

MANANOLIGOSSACARÍDEOS E ENZIMAS EM DIETAS À BASE DE MILHO E FARELO DE SOJA PARA AVES¹

MARIA CRISTINA DE OLIVEIRA² E VERA MARIA BARBOSA DE MORAES³

1. Parte da tese de Doutorado do primeiro autor.
2. Professora do Departamento de Zootecnia da Universidade de Rio Verde, GO. Rua Dias da Silva, 46, Recreio dos Bandeirantes, Jaboticabal, SP. CEP: 14883-410. E-mail: cristina@fesurv.br
3. Professora do Departamento de Zootecnia da FCAV/UNESP.

RESUMO

Os mananoligossacarídeos, como alternativa aos antibióticos, têm apresentado resultados promissores no que se refere tanto ao desempenho das aves quanto ao estímulo da imunidade e à melhora da mucosa intestinal. A inclusão de enzimas nas dietas contendo mananoligossacarídeos poderia melhorar ainda mais esses resultados. As dietas para aves são compostas de milho e farelo de soja, principalmente, e cerca de 30% do fósforo (P) desses ingredientes estão ligados ao ácido fítico. A fitase libera não só o P, mas também outros nutrientes para que sejam melhor utilizados pelas aves. O milho é relativamente isento de polissacarídeos não-amiláceos (PNAs) viscosos e a

soja apresenta cerca de 20% de PNAs, com digestibilidade praticamente nula. Os componentes insolúveis dos PNAs do milho e da soja encapsulam nutrientes e são responsáveis às enzimas exógenas. As consequências ambientais e nutricionais negativas do ácido fítico dietético são amenizadas pela inclusão de fitase na dieta dos monogástricos. Além disso, a adição de complexos enzimáticos incrementa o valor nutritivo dos alimentos ao complementar a produção de enzimas endógenas nas aves e melhorar a disponibilidade dos nutrientes. Por fim, a suplementação enzimática das dietas apresenta vantagens econômicas, pois reduz o custo das rações.

PALAVRAS-CHAVES: Nutrição animal, prebiótico, suplementação enzimática.

ABSTRACT

MANNAN OLIGOSACCHARIDES AND ENZYMES IN CORN AND SOYBEAN MEAL BASED-DIETS FOR BROILERS

Mannan oligosaccharides, as an alternative to antibiotics, show promising results related to bird performance, immunity stimulus and improvement of intestinal mucosa. Enzyme inclusion in diets containing mannan oligosaccharides could improve these results. Poultry diets consist of corn and soybean meal, and approximately 30% of the phosphorus (P) in these ingredients is bound to phytic acid. Phytase is capable of release not only the P but also other nutrients that can be better used by the birds while corn is relatively free of viscous nonstarch poly-

saccharides (NSP), soybean has about 20% of NSP, whose digestibility is almost null. NSP's insoluble component of corn and soybean encapsulate nutrients and are responsive to exogenous enzymes. Negative environmental and nutritional consequences of dietary phytic acid are reduced by phytase inclusion in monogastric diets. Additionally, the enzymatic complex supplementation improves the nutritional value of feedstuffs through higher digestibility in birds. Finally, the use of exogenous enzymes allows reduction in feed costs.

KEY-WORDS: Animal nutrition, enzymatic supplementation, prebiotic.

INTRODUÇÃO

Os antibióticos vêm sendo usados como aditivo alimentar na dieta de frangos, atuando como agentes promotores de crescimento, pois, segundo MATEOS et al. (2004), promovem melhora do ganho de peso e da eficiência alimentar de 1% a 5%. Entretanto, é crescente a exigência de redução do seu uso na alimentação animal, diante da possibilidade de resíduos na carne que poderiam gerar resistência bacteriana cruzada em seres humanos. Recentemente, ROY et al. (2002) detectaram colônias de *Salmonella* resistentes a eritromicina, lincomicina e penicilina em 91 de 92 amostras de produtos avícolas, em aves vivas e do meio ambiente. Por isso, por precaução, a Europa se propôs a banir por completo o uso de antibióticos em rações a partir de 2006.

Vale assinalar que as alternativas aos antibióticos devem ser capazes de alterar o pH intestinal, manter as mucinas protetoras do intestino, selecionar organismos benéficos ou atuar contra patógenos. Além disso, devem aumentar tanto a fermentação ácida quanto a absorção de nutrientes e a resposta imune humoral (FERKET, 2004).

Entre as alternativas estão os prebióticos e as enzimas. Os prebióticos são ingredientes não-digestíveis que afetam benéficamente o hospedeiro, estimulando seletivamente o crescimento e/ou a atividade de algumas bactérias e melhorando assim a saúde do hospedeiro (GIBSON et al., 1995). Os benefícios dos MOS são baseados em propriedades que incluem a modificação da flora intestinal, a redução na taxa de turnover da mucosa e a modulação do sistema imune no lúmen intestinal. Trata-se de propriedades cujo potencial é de aumentar a taxa de crescimento, a eficiência de conversão alimentar e a viabilidade em criação de frangos e perus (SHANE, 2001).

A molécula de ácido fítico contém, aproximadamente, 28,2% de P (BRENES et al., 2003), o qual não é aproveitado no organismo do animal. Além disso, o ácido fítico é um fator antinutricional, por atuar como agente seqüestrante de proteínas e aminoácidos (RAVINDRAN et al.,

1999), cátions (MAENZ, 2001), amido (ANGEL et al., 2002) e enzimas como a pepsina, tripsina e alfa-amilase (CASEY & WALSH, 2004), de modo que a solubilidade e a digestibilidade são reduzidas pela formação de complexos insolúveis entre o ácido fítico e essas substâncias.

As dietas para aves são compostas de ingredientes de origem vegetal (milho e farelo de soja, principalmente) e cerca de 30% do fósforo (P) presente nesses ingredientes encontram-se ligados ao ácido fítico, sendo indisponível para aves que apresentam pouca ou nenhuma atividade de fitase no TGI. Assim, o P fítico é excretado e, como a cama de frango é utilizada como fertilizante, a consequência é um acúmulo de P em solos, com ameaça à qualidade de águas de superfície, resultantes das perdas de P por lixiviação (ANGEL et al., 2002). Essas perdas de P contribuem para a eutroficação das águas superficiais, sobretudo em áreas de intensiva produção (VATS & BANERJEE, 2004).

O milho é o principal cereal usado na alimentação de aves e é relativamente isento de polissacarídeos não-amiláceos (PNAs) viscosos, que são os principais fatores antinutricionais presentes na maioria dos cereais. A soja apresenta em sua composição cerca de 20% de PNAs, com digestibilidade praticamente nula (RODRIGUES et al., 2003). Mesmo não sendo considerados grãos viscosos, os componentes insolúveis dos PNAs presentes no milho e na soja podem encapsular nutrientes e como tal serem responsivos às enzimas exógenas (GRACIA et al., 2003a). A suplementação enzimática de alimentos para aves tem aumentado continuamente na última década, especialmente quando ingredientes viscosos são usados como os principais constituintes das dietas (GRACIA et al., 2003b). A maioria desses ingredientes contém partes não-digestíveis (celulose, xilose, arabinose, ácido galactônico) e alguns fatores antinutricionais que inibem a utilização do alimento e o desempenho das aves (ALAM et al., 2003).

As consequências ambientais e nutricionais do ácido fítico dietético podem ser melhoradas pela inclusão de fitase na dieta do monogástrico, e a adição de complexos enzimáticos permi-

te incrementar os níveis de uso e revalorizar o valor nutritivo dos alimentos. Com isso evitam-se interações com outros nutrientes (no caso de alimentos com alto ou algum teor de PNAs) e reduz-se o custo das rações. Além disso, complementa-se a produção de enzimas endógenas nas aves e promove-se melhora na disponibilidade dos nutrientes.

Este artigo tem por objetivo revisar o modo de ação dos prebióticos e enzimas bem como os efeitos do uso destas substâncias na produção de frangos de corte.

Prebióticos

Em geral, os prebióticos são oligossacarídeos não-digestíveis (ONDs) que chegam intactos ao intestino grosso. Nele, serão fermentados pelas bactérias, mediante a produção de ácidos graxos de cadeia curta (AGCC), entre outros compostos (DELZENNE, 2003). A fermentação dos oligossacarídeos contribui para aumentar a solubilidade de cátions, por meio da redução do pH (GREGER, 1999), o que facilita a dissociação dos complexos fitato-cátions divalentes e reduz o efeito antinutricional desse componente dietético.

Os MOS derivam da levedura *Saccharomyces cerevisiae*, cuja parede celular é composta por α -(1,3) e α -(1,6)-glucanos, mananoproteínas e quitina. Os MOS representam 25%-50% da parede celular das leveduras (MORAN, 2004). O principal mecanismo de ação dos oligossacarídeos no intestino, em geral, se dá pela modificação do ecossistema bacteriano com aumento no número de *Bifidobacterium* e *Lactobacillus* (SUN, 2004), que suprimem a atividade de bactérias putrefativas e reduzem a formação de produtos tóxicos da fermentação, tais como amônia, aminas e nitrosaminas (FLICKINGER et al., 2003). Além disso, a fermentação no intestino grosso aumenta a produção de AGCC e reduz o pH da digesta. Essas ações são, provavelmente, responsáveis pela proliferação de bactérias benéficas (JUSKIEWICZ et al., 2004). O baixo pH reduz a habilidade de patógenos entéricos colonizar o intestino, pois o crescimento de

organismos oportunistas, incluindo patógenos como *E. coli* e salmonelas, é favorecido pelo pH neutro, enquanto valores menores favorecem o crescimento de bactérias residentes, incluindo lactobacilos (MATHEW, 2001).

No caso dos MOS, ainda podem ser incluídas a adsorção de bactérias patogênicas contendo fímbria tipo I e a modulação do sistema imune do hospedeiro (MORAN, 2004). Importante lembrar que aproximadamente 70% das *E. coli* e 53% de *Salmonella* sp. possuem fímbria tipo I (SUN, 2004) e uma das maiores preocupações na indústria avícola é a ameaça de bactérias patogênicas associadas com produtos avícolas. *Campylobacter*, *Escherichia coli* e *Salmonella* são os principais agentes patogênicos associados com aves que causam doenças em humanos (YUSRIZAL & CHEN, 2001), entretanto bactérias como *Campylobacter jejuni* e *Clostridium* sp não aglutinam o MOS (FLICKINGER et al., 2003).

Dessa forma, os MOS exercem efeito significativo de promoção de crescimento pelo aumento da resistência a patógenos entéricos, por melhorarem a disponibilidade da energia dietética, graças à redução da competição microflora-hospedeiro por amido e açúcares e por diminuir o pH intestinal, que suprime a proliferação de bactérias putrefativas que excretam amônia como subproduto da fermentação (FERKET, 2004).

Enzimas

As enzimas são proteínas funcionais, que catalizam processos metabólicos em animais, plantas e microrganismos. Cada enzima tem propriedades únicas como atividade específica, afinidade de substrato, estabilidade, pH e temperatura adequada e pode ser classificada pelo substrato sobre o qual ela age (LIANG, 2000). As enzimas foram descobertas no final do século XIX e têm sido usadas na indústria e no processamento de alimentos desde o início do século XX, sendo a maioria delas derivada da fermentação de microrganismos basófilos (CLARKSON et al., 2001).

A disponibilidade dos nutrientes nos alimentos é frequentemente limitada pela presença de fatores antinutricionais. Trata-se de fatores que podem ser classificados como: fatores com efeitos depressivos sobre a digestão e utilização de proteínas; fatores com efeitos negativos sobre a digestão de carboidratos e minerais; fatores que inativam vitaminas ou aumentam seu requerimento para o animal; fatores que estimulam o sistema imune que podem causar danos por reação de hipersensibilidade; e fatores com efeito tóxico (THORPE & BEAL, 2001).

O uso das enzimas exógenas é muito importante: elas permitirem maior uso de alimentos alternativos na formulação de dietas; reduzem a variação na qualidade nutricional dos ingredientes (BEDFORD, 2000); são efetivas contra componentes dietéticos específicos; permitem o uso de novos subprodutos que têm efeitos negativos sobre o crescimento; aumentam a disponibilidade de aminoácidos; ajudam no controle da poluição; reduzem problemas fisiológicos como diarreia pós-desmame em suínos ou cama compactada; compensam o reduzido desempenho animal, em virtude da restrição ao uso de antibióticos nas dietas (THORPE & BEAL, 2001).

As enzimas usadas como suplemento alimentar na nutrição de aves são produzidas a partir de fungos ou bactérias. Com base em seus substratos, as enzimas podem ser categorizadas como carboidrases, proteases e fitases, e são separadas em três categorias: 1) as usadas para grãos viscosos (trigo, cevado, triticale, aveia); 2) aquelas para grãos não-viscosos (milho e sorgo) e 3) as fitases. As categorias 1 e 2 são, geralmente, carboidrases (LIANG, 2000).

Fitases

O teor de fitato dos ingredientes da ração varia consideravelmente e a hidrólise do fitato pela fitase exógena é variável entre os ingredientes (RAVINDRAN et al., 1999). O fitato frequentemente se liga a proteínas, tornando-as menos susceptíveis à proteólise e também a enzimas digestivas (BEDFORD, 2000). Em vegetais comumente utilizados nas dietas para aves,

60% a 80% do P estão na forma de fitato, indisponível às aves. A adição de fitase microbiana aumenta a disponibilidade do P fítico e de outros nutrientes em aves e também a disponibilidade e retenção de Ca e Zn, além de melhorar a absorção e a retenção de Mg, Cu e Fe em suínos e aves (BRENES et al., 2003).

As fitases (mio-inositol hexafosfato fosfohidrolase) hidrolisam o fitato produzindo inositol, inositol monofosfato e Pi e são produzidas por várias plantas, bactérias, fungos e leveduras (VATS & BANERJEE, 2004). As fitases comerciais são produzidas por meio da fermentação de fungos do gênero *Aspergillus*, já que eles são os mais prolíficos produtores extracelulares dessa enzima (CASEY & WALSH, 2004). Trata-se de enzimas que tendem a apresentar pH ótimo na faixa de 2 a 6, enquanto que as fitases vegetais tendem a ter pH ótimo próximo a 5 (ANGEL et al., 2002). Existem quatro fontes possíveis de fitase que podem ser encontradas no trato digestivo de animais (ANGEL et al., 2002): 1) fitase presente intrinsecamente no ingrediente; 2) fitase microbiana exógena adicionada à dieta; 3) fitase ligada à membrana da mucosa intestinal e 4) fitase produzida pela microflora presente no trato gastrointestinal.

Carboidrases e proteases

As carboidrases compreendem as amilases, pectinases, β -glucanases, arabinoxilanases, celulasas e hemicelulasas, cujos substratos são o amido, pectinas, β -glucanos, arabinoxilanos, hemicelulose e celulose. As proteases compreendem as proteases ácidas e alcalinas cujos substratos são proteínas.

Em dietas à base de milho e farelo de soja, existem quantidades menores de PNAs viscosos quando se comparam com dietas contendo cevada ou centeio, por exemplo. Polissacarídeos insolúveis, tais como a celulose e xilanos, podem reter água, mas suas viscosidades são relativamente baixas e sua presença reduz a digestão do amido, proteína e lipídios (JÓZEFIAK et al., 2004), afeta o tempo de trânsito da digesta e a motilidade intestinal e age como barreira física

à ação das enzimas digestivas, reduzindo a eficiência de sua digestão na porção superior do intestino (CHOCT, 2001). A digestão dos PNAs é variável, em virtude da ausência de enzimas digestivas. Entretanto podem ser hidrolisados por enzimas produzidas pela microflora cecal ou por suplementação das dietas com enzimas específicas. Nas aves, é nos cecos que esses carboidratos são digeridos e transformados em AGCC e gases (SILVA & SMITHARD, 2002). Os AGCC são produzidos durante a fermentação e incluem o butirato, acetato, lactato, propionato, valerato e isovalerato. Um dos benefícios dessa fermentação para aves é a redução do pH, que inibe algumas bactérias patogênicas pela dissipação de prótons por meio da membrana celular bacteriana (JÓZEFIK et al., 2004).

A digestibilidade dos cereais é influenciada pela composição do amido, ou seja, razão entre amilose e amilopectina. A amilopectina é mais rapidamente digerida do que a amilose, por causa de sua natureza amorfa. A digestibilidade do amido em frangos é de, aproximadamente, 85% no íleo (HONG et al., 2002; IJI et al., 2003). O amido não-digerido no íleo terminal é denominado amido resistente e pode ser degradado pelas enzimas microbianas suplementadas nas dietas.

Trabalhando com variedades de milho, WYATT et al. (1999) concluíram que a adição de enzimas melhorou o valor de energia ileal em 3,3% em frangos e ZANELLA et al. (1999) observaram que a suplementação enzimática melhorou a digestibilidade da proteína bruta em dietas baseadas em milho/farelo de soja. MARSMANN et al. (1997) sugeriram que a suplementação com carboidrases e proteases pode melhorar o valor nutricional e aumentar a digestibilidade dos PNAs do farelo de soja. Isso foi confirmado em estudos de DOUGLAS et al. (2000), em que foram avaliadas doze amostras de farelo de soja comerciais em um ensaio com frangos com e sem enzimas, observando-se que a energia digestível ileal da dieta melhorou com a adição das enzimas.

As carboidrases e proteases movem o sítio de digestão e absorção de celulose, amido e pro-

teína para um local anterior, em que a eficiência digestiva é máxima, graças às altas concentrações de enzimas pancreáticas e enterócitos eficientes e altamente ativos em termos de absorção (UNI et al., 1999). Quando o alimento passa pelo intestino delgado, ocorre um declínio progressivo nas atividades das enzimas digestivas e na concentração de ácidos biliares, porque eles são catabolisados ou absorvidos (TARANTO et al., 1997). A eliminação desses compostos ativos resulta em falhas na digestão de gorduras.

Se a dieta é altamente digestível, a maioria dos nutrientes é digerida e absorvida antes do estabelecimento de um ambiente favorável ao crescimento bacteriano e, assim, as populações do intestino distal são mantidas mínimas, dada a limitação de substrato. Com dietas de baixa digestibilidade, os nutrientes escapam da digestão e absorção e alcançam as porções finais do intestino delgado, onde as populações bacterianas são capazes de fazer bom uso de tais substratos.

Efeitos dos prebióticos e das enzimas em dietas à base de milho e farelo de soja para frangos de corte

Sobre o desempenho

Os MOS podem melhorar o desempenho produtivo (FRITTS & WALDROUP, 2003; HOOGE et al., 2003; JAMROZ et al., 2004; SIMS et al., 2004) e o rendimento de carcaça (DEMIR et al., 2001) de frangos de corte, pelos seus efeitos positivos sobre a mucosa intestinal e sistema imune e por diminuir a colonização de bactérias patogênicas. Entretanto não é incomum que não haja influência sobre parâmetros produtivos (LODDI, 2003; WALDROUP et al., 2003) e sobre o rendimento de carcaça (WALDROUP et al., 2003; PELICANO et al., 2004), podendo ocorrer até mesmo redução no ganho de peso (FLEMMING et al., 2004) ou no rendimento de cortes (SHAFEY et al., 2001). Essa discrepância nos resultados se dá, provavelmente, pelas diferenças nas dosagens, pelos ingredientes utilizados nas formulações de rações, pelas condições sanitárias de criação das aves e pelas diferenças

no delineamento experimental, entre outros fatores.

Enzimas como a fitase, celulase, protease e amilase também são ferramentas úteis em melhorar o desempenho produtivo das aves, uma vez que elas permitem que a ave utilize os nutrientes das dietas de forma mais eficiente. Várias pesquisas têm mostrado que a fitase é eficaz em melhorar o desempenho de frangos de corte submetidos a dietas deficientes em fósforo não-fítico (FNF) (DILGER et al., 2004; JUANPERE et al., 2004; WU et al., 2004). Efeitos na carcaça também podem ser observados com o uso de dietas deficientes em FNF suplementadas com fitase, tais como melhor rendimento de carcaça (ZYLA et al., 2001), aumento no peso das vísceras (VIVEROS et al., 2002) e redução no teor de gordura abdominal (AHMED et al., 2004). Muitos autores relataram que a inclusão de fitase em dietas deficientes ou não em FNF não influenciaram o ganho de peso (JOHNSTON & SOUTHERN, 2000), o consumo de ração (PAYNE et al., 2005), a conversão alimentar (PIZZOLANTE et al., 2002; SILVERSIDES et al., 2004) e a mortalidade (AHMED et al., 2004; YU & CHUNG et al., 2004) das aves, independentemente dos níveis utilizados de fitase durante todo o período de criação. Talvez pelo fato de a fase final de criação ser menos crítica para a ave, os resultados da suplementação com fitase sejam pouco ou não percebidos no que se refere ao ganho de peso, conversão alimentar e mortalidade (ZYLA et al., 2001; VIVEROS et al., 2002).

O amido é uma das principais fontes de energia na dieta de monogástricos. Entretanto esse nutriente pode estar complexado com o ácido fítico (ANGEL et al., 2002) ou com PNAs (GRACIA et al., 2003a), impedindo sua utilização de forma eficiente. O amido resistente que, normalmente, escapa da digestão no intestino delgado pode ser hidrolisado pela amilase exógena, aumentando o teor de energia da dieta.

Embora o farelo de soja tenha alto teor protéico e um bem balanceado perfil de aminoácidos, seu valor nutricional não é totalmente explorado, em decorrência dos fatores antinutricionais e super ou subprocessamento térmico. Além

disso, alguns carboidratos no farelo de soja, tais como oligossacarídeos ($\pm 6\%$) e β -mananos ($\pm 2\%$), estão associados à redução na eficiência de utilização do alimento pelos frangos, provavelmente pelas alterações na microflora intestinal (OUHIDA et al., 2002). O milho, um grão não-viscoso, também possui PNAs (IJI et al., 2003) que podem interferir no aproveitamento dos nutrientes e piorar o desempenho das aves. Devido a isso, o valor nutritivo do farelo de soja e do milho pode ser melhorado pela suplementação com enzimas como as carbohidrases e proteases.

Os benefícios da suplementação das dietas com carbohidrases e proteases são melhor ganho de peso (GRACIA et al., 2003a; YU & CHUNG, 2004), menor consumo de ração (COTTA et al. 2002; TORRES et al., 2003a), melhor conversão alimentar (PUCCI et al., 2003; SCOTT et al., 2003), menor mortalidade (KIDD et al., 2001; YONEMOCHI et al., 2003) e aumento no rendimento de carcaça (ALAM et al., 2003). Todavia, é possível que não sejam observadas diferenças no desempenho (ESONU et al., 2004; MENG et al., 2004; PINHEIRO et al., 2004; YU & CHUNG, 2004) e no rendimento de carcaça (TORRES et al., 2003b) das aves alimentadas com dietas contendo enzimas.

Sobre a digestibilidade de nutrientes

A integridade intestinal é essencial para que os processos de digestão e absorção sejam eficientes. A manutenção da mucosa intestinal e a redução da colonização de bactérias patogênicas que, por sua vez, são capazes de danificar a mucosa, por causa de sua aderência e também pela produção de compostos tóxicos tais como amônia, são importantes para garantir um bom aproveitamento dos nutrientes.

Nesse sentido, os MOS têm sido utilizados, por estimularem o desenvolvimento da mucosa e reduzirem a produção de amônia no intestino. Os MOS também agem como sítio de aderência de alta afinidade para patógenos com fímbrias manose-específicas ou tipo I, impedindo-as de aderirem às células intestinais, fazendo com que se movam pelo intestino sem colonizá-

lo (FAIRCHILD et al., 2001). A suplementação com enzimas pode melhorar a digestibilidade dos PNAs, do amido, proteínas e do P, além de tornar certos nutrientes mais prontamente disponíveis para absorção (LIANG, 2000), o que reduz a disponibilidade de substratos aos microrganismos.

A enzima fitase hidrolisa o ácido fítico, liberando nutrientes complexados com esta molécula, tais como cátions, proteínas, aminoácidos, amido e enzimas e, por isso, está associada ao aumento da digestibilidade de nutrientes. Vários autores têm testado a inclusão de diferentes níveis de fitase em dietas deficientes em FNF para frangos de corte, e os resultados obtidos têm sido contraditórios. A consequência da hidrólise do ácido fítico geralmente se traduz em melhores coeficientes de digestibilidade ileal e aparente da proteína bruta (WU et al., 2004), do P (RUTHERFURD et al., 2004) e da matéria seca (LAN et al., 2002), aumento da energia metabolizável (WU et al., 2004) das dietas e menor excreção de Ca (LAN et al., 2002), P (YAN et al., 2004) e aminoácidos endógenos (COWIESON et al., 2004). Existem, entretanto, controvérsias a respeito da capacidade de a fitase melhorar a digestibilidade de dietas (DILGER et al., 2004; SILVERSIDES et al., 2004) ou as taxas de retenção de minerais (COWIESON et al., 2004).

A adição de carboidrases exógenas em dietas, mesmo que contenham PNAs não-viscosos, pode diminuir a viscosidade do conteúdo intestinal e melhorar a digestibilidade dos nutrientes. Segundo ALAM et al. (2003), estudos com digesta intestinal confirmaram que a proteína estava ligada a géis viscosos, e a ação combinada das enzimas proteolíticas e pentosanases levou à maior redução da viscosidade intestinal do que só com pentosanase. As enzimas celulase e protease atuam sobre os constituintes da parede celular dos grãos, diminuindo a viscosidade do trato gastrointestinal, aumentando a digestibilidade da matéria seca (GRACIA et al., 2003a; RODRIGUES et al., 2003), da proteína bruta (LYAYI & DAVIES, 2005; MENG et al., 2005) e dos aminoácidos (RODRIGUES et al., 2003) e incrementando o teor de energia metabolizável

da dieta (OUHIDA et al., 2002; SCOTT et al., 2003). Apesar de todos os benefícios citados, há relatos na literatura de que a inclusão de protease, amilase e celulase em dietas para frangos não melhora os coeficientes de digestibilidade da matéria seca (PUCCI et al., 2003), da proteína bruta (MENG et al., 2004; OPALINSKI et al., 2004), de aminoácidos (IJI et al., 2003), da energia bruta (HONG et al., 2002; RODRIGUES et al., 2003), do Ca e do P (IJI et al., 2003), além de não alterar a energia metabolizável (KOBAYASHI et al., 2002; PUCCI et al., 2003) das dietas.

Sobre a morfologia intestinal

Nas primeiras semanas de vida da ave, os órgãos digestivos crescem em tamanho mais rapidamente do que o restante do corpo. A ingestão de alimentos estimula o desenvolvimento do trato gastrointestinal, mas a síntese limitada de enzimas pancreáticas durante os primeiros dias após a eclosão pode inibir o crescimento das aves (GRACIA et al., 2003a). NOY & SKLAN (1995) relataram que a secreção líquida diária de amilase no duodeno é baixa até o 4º dia e aumenta até os 21 dias de idade. Já UNI et al. (1995) verificaram que a secreção de amilase/g de alimento ingerido é baixa até o 4º dia, aumenta até o 7º dia e então estabiliza. Por essa razão, um suprimento exógeno de amilase poderia ser necessário para alcançar os requerimentos das aves e melhorar seu desempenho principalmente nos primeiros dias de vida.

O uso de antibióticos na dieta reduz o peso e o comprimento do intestino, a espessura da lâmina própria e a quantidade de tecido linfóide em aves. Este “afinamento” da parede do trato gastrointestinal se dá, provavelmente, em virtude da redução no número de bactérias gastrintestinais, com consequente inibição da produção microbiana de AGCC, conhecidos por aumentar a atividade e a taxa de turnover dos enterócitos. Além disso, há menor competição por nutrientes vitais entre a ave e as bactérias, o que reduz a necessidade de tecido linfático na lâmina própria (FERKET et al., 2002).

Os MOS têm sido associados à manutenção da integridade da mucosa intestinal, por aumentarem a altura de vilos (IJI et al., 2001) em diferentes partes do intestino delgado. LODDI (2003) utilizou 0,1% de MOS em dietas para frangos e relatou que nessas aves os vilos eram mais altos e com maior perímetro, comparados com aves que consumiram dietas sem aditivos. Porém, ao avaliar o uso de avilamicina e MOS, entre outros tratamentos, SCHWARZ et al. (2002) não notaram diferenças quanto à altura de vilos e profundidade de cripta. Já em perus, SIMS et al. (2004) observaram que o uso de bacitracina resultou em vilos mais longos do que os de aves que consumiram MOS.

A quantidade de bactérias anaeróbicas no intestino delgado é maior em aves que consomem alimentos muito viscosos, comparados com aquelas que ingerem dietas à base de milho e farelo de soja. O aumento da viscosidade da digesta provoca o aumento da atividade microbiana, particularmente dos *Enterococci*, *Bacteroidaceae*, *Clostridia* e *E. coli* no íleo de frangos, em virtude da grande quantidade de substrato disponível para o crescimento bacteriano. CHOCT & ANNISON (1992) relataram que frangos cecectomizados eram menos sensíveis às propriedades antinutricionais das pentosanas do trigo do que frangos intactos. Os investigadores propuseram que, quando a viscosidade ileal aumenta, bactérias originalmente do ceco poderiam invadir o intestino delgado e competir por nutrientes com o hospedeiro.

Sobre o desenvolvimento ósseo

Embora o desempenho e a retenção de minerais sejam variáveis, quando mensurados em estudos de alteração dietética, os ossos são geralmente mais sensíveis do que os parâmetros de desempenho para avaliar a disponibilidade de minerais (BRENES et al., 2003).

O ácido fítico e as fibras das dietas têm a capacidade de se ligar a cátions, entre eles o P e o Ca, que são os principais minerais da matriz inorgânica do osso, não permitindo que eles sejam completamente utilizados pelos frangos

(PAYNE et al., 2005). O grau de mineralização óssea afeta a resistência dos ossos, e baixa mineralização tem sido associada ao aumento de fraturas e quebras durante o processamento, resultando em desclassificação da carcaça das aves. Além disso, pernas fracas frequentemente resultam em reduzida ingestão de alimentos, afetando, assim, o ganho de peso (BRENES et al., 2003; ONYANGO et al., 2003).

A ingestão de carboidratos não-digestíveis, como oligossacarídeos e fibras, aumenta a absorção paracelular de Ca em animais. Quando esses carboidratos alcançam o intestino grosso são fermentados pela microflora intestinal e convertidos em AGCC. Estes ácidos orgânicos diminuem o pH luminal e o Ca, insolúvel e não-absorvido vindo do intestino delgado, se torna ionizado e solubilizado em meio ácido, o que propicia sua absorção. Além disso, os AGCC causam hipertrofia das células da mucosa aumentando a área de superfície do intestino e, conseqüentemente, favorecem a absorção do Ca (MINEO et al., 2002; KRUGER et al., 2003; ZAFAR et al. 2004). Entretanto SUZUKI & HARA (2004) têm ressaltado que os oligossacarídeos podem aumentar a absorção de Ca também no intestino delgado pela via paracelular, por meio de estímulo direto sobre o epitélio do intestino delgado. Em estudos *in vitro* usando epitélio intestinal isolado de ratos, os autores concluíram que a difrutose anidra III e IV (dissacarídeos), o frutoligossacarídeo (FOS) e o maltitol aumentaram a absorção paracelular de Ca no intestino delgado. Os MOS são carboidratos não-digestíveis, entretanto não há relatos na literatura a respeito de seus efeitos sobre a absorção mineral no intestino grosso. Como os MOS também são fermentados nos cecos produzindo AGCC e diminuindo o pH do meio, supõe-se que a absorção de minerais nesse local seja aumentada, como ocorre quando outros carboidratos não-digestíveis são utilizados.

OHTA et al. (1998) testaram 7,5% de FOS em dietas para ratos gastrectomizados e notaram que os teores de Ca e P do fêmur e da tíbia dos ratos aumentaram. Já TAKAHARA et al. (1999) avaliaram os efeitos de 5% de FOS em dietas

para ratos e constataram um aumento nos volumes do fêmur e do osso trabecular do fêmur e da tíbia, no teor de P na diáfise e metáfise e no teor de Ca na epífise, diáfise e metáfise. Esses relatos evidenciam a melhor mineralização de ossos em animais alimentados com oligossacarídeos não-digestíveis. Um estudo demonstrou que o FOS estimula também absorção transcelular de Ca no intestino grosso, como indicado pela maior concentração de calbidina-D9k, uma proteína carreadora de Ca que desempenha importante papel no transporte de Ca intestinal (TUNGLAND & MEYER, 2002).

Os aumentos da densidade e da resistência à quebra de tíbias de frangos foram observados por TELLEZ et al. (2003), que testaram um prebiótico à base de *Aspergillus* em dietas para frangos, e também por ZAFAR et al. (2004), que utilizaram inulina e FOS em dietas de ratas ovariectomizadas, e verificaram que não houve diferença no peso e comprimento do fêmur, porém aumentou o teor de Ca e a densidade distal do fêmur.

A inclusão da enzima fitase em dietas deficientes em FNF para frangos de corte pode melhorar os teores de matéria mineral (YAN et al., 2003), Ca (LAN et al., 2002) e P (CONTE et al., 2003) e, conseqüentemente, a densidade (ATIA et al., 2000) e a resistência à quebra (RIBEIRO et al., 2003), além de aumentar o peso dos ossos (VIVEROS et al., 2002). Porém nem sempre são constatadas melhorias em termos de mineralização (JUANPERE et al., 2004; SILVERSIDES et al., 2004; YAN et al., 2004), densidade e resistência à quebra (ORBAN et al., 1999), ou mesmo no peso, comprimento e diâmetro (KOCABAGLI, 2001), em função da adição de fitase às dietas, mesmo aquelas deficientes em P. Essa discrepância nos resultados pode ser causada por diferenças nas unidades de fitase adicionadas às dietas, na redução dos níveis de FNF das dietas, nos teores de Ca das rações, nos ingredientes utilizados na formulação e na quantidade de fitato presente nas rações.

O uso de carboidratos fermentáveis nas dietas, como pectinas, gomas, amido resistente e celulose, tem resultado em melhor absorção de

minerais tais como Ca, Mg e Fe. Os componentes fibrosos estimulam a proliferação das células epiteliais no ceco-cólon, reduzem o pH luminal por meio da fermentação pela microbiota do intestino grosso e aumentam a produção de AGCC. Os AGCC e o baixo pH podem, por sua vez, dissolver sais minerais insolúveis e aumentar sua absorção pela via paracelular (TUNGLAND & MEYER, 2002).

Sobre a cama de frango

Com a maior intensificação e altos índices de desempenho a serem alcançados na produção avícola moderna, o controle da qualidade da cama pode evitar problemas ambientais e de bem-estar dos animais. Esse controle implica, principalmente, a redução de sua quantidade, do teor de umidade e da volatilização de amônia.

A alta umidade da cama pode trazer problemas ambientais e de manejo tais como aumento no peso e volume dos dejetos que dificultam seu manejo, estocagem e custos de remoção, desenvolvimento de moscas, aumento na taxa de perda de amônia no meio ambiente (FRANCESCH & BRUFAU, 2004) e aumento da incidência de lesões na carcaça das aves (OLIVEIRA et al., 2002).

Atualmente, os frangos são criados sobre camas reutilizadas durante muitos lotes. Isso pode resultar na transmissão de patógenos de lote para lote, por causa da ocorrência de algumas bactérias, coccídios ou vírus e, por isso, coccidiostáticos na dieta ou vacinas e vários antibióticos ou promotores de crescimento têm sido usados (HOOGE et al., 2003). O odor desagradável das instalações de animais consiste de uma grande proporção de poluentes ambientais. A amônia e outros compostos voláteis desempenham um importante papel nesse sentido. A supressão da produção de amônia é benéfica à saúde do animal e melhora seu crescimento, porque a amônia predispõe a ave a doenças respiratórias (GONZÁLES & SALDANHA, 2001).

A fermentação de prebióticos, em geral, leva à produção de AGCC, que são efetivos em reduzir o pH e tornar o ambiente desfavorável

para bactérias basófilas, não apenas as urease-positivas mas também as produtoras de amônia (BONGAERTS et al., 2005). Esses dois fatores associados, pH baixo e produção de AGCC, promovem a redução no número de bactérias que produzem amônia, que sobrevivem em meio neutro a alcalino e, segundo FERNANDEZ et al. (2002), aumentam o número de *Lactobacillus* e *Bifidobacterium*. A redução de amônia e pH na cama de frangos em razão da ingestão de *Lactobacillus* foi demonstrada por YEO & KIM (1977) e CHANG & CHEN (2003). Mais recentemente, ZENTEK et al. (2002) relataram que a adição de MOS em dietas para cães provocou redução no pH e no teor de amônia fecal.

Como as enzimas em geral melhoram a utilização de nutrientes, é de se esperar que haja melhora também na qualidade da cama, com menor incidência de fezes amolecidas (BROZ & BEARDSWORTH, 2002). A suplementação com fitase em dietas deficientes em P é útil também na redução da excreção de nitrogênio (ZANINI & SAZZAD, 1999; RAVINDRAN et al., 2001) e de P total (WALDROUP et al., 2000; VIVEROS et al., 2002; MILES et al., 2003). YONEMOCHI et al. (2003) testaram dietas com níveis de proteína bruta normal e baixo, suplementadas com celulase, xilanase e pectinase ou fitase, e notaram que as enzimas diminuíram a excreção de matéria seca e de nitrogênio e, no caso do P, a excreção foi menor somente com a inclusão da fitase. Entretanto KOCHER et al. (2000), utilizando celulase, β -glucanase, beta-xilanase e pectinase em dietas à base de farelo de canola ou de girassol para frangos de 7 a 28 dias de idade, relataram que o teor de umidade das excretas não foi influenciado pelas enzimas.

Sobre o sistema imune

Respostas imunes inflamatórias estão associadas à mobilização de nutrientes do crescimento e à supressão do consumo, e, assim, imunomoduladores dietéticos que aumentem a imunidade humoral e minimizem o estresse imunológico afetarão o desempenho de forma positiva (FERKET, 2004).

Não se conhecem ainda os mecanismos de ação do MOS sobre o sistema imune. É possível que as células de defesa no tecido linfóide do intestino detectem a presença de microrganismos por reconhecimento de moléculas, próprias de cada microrganismo, chamadas padrão molecular associado a patógenos (PAMP), que incluem componentes da parede celular de leveduras, tais como mananos e glucanos, além de outras moléculas microbianas, como peptoglicanos, lipopolissacarídeos e glicolipídios (SHASHIDHARA & DEVEGOWDA, 2003). Um outro possível mecanismo é a inibição da aderência dos patógenos às células epiteliais do intestino. Numerosas espécies de *E. coli* e *Salmonella* possuem fímbrias tipo I, que são específicas para resíduos de manose. Dessa forma, os MOS ajudam na resistência à colonização por patógenos, por agirem como um receptor análogo para as fímbrias tipo I e diminuírem o número de sítios de aderência disponíveis (PATTERSON & BURKHOLDER, 2003).

Os PNAs são carboidratos de cadeias longas, sendo exemplos do grupo a celulose, a hemicelulose, as pectinas, gomas e mucilagens. O milho contém, aproximadamente, 0,9% de PNAs solúveis e 6% insolúveis, enquanto o farelo de soja contém, aproximadamente, 6% de PNAs solúveis e 18% a 20% de insolúveis (KOCHER et al., 2003). O uso de enzimas em dietas para frangos está associado ao melhor aproveitamento dos nutrientes (MENG et al., 2005), melhor integridade intestinal (LODDI, 2003), conseqüências da menor concentração de bactérias no intestino (MATHLOUTHI et al., 2002), já que, segundo FERKET (2004), os carboidratos, como os PNAs e amido, que escapam da digestão enzimática, servem de substrato para as bactérias intestinais e da menor competição bacteriana com o hospedeiro por nutrientes (SANTOS JR. et al., 2004).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tanto os MOS quanto as enzimas exógenas são compostos que podem ser utilizados em substituição aos dos antibióticos promotores de crescimento, graças aos seus efeitos benéficos

na mucosa intestinal e na digestibilidade de nutrientes, no sistema imune, no desenvolvimento ósseo e na qualidade da cama de frango, os quais se refletem em melhor desempenho produtivo.

Entretanto respostas biológicas positivas por parte do animal nem sempre são observadas e isso pode estar relacionado ao tipo de ingrediente da dieta e ao nível de desafio e estresse a que o animal está submetido.

REFERÊNCIAS

- AHMED, F.; RAHMAN, M. S.; AHMED, S. U.; MIAH, M. Y. Performance of broiler on phytase supplemented soybean meal based diet. *International Journal of Poultry Science*, v. 3, n. 4, p. 266-271, 2004.
- ALAM, M. J.; HOWLIDER, M. A. R.; PRAMANIK, M. A. H.; HAQUE, M. A. Effect of exogenous enzyme in diet on broiler performance. *International Journal of Poultry Science*, v. 2, n. 2, p. 168-173, 2003.
- ANGEL, R.; TAMIM, N. M.; APPLGATE, T. J.; DHANDU, A. S.; ELLESTAD, L. E. Phytic acid chemistry: influence on phytin-phosphorus availability and phytase efficacy. *Journal of Applied Poultry Research*, v. 11, n. 4, p. 471-480, 2002.
- ATIA, F. A.; WAIBEL, P. W.; HERMES, I.; CARLSON, C. W.; WALSER, M. M. Effect of dietary phosphorus, calcium, and phytase on performance of growing turkeys. *Poultry Science*, v. 79, n. 2, p. 231-239, 2000.
- BEDFORD, M. R. Exogenous enzymes in monogastric nutrition – their current value and future benefits. *Animal Feed Science and Technology*, v. 86, n. 1, p. 1-13, 2000.
- BONGAERTS, G.; SEVERIJNEN, R.; TIMMERMAN, H. Effect of antibiotics, prebiotics and probiotics in treatment for hepatic encephalopathy. *Medical Hypotheses*, v. 64, n. 1, p. 64-68, 2005.
- BRENES, A. VIVEROS, A.; ARIJA, I.; CENTENO, C.; PIZARRO, M.; BRAVO, C. The effect of citric acid and microbial phytase on mineral utilization in broiler chicks. *Animal Feed Science and Technology*, v. 110, n.1-4, p. 201-219, 2003.
- BROZ, J.; BEARDSWORTH, P. Recent trends and future developments in the use of feed enzymes in poultry nutrition. In: McNAB, J.; BOORMAN, N. **Poultry Feedstuffs: supply, composition and nutritive value**. Oxfordshire, UK: Cab Publishing, 2002. 448 p.
- CASEY, A.; WALSH, G. Identification and characterization of a phytase of potential commercial interest. *Journal of Biotechnology*, v. 110, n. 3, p. 313-322, 2004.
- CHANG, M. H.; CHEN, T. C. Reduction of broiler house malodor by direct feeding of a Lactobacilli containing probiotic. *International Journal of Poultry Science*, v. 2, n. 5, p. 313-317, 2003.
- CHOCT, M. Enzyme supplementation of poultry diets based on viscous cereals. In: BEDFORD, M. R.; PARTRIDGE, G. G. **Enzymes in farm animal nutrition**. Wallingford, UK: Cabi-Publishing, 2001. 406 p.
- CHOCT, M.; ANNISON, G. Anti-nutritive effect of wheat pentosans in broiler-chickens: role of viscosity and gut microflora. *British Poultry Science*, v. 33, n. 5, p. 821-834, 1992.
- CLARKSON, K.; JONES, B.; BOTT, R.; BOWER, B.; CHOTANI, G.; BECKER, T. Enzymes: screening, expression, design and production. In: BEDFORD, M. R.; PARTRIDGE, G. G. **Enzymes in farm animal nutrition**. Wallingford, UK: Cabi-Publishing, 2001. 406 p.
- CONTE, A. J.; TEIXEIRA, A. S.; FIALHO, E. T.; SCHOULTEN, N. A.; BERTECHINI, A. G. Efeito da fitase e xilanase sobre o desempenho e as características ósseas de frangos de corte ali-

mentados com dietas contendo farelo de arroz. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 5, p. 1147-1156, 2003.

COTTA, T.; TORRES, D. M.; OLIVEIRA, A. I. G. Efeitos da adição de um complexo enzimático sobre o desempenho de frangos de corte. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 26, n. 4, p. 852-857, 2002.

COWIESON, A. J.; ACAMOVIC, T.; BEDFORD, M. R. The effects of phytase and phytic acid on the loss of endogenous amino acids and minerals from broiler chickens. **British Poultry Science**, v. 45, n. 1, Suplemento, p. 101-108, 2004.

DELZENNE, N. M. Oligosaccharides: state of the art. **Proceedings of the Nutrition Society**, v. 62, n. 1, p. 177-182, 2003.

DEMIR, E.; SEKEROGU, A.; SARICA, S. Comparison of the effects of flavomycin, mannanoligosaccharide and probiotic addition to broiler diets. **British Poultry Science**, v. 42, Suppl. 1, p. S89-S90, 2001.

DILGER, R. N.; ONYANGO, E. M.; SANDS, J. S.; ADEOLA, O. Evaluation of microbial phytase in broiler diets. **Poultry Science**, v. 83, n. 6, p. 962-970, 2004.

DOUGLAS, M. W.; PARSONS, C. M. Effect of various soybean meal sources and Avizyme on chick growth performance and ileal digestible energy. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 9, n. 1, p. 74-80, 2000.

ESONU, B. O.; AZUBUIKE, J. C.; EMENALOM, O. O.; ETUK, E. B.; OKOLI, I. C.; UKWU, H.; NNEJI, C. S. Effect of enzyme supplementation on the performance of broiler finisher fed *Microdesmis puberula* leaf meal. **International Journal of Poultry Science**, v. 3, n. 2, p. 112-114, 2004.

FAIRCHILD, A. S.; GRIMES, J. L.; JONES, F.

T.; WINELAND, M. J.; EDENS, F. W.; SEFTON, A. E. Effects of hen age, Bio-Mos®, and flavomycin® on poult susceptibility to oral *Escherichia coli* challenge. **Poultry Science**, v. 80, n. 5, p. 562-571, 2001.

FERKET, P. R. Alternatives to antibiotics in poultry production: responses, practical experience and recommendations. In: INTERNATIONAL FEED INDUSTRY SYMPOSIUM, 20, 2004, Lexington. **Proceedings...** Lexington: Alltech, 2004. p. 54-67.

FERKET, P. R.; PARKS, C. W.; GRIMES, J. L. Benefits of dietary antibiotic and mannanoligosaccharide supplementation for poultry. In: MULTI-STATE POULTRY FEEDING AND NUTRITION CONFERENCE, 2002, Indianapolis. **Proceedings...** Indianapolis: University of Illinois, 2002. 22 p.

FERNANDEZ, F.; HINTON, M.; van GILS, B. Dietary mannan-oligosaccharides and their effect on chicken caecal microflora in relation to *Salmonella enteritidis* colonization. **Avian Pathology**, v. 31, n. 1, p. 49-58, 2002.

FLEMMING, J. S.; FREITAS, J. R. S.; FONTOURA, P.; MONTANHINI NETO, R.; ARRUDA, J. S. Use of mannanoligosaccharides in broiler feeding. **Brazilian Journal of Poultry Science**, v. 6, n. 3, p. 159-161, 2004.

FLICKINGER, E. A.; van LOO, J.; FAHEY Jr, G. C. Nutritional responses to the presence of inulin and oligofructose in the diets of domesticated animals: a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 43, n. 1, p. 19-60, 2003.

FRANCESCH, M.; BRUFAU, J. Nutritional factors affecting excreta/litter moisture and quality. **World Poultry Science Journal**, v. 60, n. 1, p. 64-75, 2004.

FRITTS, C. A.; WALDROUP, P. W. Evaluation of Bio-Mos® mannan oligosaccharide as a repla-

- cement for growth promoting antibiotics in diets for turkeys. **International Journal of Poultry Science**, v. 2, n. 1, p. 19-22, 2003.
- GIBSON, G. R.; BEATTY, E. R.; WANG, X.; CUMMINGS, J. H. Selective stimulation of bifidobacteria in the human colon by oligofructose and inulin. **Gastroenterology**, v. 108, n. 4, p. 975-982, 1995.
- GONZÁLES, E.; SALDANHA, E. S. P. B. Os primeiros dias de vida do frango e a produtividade futura. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ZOOTECNIA, 11., 2001, Goiânia. **Anais...** Goiânia: AZEG/ABZ, 2001. p. 312-313.
- GRACIA, M. I.; ARANÍBAR, M. J.; LÁZARO, R.; MEDEL, P.; MATEOS, G. G. α -Amylase supplementation of broiler diets based on corn. **Poultry Science**, v. 82, n. 3, p. 436-442, 2003a.
- GRACIA, M. I.; LATORRE, M. A.; GARCÍA, M.; LÁZARO, R.; MATEOS, G. G. Heat processing of barley and enzyme supplementation of diets for broilers. **Poultry Science**, v. 82, n. 8, p. 1281-1291, 2003b.
- GREGER, J. L. Nondigestible carbohydrates and mineral bioavailability. **The Journal of Nutrition**, v. 129, n. 7, p. 1434S-1435S, 1999.
- HONG, D.; BURROWS, H.; ADEOLA, O. Addition of enzyme to starter and grower diets for ducks. **Poultry Science**, v. 81, n. 12, p. 1842-1849, 2002.
- HOOGE, D. M.; SIMS, M. D.; SEFTON, A. E.; CONNOLLY, A.; SPRING, P. Effect of dietary mannan oligosaccharide, with or without bacitracin or virginiamycin, on live performance of broiler chickens at relatively high stocking density on new litter. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 12, n. 4, p. 431-467, 2003.
- IJI, P. A.; KHUMALO, K.; SLIPPERS, S.; GOUS, R. M. Intestinal function and body growth of broiler chickens on diets based on maize dried at different temperatures and supplemented with a microbial enzyme. **Reproduction Nutrition Development**, v. 43, n. 1, p. 77-90, 2003.
- IJI, P. A.; SAKI, A. A.; TIVEY, D. R. Intestinal development and body growth of broiler chicks on diets supplemented with non-starch polysaccharides. **Animal Feed Science and Technology**, v. 89, n. 1, p. 175-188, 2001.
- JAMROZ, D.; WILICZKIEWICZ, A.; ORDA, J.; WERTELECKI, T.; SKORUPINSKA, J. Response of broiler chickens to the diets supplemented with feeding antibiotic or mannanoligosaccharides. **Electronic Journal of Polish Agricultural Universities**, v. 7, n. 2, 2004. Disponível em: <http://www.ejpau.media.pl/series/volume7/issue2/animal/art-06.html>. Acesso em: 4 jan. 2005.
- JOHNSTON, S. L.; SOUTHERN, L. L. The effect of varying mix uniformity (simulated) of phytase on growth performance, mineral retention, and bone mineralization in chicks. **Poultry Science**, v. 79, n. 10, p. 1485-1490, 2000.
- JÓZEFIAK, D.; RUTKOWSKI, A.; MARTIN, S. A. Carbohydrate fermentation in the avian ceca: a review. **Animal Feed Science and Technology**, v. 113, n. 1, p. 1-15, 2004.
- JUANPERE, J.; PÉREZ-VENDRELL, A. M.; BRUFAU, J. Effect of microbial phytase on broilers fed barley-based diets in the presence or not of endogenous phytase. **Animal Feed Science and Technology**, v. 115, n. 3-4, p. 265-279, 2004.
- JUSKIEWICZ, J.; ZDUNCZYK, Z.; JANKOWSKI, J. Selected parameters of gastrointestinal tract metabolism of turkeys fed diets with flavomycin and different inulin content. **World Poultry Science Journal**, v. 60, n. 2, p. 177-185, 2004.
- KIDD, M. T.; MORGAN Jr, G. W.; PRICE, C. J.; WELCH, P. A.; FONTANA, E. A. Enzyme

supplementation to corn and soybean meal diets for broilers. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 10, n. 1, p. 65-70, 2001.

KOBAYASHI, T.; MURAI, A.; OKADA, T.; OKUMURA, J. Influence of dietary phosphorus level on growth performance in chicks given corn-soybean diet supplemented with amylase and acid protease. **Animal Science Journal**, v. 73, n. 3, p. 215-220, 2002.

KOCABAGLI, N. The effect of dietary phytase supplementation at different levels on tibial bone characteristics and strength in broilers. **Turkish Journal of Veterinary Science**, v. 25, n. 5, p. 797-802, 2001.

KOCHER, A.; CHOCT, M.; PORTER, M. D.; BROZ, J. The effects of enzyme addition to broiler diets containing high concentrations of canola or sunflower meal. **Poultry Science**, v. 79, n. 12, p. 1767-1774, 2000.

KOCHER, A.; CHOCT, M.; ROSS, G.; BROZ, J.; CHUNG, T. K. Effects of enzyme combinations on apparent metabolizable energy of corn-soybean meal-based diets in broilers. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 12, n. 3, p. 275-283, 2003.

KRUGER, M. C.; BROWN, K. E.; COLLETT, G.; LAYTON, L.; SCHOLLUM, L. M. The effect of fructooligosaccharides with various degrees of polymerization on calcium bioavailability in the growing rat. **Experimental Biology and Medicine**, v. 228, n. 6, p. 683-688, 2003.

LAN, G. Q.; ABDULLAH, N.; JALALUDIN, S.; HO, Y. W. Efficacy of supplementation of a phytase-producing bacterial culture on the performance and nutrient use of broiler chickens fed corn-soybean meal diets. **Poultry Science**, v. 81, n. 10, p. 1522-1532, 2002.

LIANG, D. **Effect of enzyme supplementation on the nutritive value of canola meal for broiler chickens**. 2000, 109 f. Dissertação (Mes-

trado) – The University of Manitoba, Animal Science.

LODDI, M. M. **Probióticos, prebióticos e acidificante orgânico em dietas para frangos de corte**. Jaboticabal, 2003, 52 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Jaboticabal, 2003.

LYAYI, E. A.; DAVIES, B. I. Effect of enzyme supplementation of palm kernel meal and brewer's dried grain on the performance of broilers. **International Journal of Poultry Science**, v. 4, n. 2, p. 76-80, 2005.

MAENZ, D. D. Enzymatic characteristics of phytases as they relate to their use in animals feeds. In: BEDFORD, M. R.; PARTRIDGE, G. G. **Enzymes in farm animal nutrition**. Wallingford, UK:Cabi-Publishing, 2001. 406 p.

MARSMANN, G. J.; GRUPPEN, H.; van der POEL, A. F.; KWAKKEL, R. P.; VERSTEGEN, M. W.; VORAGEN, A. G. The effect of thermal processing and enzyme treatments of soybean meal on growth performance, ileal nutrient digestibilities, and chyme characteristics in broiler chicks. **Poultry Science**, v. 76, n. 6, p. 864-872, 1997.

MATEOS, G. G.; GONZÁLES-ALVARADO, J. M.; LÁZARO, R. Facing the realities of poultry health and performance without antibiotics in Europe. In: INTERNATIONAL FEED INDUSTRY SYMPOSIUM, 20., 2004, Lexington. **Proceedings...** Lexington: Alltech, 2004. p. 69-79.

MATHEW, A. G. Nutritional influences on gut microbiology and enteric diseases. In: INTERNATIONAL FEED INDUSTRY SYMPOSIUM, 17, 2001, Lexington. **Proceedings...** Lexington: Alltech, 2001. p. 49-64.

MATHLOUTHI, N.; LALLÈS, J. P.; LEPERCQ, P.; JUSTE, C.; LARBIER, M. Xylanase and β -glucanase supplementation improve conjugated bile acid fraction in intestinal contents and incre-

- ase villus size of small intestine wall in broiler chickens fed a rye-based diet. **Journal of Animal Science**, v. 80, n. 11, p. 2773-2779, 2002.
- MENG, X.; SLOMINSKI, B. A.; GUENTER, W. The effect of fat type, carbohydrase, and lipase addition on growth performance and nutrient utilization of young broilers fed wheat-based diets. **Poultry Science**, v. 83, n. 10, p. 1718-1727, 2004.
- MENG, X.; SLOMINSKI, B. A.; NYACHOTI, C. M.; CAMPBELL, L. D.; GUENTER, W. Degradation of cell wall polysaccharides by combinations of carbohydrase enzymes and their effect on nutrient utilization and broiler chicken performance. **Poultry Science**, v. 84, n. 1, p. 37-47, 2005.
- MILES, D. M.; MOORE JR., P. A.; SMITH, D. R.; RICE, D. W.; STILBORN, H. L.; ROWE, D. R.; LOTT, B. D.; BRANTON, S. L.; SIMMONS, J. D. Total and water-soluble phosphorus in broiler litter over three flocks with alum litter treatment and dietary inclusion of high available phosphorus corn and phytase supplementation. **Poultry Science**, v. 82, n. 10, p. 1544-1549, 2003.
- MINEO, H.; HARA, H.; SHIGEMATSU, N. Melibiose, difructose anhydride III and difructose anhydride IV enhance net calcium absorption in rat small and large intestinal epithelium by increasing the passage of tight junctions in vitro. **The Journal of Nutrition**, v. 132, n. 11, p. 3394-3399, 2002.
- MORAN, C. A. Functional components of the cell wall of *Saccharomyces cerevisiae*: applications for yeast glucan and mannan. In: INTERNATIONAL FEED INDUSTRY SYMPOSIUM, 20, 2004, Lexington. **Proceedings...** Lexington: Alltech, 2004. p. 280-296.
- NOY, Y.; SKLAN, D. Digestion and absorption in the young chicks. **Poultry Science**, v. 73, n. 2, p. 366-373, 1995.
- OHTA, A.; OHTSUKI, M.; HOSONO, A.; ADACHI, T.; HARA, H.; SAKATA, T. Dietary fructooligosaccharides prevent osteopenia after gastrectomy in rats. **The Journal of Nutrition**, v. 128, n. 1, p. 106-110, 1998.
- OLIVEIRA, M. C.; GOULART, R. B.; SILVA, J. C. N. Efeito de duas densidades populacionais e dois tipos de cama sobre a umidade da cama e a incidência de lesões na carcaça de frango de corte. **Ciência Animal Brasileira**, v. 3, n. 2, p. 7-12, 2002.
- ONYANGO, E. M.; HESTER, P. Y.; STROSHINE, R.; ADEOLA, O. Bone densitometry as an indicator of percentage tibia ash in broiler chicks fed varying dietary calcium and phosphorus levels. **Poultry Science**, v. 82, n. 11, p. 1787-1791, 2003.
- OPALINSKI, M.; LAURENTIZ, A. C.; DAHLKE, F.; SALVADOR, D.; SILVA, E. C. M.; BORGES, S. A. Efeito da adição de complexo enzimático e da granulometria sobre a digestibilidade da soja integral desativada em frangos de corte. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLA, 6., Santos, 2004. **Anais...** Santos: FACTA, 2004. p. 57.
- ORBAN, J. I.; ADEOLA, O.; STROSHINE, R. Microbial phytase in finisher diets of White Pekin ducks: effect on growth performance, plasma phosphorus concentration, and leg bone characteristics. **Poultry Science**, v. 78, n. 3, p. 366-377, 1999.
- OUHIDA, I.; PEREZ, J. F.; ANGUITA, M.; GASA, J. Influence of β -mannase on broiler performance, digestibility, and intestinal fermentation. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 11, n. 3, p. 244-249, 2002.
- PATTERSON, J. A.; BURKHOLDER, K. M. Application of prebiotics and probiotics in poultry production. **Poultry Science**, v. 82, n. 4, p. 627-631, 2003.

- PAYNE, R. L.; KAVERGNE, T. K.; SOUTHERN, L. L. A comparison of two sources of phytase in liquid and dry forms in broilers. **Poultry Science**, v. 84, n. 2, p. 265-272, 2005.
- PELICANO, E. R. L.; SOUZA, P. A.; SOUZA, H. B. A.; OBA, A.; ZEOLA, N. M. B. L.; BOIAGO, M. M.; SCATOLINI, A. M.; BERTANHA, V. Efeito do uso de probióticos e prebióticos sobre o rendimento de carcaça de frangos de corte. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLA, Santos, 2004. **Anais...** Santos: FACTA, 2004. p. 18.
- PINHEIRO, D. F.; CRUZ, V. C.; SARTORI, J. R.; PAULINO, M. L. M. V. Effect of early feed restriction and enzyme supplementation on digestive enzyme activities in broilers. **Poultry Science**, v. 83, n. 9, p. 1544-1550, 2004.
- PIZZOLANTE, C.; TEIXEIRA, A. S.; SANTOS, C. D.; BERTECHINI, A. G.; FREITAS, R. T. F.; GARCIA, E. A. Níveis de fitase e de cálcio e desempenho de frangos de corte. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 26, n. 2, p. 418-425, 2002.
- PUCCI, L. E. A.; RODRIGUES, P. B.; FREITAS, R. T. F.; BERTECHINI, A. G.; CARVALHO, E. M. Níveis de óleo e adição de complexo enzimático na ração de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 4, p. 909-917, 2003.
- RAVINDRAN, V.; CABAUG, S.; RAVINDRAN, G.; BRYDEN, W. L. Influence of microbial phytase on apparent ileal amino acid digestibility of feedstuffs for broilers. **Poultry Science**, v. 78, n. 5, p. 699-706, 1999.
- RAVINDRAN, V.; SELLE, P. H.; RAVINDRAN, G.; MOREL, P. C. H.; KIES, A. K.; BRYDEN, W. L. Microbial phytase improves performance, apparent metabolizable energy, and ileal amino acid digestibility of broilers fed a lysine-deficient diet. **Poultry Science**, v. 80, n. 3, p. 338-344, 2001.
- RIBEIRO, A. M. L.; MIRELES, A. J.; KLASING, K. C. Interactions between dietary phosphorus level, phytase supplementation and pelleting on performance and bone parameters of broilers fed high levels of rice bran. **Animal Feed Science and Technology**, v. 103, n. 1, p. 155-161, 2003.
- RODRIGUES, P. B.; ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; GOMES, P. C.; BARBOZA, W. A.; TOLEDO, R. S. Desempenho de frangos de corte, digestibilidade de nutrientes e valores energéticos de rações formuladas com vários milhos, suplementadas com enzimas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, n. 1, p. 171-182, 2003.
- ROY, P.; DHILLON, A. S.; LAUERMAN, I. H.; SCHABERG, D. M.; BANDLI, D.; JOHNSON, S. Results of salmonella isolation from poultry products, poultry, poultry environment, and other characteristics. **Avian Diseases**, v. 46, n. 1, p. 17-24, 2002.
- RUTHERFURD, S. M.; CHUNG, T. K.; MOREL, P. C. H.; MOUGHAN, P. J. Effect of microbial phytase on ileal digestibility of phytate phosphorus, total phosphorus, and amino acids in a low-phosphorus diet for broilers. **Poultry Science**, v. 83, n. 1, p. 61-68, 2004.
- SANTOS Jr, A. A.; FERKET, P. R.; GRIMES, J. L.; EDENS, F. W. Dietary pentosanase supplementation of diets containing different qualities of wheat on growth performance and metabolizable energy of turkey poults. **International Journal of Poultry Science**, v. 3, n. 1, p. 33-45, 2004.
- SCHWARZ, K. K.; FRANCO, S. G.; FEDALTO, L. M.; BORGES, S. A.; SILVA, A. V. F.; PEDROSO, A. C. Efeitos de antimicrobianos, probióticos, prebióticos e simbióticos sobre o desempenho e morfologia do jejuno de frangos. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLA, Campinas, 2002. **Anais...** Campinas: FACTA, 2002. p. 75.

- SCOTT, T. A.; SILVERSIDES, F. G.; ZIJLSTRA, R. T. Effect of pelleting and enzyme supplementation on variation in feed value of wheat-based diets fed to broiler chicks. **Canadian Journal of Animal Science**, v. 83, n. 2, p. 257-263, 2003.
- SHAFEY, T. M.; AL-MUFAREJ, S.; SHALABY, M. I.; JARELNABI, A. J. The effect of feeding mannan-oligosaccharides (Bio-Mos) on the performance of meat chickens under two different vaccination programs. **Asian-Australasian Journal of Animal Science**, v. 14, n. 4, p. 559-563, 2001.
- SHANE, S. M. Mannan oligosaccharides in poultry nutrition: mechanisms and benefits. In: INTERNATIONAL FEED INDUSTRY SYMPOSIUM, 17., 2001, Lexington. **Proceedings...** Lexington: Alltech, 2001. p. 65-77.
- SHASHIDHARA, R. G.; DEVEGOWDA, G. Effect of dietary mannan oligosaccharide on broiler breeder production traits and immunity. **Poultry Science**, v. 82, n. 8, p. 1319-1325, 2003.
- SILVA, S. S. P.; SMITHARD, R. R. Effect of enzyme supplementation of a rye-based diet on xylanase activity in the small intestine of broilers, on intestinal crypt cell proliferation and on nutrient digestibility and growth performance of the birds. **British Poultry Science**, v. 43, n. 2, p. 274-282, 2002.
- SILVERSIDES, F. G.; SCOTT, T. A.; BEDFORD, M. R. The effect of phytase enzyme and level on nutrient extraction by broilers. **Poultry Science**, v. 83, n. 6, p. 985-989, 2004.
- SIMS, M. D.; DAWSON, K. A.; NEWMAN, K. E.; SPRING, P.; HOOGE, D. M. Effects of dietary mannan oligosaccharide, bacitracin methylene disalicylate, or both on the live performance and intestinal microbiology of turkeys. **Poultry Science**, v. 83, n. 7, p. 1148-1154, 2004.
- SUN, X. **Broiler performance and intestinal alterations when fed drug-free diets. Blacksburg**, 2004. 59 f. Dissertation (Master of Science in Animal and Poultry Sciences) – Faculty of the Virginia Polytechnic Institute, 2004.
- SUZUKI, T.; HARA, H. Various non-digestible saccharides increase intracellular calcium ion concentration in rat small-intestinal enterocytes. **British Journal of Nutrition**, v. 92, n. 5, p. 751-755, 2004.
- TAKAHARA, S.; MOROHASHI, T.; SANO, T.; OHTA, A.; YAMADA, S.; SASA, R. Fructooligosaccharide consumption enhances femoral bone volume and mineral concentrations in rats. **Journal of Nutrition**, v. 130, n. 7, p. 1792-1795, 1999.
- TARANTO, M. P.; SESMA, F.; RUIZ HOLGADO, A. P.; VALDEZ, G. F. Bile salts hydrolase plays a key role on cholesterol removal by *Lactobacillus reuteri*. **Biotechnology Letter**, v. 19, n. 9, p. 845-847, 1997.
- TELLEZ, G.; NAVA, G. M.; VICENTE, J. L.; DONOGHUE, D. J.; DONOGHUE, A. M.; HUFF, W. E.; BALOG, J. M.; HIGGINS, S.; SUTTON, L.; HARGIS, B. M. Evaluation of dietary Aspergillus meal prebiotic (Fermacto™) on poult performance, intestinal strength, tibial diameter and tibial strength: hatch to 30 days-of-age. In: ANNUAL MEETING ABSTRACT, 92., Madison, 2003. **Proceedings...** Madison: PSA, 2003. p. 67. (Resumo 282).
- THORPE, J.; BEAL, J. D. Vegetable protein meals and the effects of enzymes. In: BEDFORD, M. R.; PARTRIDGE, G. G. **Enzymes in farm animal nutrition**. Wallingford, UK: Cabi-Publishing, 2001. 406 p.
- TORRES, D. M.; COTTA, J. T. B.; TEIXEIRA, A. S.; MUNIZ, J. A.; FONSECA, R. A.; SANTOS, E. C.; ALVES, E. L. Dietas à base de milho e farelo de soja suplementadas com enzimas

na alimentação de frangos de corte. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 1, p. 199-205, 2003a.

TORRES, D. M.; TEIXEIRA, A. S.; RODRIGUES, P. B.; BERTECHINI, A. G.; FREITAS, R. T. F.; SANTOS, E. C. Eficiência das enzimas amilase, protease e xilanase sobre o desempenho de frangos de corte. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 27, n. 6, p. 1401-1408, 2003b.

TUNGLAND, B. C.; MEYER, D. Nondigestible oligo- and polysaccharides (dietary fiber): their physiology and role in human health and food. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 1, n. 3, p. 73-92, 2002.

UNI, Z.; NOY, Y.; SKLAN, D. Posthatch changes in morphology and function of the small intestines in heavy and light strain chicks. **Poultry Science**, v. 74, n. 12, p. 1622-1629, 1995.

UNI, Z.; NOY, Y.; SKLAN, D. Posthatch development of small intestinal function in the poult. **Poultry Science**, v. 78, n. 2, p. 215-222, 1999.

VATS, P.; BANERJEE, U. C. Production studies and catalytic properties of phytases (myo-inositolhexakisphosphate phosphohydrolases): an overview. **Enzyme and Microbial Technology**, v. 35, n. 1, p. 3-14, 2004.

VIVEROS, A.; BRENES, A.; ARIJA, I.; CENTENO, C. Effects of microbial phytase supplementation on mineral utilization and serum enzyme activities in broiler chicks fed different level of phosphorus. **Poultry Science**, v. 81, n. 8, p. 1172-1183, 2002.

WALDROUP, P. W.; FRITTS, C. A.; YAN, F. Utilization of Bio-Mos® mannan oligosaccharide and Bioplex® copper in broiler diets. **International Journal of Poultry Science**, v. 2, n. 1, p. 44-52, 2003.

WALDROUP, P. W.; KERSEY, J. H.; SALEH, E. A.; FRITTS, C. A.; YAN, F.; STILBRON, H. L.; CRUM Jr, R. C.; RABOY, V. Nonphytate phos-

phorus requirement and phosphorus excretion of broiler chicks fed diets composed of normal or high available phosphate corn with and without microbial phytase. **Poultry Science**, v. 79, n. 10, p. 1451-1459, 2000.

WU, Y. B.; RAVINDRAN, V.; MOREL, P. C. H.; HENDRIKS, W. H.; PIERCE, J. Evaluation of a microbial phytase, produced by solid-state fermentation, in broiler diets. 1. Influence on performance, toe ash contents, and phosphorus equivalency estimates. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 13, n. 3, p. 373-383, 2004.

WYATT, C. L.; BEDFORD, M. R.; WALDRON, L. A. Role of enzymes in reducing variability in nutritive value of maize using the ileal digestibility method. In: AUSTRALIAN POULTRY SCIENCE SYMPOSIUM, 10., 1999, Sydney. **Proceedings...** Sydney: University of Sydney, 1999. p. 108-111.

YAN, F.; FRITTS, C. A.; WALDROUP, P. W. Evaluation of modified dietary phosphorus levels with and without phytase supplementation on live performance and excreta phosphorus concentration in broiler diets. 2. modified early phosphorus levels. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 13, n. 3, p. 394-400, 2004.

YAN, F.; FRITTS, C. A.; WALDROUP, P. W.; STILBORN, H. L.; RICE, D.; CRUM Jr, R. C.; RABOY, V. Comparison of normal and high available phosphorus corn with and without phytase supplementation in diets for male large white turkeys grown to market weights. **International Journal of Poultry Science**, v. 2, n. 2, p. 83-90, 2003.

YEO, J.; KIM, K. Effect of feeding diets containing an antibiotic, a probiotic, or yucca extract on growth and intestinal urease activity in broiler chicks. **Poultry Science**, v. 76, n. 2, p. 381-385, 1997.

YONEMOCHI, C.; FUJISAKI, H.; TAKAGI, H. Effects of amino acid, enzyme mixture and

- phytase added to low protein and low phosphorus diet on performance and excretion of nitrogen and phosphorus in broilers. **Journal of Poultry Science**, v. 40, n. 2, p. 114-120, 2003.
- YU, B.; CHUNG, T. K. Effects of multiple-enzyme mixtures on growth performance of broilers fed corn-soybean meal diets. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 13, n. 2, p. 178-182, 2004.
- YUSRIZAL, Y.; CHEN, T. C. Effect of adding chicory fructans in feed on broiler growth performance, serum cholesterol and intestinal length. **International Journal of Poultry Science**, v. 2, n. 3, p. 214-219, 2001.
- ZAFAR, T. A.; WEAVER, C. M.; ZHAO, Y.; MARTIN, B. R.; WASTNEY, M. E. Nondigestible oligosaccharides increase calcium absorption and suppress bone resorption in ovariectomized rats. **Journal of Nutrition**, v. 134, n. 2, p. 399-402, 2004.
- ZANELLA, I.; SAKOMURA, N. K.; SILVERSIDES, F. G.; FIGUEIREDO, A.; PACK, M. Effect of enzyme supplementation of broiler diets based on corn and soybeans. **Poultry Science**, v. 78, n. 4, p. 561-568, 1999.
- ZANINI, S. F.; SAZZAD, M. H. Effects of microbial phytase on growth and mineral utilisation in broilers fed on maize soyabean-based diets. **British Poultry Science**, v. 40, n. 3, p. 348-352, 1999.
- ZENTEK, J.; MARQUART, B.; PIETRZAK, T. Intestinal effects of mannanoligosaccharides, transgalactooligosaccharides, lactose and lactulose in dogs. **Journal of Nutrition**, v. 132, n. 6, p. 1682S-1684S, 2002.
- ZYLA, K.; KORELESKI, J.; SWIATKIEWICZ, S.; LEDOUX, D. R.; PIIRONEN, J. Influence of supplemental enzymes on the performance and phosphorus excretion of broilers fed wheat-based diets to 6 weeks of age. **Animal Feed Science and Technology**, v. 89, n. 1-2, p. 113-118, 2001.

Protocolado em: 6 jul. 2005. Aceito em: 31 mar. 2007.