólise da amilose e da amilopectina do amido, facilitando a digestão no intestino delgado e conduzindo ao aumento na utilização dos nutrientes, com conseqüente melhoria na taxas de crescimento (Sheppy, 2001). A ação da xilanase ocorre na degradação da camada de polissacarídeos não amiláceos (PNAs) da membrana celular, facilita o acesso da fitase ao fitato armazenado na membrana da parede celular, aumentando o aproveitamento do fósforo e conseqüentemente da energia (Dourado, 2008).

A adição de proteases exógenas inativa fatores anti-nutritivos presentes em determinados alimentos, particularmente em leguminosas (Cowieson et al., 2006b), além de suplementar a atividade proteolítica em animais jovens, liberando peptídeos menores e facilitando a ação das enzimas endógenas (Lima, 2005). A fitase atua na molécula de fitato, que segundo Dourado (2008), libera amido, enzimas, cofatores de enzimas, proteínas e minerais, que seriam melhor digeridos e absorvidos pelas aves, promovendo, conseqüentemente, melhoria no aproveitamento da energia pela ave.

Visto a importância desses aspectos, esta pesquisa teve por objetivo avaliar o efeito da combinação de enzimas comerciais fitase (Phyzyme XP®) e do complexo enzimático amilase, protease e xilanase (Avizyme 1500®), em dietas à base de milho e farelo de soja, sobre a digestibilidade ileal de nutrientes e energia digestível em frangos de corte.

Material e Métodos

O presente experimento foi realizado no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Campus de Jaboticabal - SP, com duração de 43 dias, no período de 08 de abril a 21 de maio de 2008. Foram utilizados 1440 pintos de corte machos com um dia de idade da linhagem Cobb®.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com 8 repetições com 45 aves em cada unidade experimental, em esquema fatorial 2 x 2, constituídos de duas dietas controles, com e sem suplementação enzimática. As dietas controles foram: controle positivo com níveis nutricionais recomendados por Rostagno et al. (2005) para atender os níveis nutricionais de cada fase de criação, e um controle negativo com redução de energia, cálcio e fósforo. A suplementação enzimática consistiu da combinação das enzimas fitase (100g/t) e complexo enzimático de amilase, xilanase e protease (500g/t). As inclusões das enzimas nas dietas foram de acordo com as recomendações do fabricante: Avizyme 1500® - 800U/g de xilanase, 2000U/g de amilase e 6000U/g de protease, com inclusão de 500g/t;

Phyzyme XP® - 500U/g de fitase, com inclusão de 100g/t.

A composição centesimal e os níveis calculados dos nutrientes das dietas controles

para a fase inicial (1 a 21 dias de idade) e para fase de crescimento (22 a 42 dias de idade) são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. COMPOSIÇÃO CENTESIMAL E OS NÍVEIS CALCULADOS DOS NUTRIENTES DAS DIETAS BASAIS PARA A FASE INICIAL (1 A 21 DIAS DE IDADE) E PARA FASE CRESCIMENTO (22 A 42 DIAS)

Ingredientes (%)	Inicial		Crescimento	
	CP	CN	CP	CN
Milho	52,396	56,685	58,938	64,742
Farelo de Soja 45%	38,287	37,804	30,914	29,330
Gordura de aves	4,579	1,624	5,648	2,169
Sal comum	0,408	0,406	0,358	0,356
DL Metionina (99%)	0,339	0,269	0,298	0,247
HCl - Lisina (78%)	0,127	0,017	0,190	0,165
Calcário	1,066	1,167	1,191	1,294
Fosfato Bicálcico	1,563	0,793	1,228	0,462
Vitamina⁽¹⁾	0,025	0,025	0,025	0,025
Mineral⁽²⁾	0,050	0,050	0,050	0,050
Anticoccidiano⁽³⁾	0,050	0,050	0,050	0,050
Indicador⁽⁴⁾	1,000	1,000	1,000	1,000
Inerte/enzima	0,110	0,110	0,110	0,110
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Níveis nutricionais				
EM (kcal/kg)	3052	2922	3200	3055
Proteína Bruta (%)	22,240	22,240	19,420	19,120
Cálcio (%)	0,900	0,750	0,850	0,700
Fósforo Disponível (%)	0,400	0,260	0,330	0,190
Met+Cist total (%)	1,010	0,950	0,900	0,850
Metionina total (%)	0,669	0,604	0,593	0,542
Lisina total (%)	1,290	1,200	1,150	1,100
Treonina total (%)	0,849	0,854	0,738	0,729
Na (%)	0,180	0,180	0,160	0,160

⁽¹⁾Suplemento vitamínico inicial, com cada quilograma do produto contendo: ácido fólico 1000mg, ácido pantotênico 15000mg, antioxidante 0,5g, niacina 40000mg, selênio 300mg, biotina 60mg, vit B1 1800 mg, vit B12 12000mg, vit B2 6000 mg, vit B6 2800 mg, vit D3 2000000 UI, vit E 15000mg, vit K3 1800 mg. Suplemento vitamínico crescimento, com cada quilograma do produto contendo: ácido fólico 700mg, ácido pantotênico 13000mg, antioxidante 0,5g, niacina 35000mg, selênio 300mg, vit B1 1600 mg, vit B12 10000mg, vit B2 5000 mg, vit B6 2600 mg, vit D3 1500000 UI, vit E 12000mg, vit K3 1500 mg. ⁽²⁾Suplemento mineral inicial/crescimento, com cada quilograma do produto contendo: Manganês 150000mg, Zinco 100000 mg, Ferro 100000 mg, Cobre 16000 mg, Iodo 1500 mg. ⁽³⁾ Monensina Sódica (20%). ⁽⁴⁾ Celite. * Para formulação das rações foram utilizadas a composição dos ingredientes segundo Rostagno et al. (2005).

Para a formação das unidades experimentais, os pintos foram pesados individualmente e agrupados por faixa de peso, de forma que todas as parcelas apresentassem peso médio aproximados. Aos 22 e 43 dias de idade, 15 aves de cada parcela experimental foram abatidas por deslocamento cervical, totalizando 120 aves por tratamento. Imediatamente após o abate, o íleo foi exposto por incisão abdominal e um segmento de 20 cm terminando a 4,0 cm da junção íleo-cecal foi removido e o seu conteúdo recolhido em recipiente plástico devidamente identificado por tratamento e repetição. Duas horas antes do abate, os frangos foram estimulados a consumir ração, para evitar que o segmento do íleo coletado apresentasse pouco conteúdo intestinal.

A digestibilidade dos nutrientes foi determinada utilizando-se o método da digestibilidade ileal. Foi utilizada uma fonte de sílica, Celite™, adicionado a todas as dietas experimentais em nível de 1% como indicador indigestível.

Após a coleta, as digestas foram congeladas para posterior análise. O descongelamento foi realizado à temperatura ambiente e as digestas foram homogeneizadas, pesadas e submetidas à secagem por liofilização a vácuo (-50°C; -80kPa) (VLP20, Thermo Fisher®) por 72 horas. A seguir, as amostras foram moídas em micromoinho (A11 BASIC – IKA®, São Paulo) e juntamente com as amostras das rações experimentais, foram encaminhadas ao laboratório. Foram determinados os teores de matéria seca, energia bruta, nitrogênio e

cinza ácida insolúvel, nas amostras de rações e digestas, de acordo com Silva & Queiroz (2002). Para a determinação da energia bruta, as amostras foram peletizadas, e submetidas à combustão em bomba calorimétrica (1281, PARR® Instruments, EUA).

A cinza ácida insolúvel, fração indigestível presente nas dietas e digestas, foi determinada através de uma adaptação da metodologia de Van Keulen & Young (1977) citados por Santos et al. (2008).

Com os resultados laboratoriais, foram determinados os coeficientes de digestibilidade da matéria seca e proteína bruta e os valores de energia digestível, calculados com base na análise das dietas e digesta ileal, de acordo com fórmulas descritas por Sakomura & Rostagno

(2007).

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo procedimento GLM do SAS (2001) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a um nível de significância de 5 %.

Resultados e Discussão

A análise de variância e os coeficientes de digestibilidade médios da matéria seca e da proteína bruta, bem como a energia digestível aparente das dietas aos 21 e 43 dias de idade das aves são apresentados nas Tabelas 2 e 3, respectivamente. Houve efeito de interação ($P < 0,05$) entre os tipos de dietas controle e a utilização ou não de enzimas para as variáveis estudadas, com exceção da digestibilidade da matéria seca, em ambas idades.

Tabela 2. Médias e valores de P associado ao teste F da análise de variância dos coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS) e da proteína bruta (CDPB) e energia digestível aparente (EDA) na base seca e na base natural de dietas com e sem redução dos níveis nutricionais, suplementadas ou não com enzimas, para aves aos 22 dias de idade

Variáveis	Enzima	Controle		Médias	Probabilidades			CV (%)
		Positivo	Negativo		Controle	Enzima	C * E	
CDMS (%)	Sem	68,46	63,29	65,88 b	<0,0001	0,0244	0,6393	3,04
	Com	69,83	65,34	67,58 a				
	Médias	69,15 A	64,31 B					
CDPB (%)	Sem	79,72 Aa	75,31 Ba	0,0012	0,6486	0,0038	2,38	
	Com	77,37 Aa	77,07 Aa					
EDA (cal/g MS)	Sem	3226 Aa	2943 Bb	<0,0001	0,2527	0,0004	2,91	
	Com	3136 Aa	3107 Aa					
EDA (cal/g MN)	Sem	2833 Aa	2554 Bb	<0,0001	0,1603	0,0002	2,91	
	Com	2752 Aa	2715 Aa					

Médias seguidas de mesmas letras, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 3. Médias e valores de P associado ao teste F da análise de variância dos coeficientes de digestibilidade da matéria seca (CDMS) e da proteína bruta (CDPB) e energia digestível aparente (EDA) na base seca e na base natural de dietas com e sem redução dos níveis nutricionais, suplementadas ou não com enzimas, para aves aos 43 dias de idade

Variáveis	Enzima	Controle		Médias	Probabilidades			CV (%)
		Positivo	Negativo		Controle	Enzima	C * E	
CDMS (%)	Sem	60,58	60,57	60,57 b	0,0774	0,0004	0,0769	4,50
	Com	62,78	66,44	64,61 a				
	Médias	61,68	63,51					
CDPB (%)	Sem	74,11 Aa	71,69 Ab	0,8682	0,0046	0,0280	3,63	
	Com	74,85 Aa	76,95 Aa					
EDA (cal/g MS)	Sem	3205 Aa	3035 Bb	0,1552	0,0012	0,0488	4,17	
	Com	3279 Aa	3308 Aa					
EDA (cal/g MN)	Sem	2777 Aa	2607 Bb	0,0688	0,0073	0,0374	4,19	
	Com	2806 Aa	2818 Aa					

Médias seguidas de mesmas letras, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tanto as aves de 22 como de 43 dias de idade alimentadas com dietas contendo enzimas apresentaram acréscimo significativo ($P < 0,05$) na digestibilidade da matéria seca em

relação ao grupo que não recebeu aditivo. O desdobramento da interação na energia digestível aparente possibilitou constatar que, ao considerar a dieta controle negativo, houve

melhora significativa ($P < 0,05$) quando esta esteve combinada à utilização de enzimas em relação à não adição dos aditivos para aves aos 22 e 43 dias de idade.

Considerando os resultados obtidos com aves aos 22 dias de idade, ao desdobrar as interações, verificou-se que quando as enzimas não foram adicionadas, as aves que receberam a dieta controle negativo apresentaram pior coeficiente de digestibilidade da proteína bruta em relação aos frangos alimentados com a dieta controle positivo. Porém, se for considerado somente as aves do controle negativo, não houve melhora significativa ($P > 0,05$) na digestibilidade da proteína bruta com a inclusão das enzimas. Em contrapartida, frangos com 43 dias de idade alimentados com a dieta controle negativo com adição das enzimas apresentaram melhor coeficiente de digestibilidade da proteína bruta ($P < 0,05$) em relação às aves alimentadas com esta mesma dieta, porém, sem inclusão de aditivo.

A suplementação enzimática em dietas com níveis nutricionais reduzidos promoveu, de modo geral, melhora no aproveitamento da matéria seca e da proteína bruta, bem como aumento da densidade calórica em dietas para frangos de corte. Entretanto, a adição do complexo enzimático em dietas com níveis nutricionais adequados ("Over the Top") não proporcionou incremento na digestibilidade dos nutrientes e, por conseguinte, no teor energético dos alimentos.

De acordo com Barbosa et al. (2008), o coeficiente de digestibilidade da matéria seca reflete a digestibilidade dos nutrientes, ou seja, um aumento indica maior absorção dos nutrientes de uma dieta. De modo análogo, Santos et al. (2008) relataram que o aumento do digestibilidade da matéria seca proporcionado pela suplementação de fitase foi justificado pela melhora na digestibilidade de nutrientes como proteína bruta e minerais, o que conduziu a uma melhora no aproveitamento da energia da dieta.

Existem diversos estudos na literatura que demonstraram os efeitos benéficos da adição de enzimas exógenas à dieta de frangos de corte em relação ao aproveitamento dos nutrientes.

Dänicke et al. (1999) relataram melhora na digestibilidade da matéria seca devido a adição de xilanase às dietas, embora não tenham observado diferenças com relação ao peso médio e consumo de ração das aves. Rodrigues et al. (2003) e Zanella et al. (1999) verificaram melhora significativa no coeficiente de digestibilidade da matéria seca com a inclusão de um complexo enzimático constituído por amilase, protease e xilanase. Marron et al. (2001) encontraram melhora na digestibilidade ileal da matéria seca e na conversão alimentar das aves com a suplementação de xilanase, assim como, Gracia et al. (2003) observaram melhora no coeficiente de digestibilidade da matéria seca aos 28 dias com a suplementação de α -amilase. Cowieson & Adeola (2005) observaram melhora no coeficiente de digestibilidade da matéria seca com a combinação de Avizyme 1505® e Phyzyme XP® e no desempenho de frangos de corte.

Os resultados do presente estudo validam a eficácia da combinação enzimática, uma vez que a adição destas promoveu nas dietas, com redução dos níveis nutricionais, incrementos de 5,57% na energia digestível aparente, com base na matéria seca, e de 6,30% com base na matéria natural, em aves com 22 dias de idade. Aos 43 dias de idade, as aves demonstraram de forma mais exacerbada o efeito positivo da suplementação enzimática, com aumentos de 7,33% no coeficiente de digestibilidade da proteína bruta e 8,99% na energia digestível aparente, com base na matéria seca, e de 8,09% com base na matéria natural.

Ao confrontar esses resultados com alguns trabalhos que avaliaram essas enzimas isoladamente, é possível inferir que o uso da combinação é bastante promissor, visto que Gomes et al. (1998), trabalhando com aves colostomizadas, e Pack et al. (1998), encontraram aumento na energia digestível com a suplementação de Avizyme 1500® em dietas de frangos de corte. Também Zanella et al. (1999) ao adicionarem o complexo amilase, protease e xilanase às dietas, encontraram melhoria de 2,44% na energia digestível de frangos de corte aos 42 dias de idade.

Barbosa et al. (2008) observaram que a

combinação de fitase com complexo amilase, protease e xilanase nas dietas melhoram 3,46% a energia digestível na matéria seca comparado nas médias dos controles (positivo e negativo) e 4,07% a energia digestível na matéria natural, com níveis nutricionais não reduzidos. No entanto Zhou et al. (2009), usando um complexo semelhante encontraram melhoria de 4,58% aos 22 e 3,55% aos 42 dias de idade, na energia metabolizável da ração de frangos de corte. Já Tejedor et al. (2001) observaram incremento da energia digestível somente com adição de fitase em dietas deficientes de cálcio e fósforo.

Por outro lado, Coweison & Adeola (2005) não encontraram melhoria na energia digestível, com a suplementação das mesmas combinações enzimáticas em frangos de corte de 28 dias, embora os mesmo autores encontraram diferenças no desempenho com a mesma suplementação das combinações. Olukosi et al. (2007) ao trabalharem com fitase e um coquetel de amilase, xilanase e protease em dietas com reduções dos níveis nutricionais, não encontraram diferenças na energia digestível. Entretanto nesse ensaio, somente a adição da fitase apresentou melhora no coeficiente de digestibilidade da matéria seca e proteína.

A melhora na disponibilidade de energia dos alimentos ou dietas com a adição de fitase (Santos et al., 2008) e/ou utilização da combinação entre fitase, amilase, protease e xilanase (Barbosa et al., 2008; Coweison & Adeola, 2005) já foi demonstrada. Tal fato pode estar associado à liberação de proteínas, aminoácidos, cátions, amido e enzimas endógenas, que, possivelmente, estariam ligadas à molécula de inositol fosfato (Selle & Ravindran, 2007).

Acredita-se que a adição de fitase também melhora a disponibilidade de energia dos alimentos pela redução na produção de mucina decorrente de maior turnover celular provocada pela presença do fitato na dieta (Coweison et al. 2004), o promoveria uma melhor utilização desta energia para ganho de peso.

Além disso, segundo Gracia et al. (2003) a suplementação de amilase reduz a síntese de α -amilase pancreática, o que, de acordo com Dourado et al. (2009) poderia resultar em desvio

da energia para o crescimento das aves. Neste sentido, Lima et al. (2007) atribuíram à adição de enzimas, redução de perdas endógenas de aminoácidos, resultando na conservação de energia endógena que pôde ser direcionada para deposição de proteína.

Entretanto, ainda existem controvérsias com relação aos reais efeitos da suplementação de amilase na dieta de frangos de corte. Minafra (2007) destaca que aves possuem deficiência de α -amilase pancreática no período pós-eclosão e que, com a ingestão de alimentos contendo amilase exógena, ocorre estímulo para secreção do composto endógeno. Tal justificativa corrobora com os achados de Garcia et al. (2003), os quais forneceram α -amilase durante a primeira semana de vida de pintos de corte e verificaram melhora no desempenho das aves nas fases subsequentes de criação, evidenciando melhor aproveitamento dos nutrientes e, conseqüentemente, maior concentração energética do alimento.

Com relação às proteases, sabe-se que estas complementam a atividade proteolítica endógena, liberando peptídeos menores, o que facilita o aproveitamento de aminoácidos. Além disso, podem auxiliar na inativação de fatores proteínicos anti-nutritivos, ou ainda degradar proteínas da soja, especificamente, aquelas de armazenamento como a conglicina, β -conglicina (Sheppy, 2001), zeína e kafirina (Dari, 2006).

Têm-se demonstrado que a suplementação de enzimas proteolíticas proporcionam respostas positivas sobre ganho de peso, digestibilidade da proteína e aproveitamento de energia (Ghazi et al., 2003, Ghazi et al., 2002 e Garcia, 1997). De acordo com Saleh et al. (2004), a adição de proteases reduziu a atividade de enzimas celulases em ensaio *in vitro* quando avaliada mistura composta por 70% de milho e 30% de farelo de soja. Além disso, observaram aumento na digestibilidade da proteína quando adicionadas celulase, protease e fitase.

Entretanto, alguns estudos indicam que outras enzimas influem sobre o aproveitamento da proteína. De acordo com Pack et al. (1998) as carboidrases têm efeito indireto na atividade

proteolítica, pois promove a degradação da parede celular, o que facilita o contato entre as enzimas endógenas e o substrato a ser digerido. Além disso, a suplementação com fitase proporciona efeito positivo sobre a digestibilidade de proteínas e aminoácidos (Sebastian et al. 1997) devido, principalmente, a quebra do complexo fitato-proteína. Tal complexo inibe certas enzimas digestivas endógenas, como tripsina e pepsina, em decorrência da natureza inespecífica do complexo e da ação quelatante do ácido fítico sobre os íons Ca^{2+} , necessários para atividade destas enzimas (Cousins, 1999). Neste sentido, Santos et al. (2008) observaram melhora na digestibilidade da proteína com a adição somente de fitase.

Marsman et al. (1997) encontraram aumento na digestibilidade ileal da proteína bruta (85,2 versus 83,7%) com a suplementação de carboidrase e protease comparada ao tratamento sem adição, embora não tenham encontrado melhoras no desempenho na fase inicial. Bedford (1998) observou melhora nos coeficientes ileal da proteína (80,0 versus 82,0%) com Avizyme 1500[®], assim como Zanella et al. (1999) que obtiveram o mesmo resultado, e Scheideler et al. (2005) também observaram maior retenção de proteína ($P < 0,03$) com aumento de quase 3% ao trabalharem com o mesmo complexo em dietas de poedeiras.

Já Meng et al. (2005) encontraram melhoria na digestibilidade ileal da proteína com combinações de carboidrases. Melhorias semelhantes foram encontradas por Barbosa et al., (2008) trabalhando com adição da combinação de fitase com amilase, protease e xilanase. Tais achados científicos corroboram com a melhoria apresentada no coeficiente de digestibilidade da proteína bruta aos 43 dias, quando as aves foram suplementadas com a combinação enzimática em dietas com os níveis nutricionais reduzidos, principalmente pela ação da protease presente no complexo enzimático.

Os efeitos benéficos das xilanases sobre a utilização de nutrientes estão relacionados à redução da viscosidade da digesta, o que resulta em fracionamento, de arabinoxilanas em componentes de menor peso molecular, ou seja, há aumento da despolimerização

destes compostos (Ravindran et al., 1999). Outra justificativa é a liberação de nutrientes encapsulados nas estruturas da parede celular, favorecendo o contato entre tais nutrientes e enzimas endógenas, o que, segundo Lima (2005), previne distúrbios digestórios resultantes da presença de material fibroso não digerido no trato gastrointestinal de aves.

Acredita-se que a melhora no aproveitamento dos nutrientes com a adição de enzimas exógenas deve-se à ação sinérgica entre as enzimas (Dourado, 2008), considerando que o modo de ação é dependente do microrganismo que a produziu, podendo liberar diferentes produtos conforme o tipo de reação catalítica (Bhat & Hazlewood, 2001).

Conclusões

A suplementação da combinação enzimática composta por xilanase, amilase, protease e fitase em dietas com níveis nutricionais reduzidos, promoveu melhora no aproveitamento dos nutrientes e na energia digestível da dieta, com reflexos positivos sobre o desempenho das aves.

Agradecimento

À Empresa Danisco Animal Nutrition, pelo financiamento desta pesquisa.

Referências

- Barbosa, N.A.A., Sakomura, N.K., Fernandes, J.B.K., Dourado, L.R.B. 2008. Enzimas exógenas no desempenho e na digestibilidade ileal de nutrientes em frangos de corte. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 43:755-762.
- Bedford, M.R. 1998. Mechanisms of action and potential nutritional benefits from feed enzymes. In: *Feed Enzymes-Realizing Their Potential In Corn/Soya Based Poultry Diets. Proceedings...* Atlanta, Georgia, USA. p.12.
- Bhat, M.K., Hazlewood, G.P. 2001. Enzymology and other characteristics of cellulases and xylanases. In: Bedford, M.R., Partridge, G.G. (eds). *Enzymes in farm animal nutrition*. CABI Publishing, New York, USA. p.11-60.
- Campestrini, E., Silva, V.T.M., Appelt, M.D. 2005. Utilização de enzimas na alimentação animal. *Revista Eletrônica Nutritime* 2:254-267.
- Cousins, B. 1999. Enzimas na nutrição de aves. In: *Simpósio Internacional Acav- Sobre Nutrição De Aves. Anais...* Concórdia, Brasil. p.118-130.

- Cowieson, A.J., Acamovic, T., Bedford, M.R. 2004. The effects of phytase and phytic acid on the loss of endogenous amino acids and minerals from broiler chickens. *British Poultry Science* 45:101-108.
- Cowieson, A.J., Adeola, O. 2005. Carbohydrases, protease and phytase have an additive beneficial effect in nutritionally marginal diets for broiler chicks. *Poultry Science* 84:1860-1867.
- Cowieson, A.J., Singh, D.N., Adeola, O. 2006a. Prediction of ingredient quality and the effect of a combination of xylanase, amylase, protease and phytase in the diets of broiler chicks. 1. Growth performance and digestible nutrient intake. *British Poultry Science* 47:477-489.
- Cowieson, A.J., Hruby, M., Pierson, E.E.M. 2006b. Evolving enzyme technology: Impact on commercial poultry nutrition. *Nutrition Research Reviews* 19:90-103.
- Dänicke, S., Vahjen, W., Simon, O., Jeroch, H. 1999. Effects of dietary fat type and xylanase supplementation to rye-based broilers diets on selected bacterial groups adhering to the intestinal epithelium, on transit time of feed and on nutrient digestibility. *Poultry Science* 78:1292-1299.
- Dari, R.L. 2006. Porque utilizar um blend de enzimas e não apenas uma? In: Seminários Técnicos Nutron. *Anais...* Campinas, Brasil. CD-ROM.
- Dourado, L.R.B. 2008. *Enzimas exógenas em dietas para frangos de corte*. 80f. (Tese de Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, Brasil.
- Dourado, L.R.B., Sakomura, N.K., Barbosa, N.A.A., Bonato, M.A., Kawuachi, I.M. Fernandes, J.B.K., Costa, F.G.P. 2009. Corn and soybean meal metabolizable energy with the addition of exogenous enzymes for poultry. *Revista Brasileira de Ciência Avícola* 11:51-55.
- Garcia, M.I., Aranibar, M.J., Lázaro, R., Medel, P., Mateos, G.G. 2003. Amilase supplementation of broiler diets based on corn. *Poultry Science* 82:436-442.
- Garcia, O. 1997. Enzimas: recentes contribuições para sua aplicação em nutrição animal. In: Encontro DE Nutrição Animal. 3., 1997, São Paulo. *Anais...* São Paulo, Brasil. p.1-9.
- Ghazi, S., Rooke, J.A., Galbraith, H., Bedford, M.R. 2002. The potential for the improvement of the nutritive value of soya-bean meal by different proteases in broiler chicks and broiler cockerels. *British Poultry Science* 43:96-103.
- Ghazi, S., Rooke, J. A., Galbraith, H. 2003. Improvement of the nutritive value of soybean meal by protease and α -galactosidase treatment in broiler cockerels and broiler chicks. *British Poultry Science* 44:410-418.
- Gomes, L.F., Macari, M., Furlan, R.L., Secato, E.R., Guerreiro, J.R. 1998. Efeito do uso de enzimas sobre a digestibilidade de dieta a base de milho e farelo de soja em frangos de corte colostomizados. In: Conferência Apinco De Ciência E Tecnologia Avícola, 1998, Campinas. *Anais...* Campinas, Brasil. p.6.
- Gracia, M.I., Aranibar, M.J., Lázaro, R., Medel, P., Mateos, G.G. 2003. α -Amilase supplementation of broiler diets based on corn. *Poultry Science* 82:436-442.
- Lima, F.R. 2005. Aditivos zootécnicos: enzimas. In: Palermo Neto, J., Spinosa, H.S., Górnaiak, S.I. *Farmacologia aplicada à avicultura*. Roca, São Paulo, Brasil. p. 239-248.
- Lima, M.R., Silva, J.H.V., Araujo, J.A., Lima, C.B., Oliveira, E.A. 2007. Enzimas exógenas na alimentação de aves. *Acta Veterinária Brasileira* 1:99-110.
- Marron, L., Bedford, M.R., McCracken, K.J. 2001. The effects of adding xylanase, vitamin C and copper sulphate to wheat-based on broiler performance. *British Poultry Science* 42:493-500.
- Marsman, G.J.P., Gruppen, H., Vander Poel, A.F.B., Kwakkel, R.P., Verstegen, M.W.A., Voragen, A.G.J. 1997. The effect of thermal processing and enzyme treatments of soybean meal on growth performance, ileal nutrient digestibilities and chime characteristics in broiler chickens. *Poultry Science* 76:864-872.
- Meng, X., Slominski, B.A., Nyachoti, C.M., Campbell, L.D., Guenter, W. 2005. Degradation of cell wall polysaccharides by combinations of carbohydrase enzymes and their on nutrient utilization and broiler chicken performance. *Poultry Science* 84:37-47.
- Minafra, C.S. 2007. *Produção e suplementação com α -amilase de *Cryptococcus flavus* e *Aspergillus niger* HM 203 na dieta de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade*. 141f. (Tese de Doutorado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil.
- Olukosi, O.A., Cowieson, A.J., Adeola, O. 2007. Age-related influence of a cocktail of xylanase, amylase, and protease or phytase individually or in combination in broilers. *Poultry Science* 86:77-86.
- Pack, M., Bedford, M.R., Wyatt, C. 1998. Feed enzymes may improve corn and sorghum diets. *Feedstuffs* 2:18-19.

- Piquer, P.J. 1996. Bases del utilización de complejos enzimáticos en nutrición animal: estudio comparativo entre especies. In: XII Curso De Especialización Fedna – Avances En Nutrición Y Alimentación Animal. *Anais...* Madri, Espanha. CD-ROOM.
- Ravindran, V., Hew, L.I., Ravindran, G. 1999. Influence of xylanase supplementation on the apparent metabolisable energy and ileal amino acid digestibility in a diet containing wheat and oats, and on the performance of three strains of broiler chickens. *Australian Journal of Agricultural Research* 50:1159-1163.
- Rodrigues, P.B. Rostagno, H.S., Albino, L.F.T. et al. 2003. Desempenho de frangos de corte, digestibilidade de nutrientes e valores energéticos de rações formuladas com vários milhos, suplementadas com enzimas. *Revista Brasileira de Zootecnia* 32:171-182.
- Rostagno, H.S., Albino, L.F.T., Donzele, J.L., Gomes, P.C., Oliveira, R.F.M., Lopes, D.C., Ferreira, A.S., Barreto, S.L.T. 2005. *Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais*. 2a. ed. UFV, Vicoso, Brasil. 182p.
- Sakomura, N.K., Rostagno, H.S. 2007. *Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos*. FUNEP, Jaboticabal, Brasil. 283p.
- Saleh, F., Ohtsuka, A., Tanaka, T., Hayashi, K. 2004. Carbohydrases are digested by proteases presents in enzymes preparations during *in vitro* digestion. *Journal of Poultry Science* 41:229-235.
- Santos, F.R., Hruby, M., Pierson, E.E.M., Remus, J.C., Sakomura, N.K. 2008. Effect of phytase supplementation in diets on nutrient digestibility and performance in broiler chicks. *Journal Applied Poultry Research* 17:191-201.
- SAS INSTITUTE. *SAS/STAT: user's guide*, version 8 ed. Cary, NC. 2001.
- Scheideler, S.E., Beck, M.M., Abudabos, A., Wyatt, C.L. 2005. Multiple-enzyme (Avizyme) supplementation of corn-soy-based layer diets. *Journal Applied Poultry Research* 14:77-86.
- Sebastian, S., Touchburn, S.P., Chavez, E.R., Lague, P.C. 1997. Apparent digestibility of protein and amino acids in broiler chickens fed a corn-soybean diet supplemented with microbial phytase. *Poultry Science* 76:1760-1769.
- Selle, P.H., Ravindran, V. 2007. Microbial phytase in poultry nutrition. *Animal Feed Science and Technology* 135:1-41.
- Sheppy, C. 2001. The current feed enzyme market and likely trends. In: Bedford, M.R., Partridge, G.G. *Enzymes in farm nutrition*. Cab International, Londres, England. p.1-10.
- Silva, D.J., Queiroz, C.A. 2002. *Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos*. 3. ed. UFV, Viçosa, Brasil. 235p.
- Tejedor, A.A., Albino, L.F.T., Rostagno, H.S., Vieites, F.M. 2001. Efeito da adição da enzima fitase sobre o desempenho e a digestibilidade ileal de nutrientes. *Revista Brasileira Zootecnia* 30:802-808.
- Zanella, I., Sakomura, N.K., Silversides, F.G., Figueirodo, A., Pack, M. 1999. Effect of enzyme supplementation of broiler diets based on corn and soybeans. *Poultry Science* 78:561-568.
- Zhou, J.P., Yang, Z.B., Yang, W.R., Wang, X.Y., Jiang, S.Z., Zhang, G.G. 2008. Effects of a new recombinant phytase on the performance and mineral utilization of broilers fed phosphorus-deficient diets. *Journal Applied Poultry Research* 7:331-339.