

ENZIMAS EXÓGENAS NA ALIMENTAÇÃO DE AVES

[*Exogenous enzymes in feeding chickens*]

Matheus Ramalho de Lima^{1,*}, José Humberto Vilar da Silva²; José Anchieta de Araujo¹; Carolyn Batista Lima³; Elton Roger Alves de Oliveira¹

¹ Aluno do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia - PPGZ/CCA/UFPB, Areia, PB.

² Professor do DAP/CFT/UFPB, Bananeiras – PB e PPGZ – CCA/UFPB, Areia, PB.

³ Aluna do Programa de Doutorado Integrado em Zootecnia /CCA/UFPB, Areia, PB.

RESUMO - Atualmente a grande questão na produção animal é a redução dos custos, sem esquecer da manutenção dos lucros ou até o aumento deles. Outro aspecto bastante questionado na atualidade são os alimentos alternativos que são utilizados na substituição do milho e soja, pois esses sofrem muitas influências de mercado e seu preço varia muito. Contudo a grande maioria dos alimentos utilizados nessa substituição contém fatores antinutricionais como inibidores de proteases, fitatos entre outros que pioram a qualidade do alimento e dificultam a digestibilidade dos nutrientes por parte das aves. Em busca disso é que se tem buscado alternativas com ajuda da tecnologia em vigor na produção de enzimas exógenas para a alimentação animal, tendo como benefícios a manutenção da qualidade dos alimentos, melhora na digestibilidade dos nutrientes, redução da umidade das excretas e eliminação em parte ou total dos fatores antinutricionais dos alimentos utilizados na alimentação de aves. Sendo assim esta revisão teve como objetivo elaborar este documento com base nos avanços e demais utilizações das enzimas exógenas na alimentação de aves.

Palavras-Chave: Ação enzimática, fatores antinutricionais, nutrição de aves, poluição ambiental.

ABSTRACT - Currently the great question in the animal production is the cost reduction, without forgetting the maintenance of the profits or the increase of them. Another aspect very questioned at the present time is the alternative foods that are used replacing corn and soy, because they suffer many influences of the market and their price varies a lot. However the great majority of foods used in this replacement contains anti-nutritional factors as protease inhibitors, fitates among others that worsen the quality of the food and make digestibility of the nutrients hard for birds. With this goal, it has been studied alternatives using the current technology on exogenous enzymes production for animal feeding, with the benefits of food quality maintenance, improving the digestibility of the nutrients, reduction of the humidity of the excrements and elimination in part or total of the anti-nutritional factors of foods used in the feeding of birds. Therefore, this revision aimed to elaborate this document based on advances and other utilizations of exogenous enzymes in birds feeding.

Keywords: Ambient pollution, anti-nutritional factors, enzymatic action, nutrition of birds.

INTRODUÇÃO

O barateamento de custos de produção, principalmente no que diz respeito à alimentação vem sendo motivo de diversas pesquisas tanto de empresas como de nutricionistas e técnicos pesquisadores, que lançam mão da substituição total ou parcial de insumos, ou inclusão de substâncias que otimizem a utilização dos nutrientes da ração, a fim de alcançar tal objetivo.

O uso de enzimas exógenas para reduzir os custos das rações, representa, sem dúvida, uma das alternativas mais versáteis para auxiliar na melhoria de rentabilidade na avicultura. Inicialmente, as enzimas eram utilizadas em rações contendo ingredientes com alta quantidade de polissacarídeos não-amiláceos (PNA's), como trigo, centeio, triticale, cevada e aveia. Entretanto, pesquisadores têm demonstrado a possibilidade de utilização de complexos enzimáticos em rações à base de cereais

* Autor para correspondência. E-mail: mrlmatheus@gmail.com.

com baixa viscosidade (milho, sorgo e farelo de soja), objetivando aumentar a utilização do amido e da proteína (Fialho, 2003).

Entre as enzimas comercialmente disponíveis, todas seguramente podem proporcionar reduções nos custos das rações, entretanto as carboidrases são as que possibilitam reduções mais significativas. As dietas hoje praticadas são formuladas, em sua maioria, à base de milho e soja, e como já sabido esses ingredientes, principalmente a soja tem frações energéticas, que somente poderão ser aproveitadas pelas aves através do uso de enzimas exógenas. Sendo assim, quanto mais energia o alimento tiver, ao se utilizarem enzimas, mais ele será aproveitado, podendo com isso, reduzir seus níveis de inclusão nas dietas (Campestrini et al., 2005). Estudos também demonstram a melhoria da digestibilidade das dietas e do desempenho das aves com a suplementação de fitase (Nunes, 2001; Rutherford et al, 2002; Selle & Ravindran, 2007).

Desta forma, pretende-se com esta revisão apresentar os modos de ação das enzimas exógenas, alguns resultados de pesquisa e os benefícios adicionais de sua utilização em dietas para aves.

AÇÃO DAS ENZIMAS

Degradação de Polissacarídeos Não Amiláceos

O termo polissacarídeos não amiláceos (PNAs) é usado frequentemente para se referir à porção antigamente referida como fibra bruta. Os animais monogástricos, em geral, não possuem a capacidade endógena de digerir as fibras. A utilização de enzimas exógenas se torna importante, pois estas hidrolisam os PNAs que podem ser potencialmente utilizados pelo animal, aumentando, por exemplo, o aproveitamento da energia presente nos alimentos, como a soja. Adicionalmente, ocorre a liberação do conteúdo celular que se torna disponível à digestão enzimática, aumentando, desta forma, a digestibilidade de alguns dos nutrientes presentes nos alimentos utilizados nas rações das aves. Outra consequência importante desta utilização é a redução do impacto negativo destes resíduos não digestivos sobre a viscosidade da digesta (Buchanan et al., 2007), pois é bem verdade que os PNAs têm um alto poder de retenção de água e conseqüentemente dificulta a ação enzimática, aumentando a carga de nutrientes não degradados.

As enzimas carboidrases, também produzidas por

fungos do gênero *Aspergillus*, têm sido usadas para hidrolisar os PNAs, aumentando a digestibilidade de alimentos como a cevada, o trigo, o centeio, a aveia e o tritcale (Conte et al., 2003).

Slominski et al. (2006) e Meng et al. (2006) utilizando a suplementação de enzimas para avaliar o aproveitamento energético das dietas, verificaram que o uso de enzimas exógenas demonstrou eficiência na degradação dos PNAs, melhorando o uso da energia da dieta e também a digestão da gordura de origem vegetal.

Hidrólise de Fitatos

O fitato está presente em todos os ingredientes de origem vegetal e funciona como uma reserva fosfórica durante o processo de germinação das sementes. É uma molécula polianiônica com potencial para quelatar nutrientes positivamente carregados, o que caracteriza sua propriedade antinutricional, comprometendo a utilização de proteínas, energia, cálcio e minerais-traço (Selle & Ravindran, 2007). Fitato é o sal formado pelo ácido fítico, quando este se liga a íons de Na^+ , Mg^{++} , K^+ , Ca^{++} e Zn^{++} , entre outros. Os minerais e determinados nutrientes, uma vez ligados à molécula de ácido fítico, tornam-se indisponíveis ao animal, ou seja, não são solubilizados. Em geral, os cereais e as sementes de leguminosas usadas na alimentação de aves apresentam quantidades de fitatos que podem afetar o desempenho animal (Maenz, 2001 citado por Dari, 2004).

A redução da digestibilidade protéica pode ser explicada pela formação de complexos entre o ácido fítico e as proteínas da dieta, ou ainda se complexar com enzimas proteolíticas (tripsina e pepsina), inibindo sua atividade. Na digestão de lipídeos totais da digesta, o complexo cálcio-fitato pode reagir com ácidos graxos formando sabões insolúveis no lúmen intestinal. Na digestão de carboidratos liga-se diretamente ao amido ou inibe a ação da amilase, contudo essa ação ainda é um pouco discutida entre estudiosos da área.

A fitase catalisa o fitato disponibilizando fósforo e outros elementos outrora indisponíveis como cálcio, magnésio, zinco, ferro e moléculas orgânicas, como aminoácidos (Roland et al., 2006). A atividade da fitase é expressa como sendo a quantidade de enzima que hidrolisa 1 micromol de fosfato inorgânico por minuto proveniente de 1,5mM de fitato em pH 5,5 e à temperatura de 37°C, expresso em unidades de fitase, PU ou FTU (Yi et al., 1996).

A fitase exógena inibe a formação dos complexos binários entre proteína-fitato, possibilitando uma melhoria no aproveitamento dos aminoácidos (Selle & Ravindran, 2007). A adição de fitase microbiana nas dietas de aves pode facilitar a ação enzimática e a absorção de minerais e a digestibilidade de aminoácidos é aumentada conseqüentemente (Rutherford et al, 2002), e com isso reduz custo e impactos ambientais, já que as concentrações de nitrogênio e fósforo nas excretas são reduzidas.

As fitases apresentam aplicações generalizadas, uma vez que seu substrato está presente invariavelmente em dietas para aves e suínos, e sua inclusão resulta em maior biodisponibilidade de fósforo e na redução da excreção deste mineral no ambiente. A proibição do uso de farinhas protéicas de origem animal, que também são fontes de fósforo, tem acelerado a aceitação e utilização de fitase como aditivo em rações para animais em alguns países. A capacidade desta enzima de liberar o fósforo fítico e reduzir a excreção para o meio ambiente está bem documentada; a fitase é uma forma eficiente e econômica de reduzir os níveis de fósforo dietético e, uma vez que as reservas naturais de fósforo não são renováveis, o seu uso seria benéfico, inclusive, para a preservação de tais contingentes (Selle & Ravindran, 2007).

Viscosidade da Digesta

Os polissacarídeos não amiláceos (PNA) são carboidratos que aumentam a viscosidade das dietas por sua capacidade de se ligar a grandes quantidades de água formando um gel viscoso (Santos Jr. et al., 2004), o que diminui a taxa de difusão de substratos e enzimas digestivas e impede suas interações na superfície da mucosa intestinal (Choct, 2001), levando ao comprometimento da digestão e da absorção de nutrientes. Além disso, viscosidade da digesta interfere na microflora intestinal e nas funções fisiológicas do intestino (Choct et al., 2004).

Para reduzir a viscosidade do conteúdo digestivo é necessário que os polissacarídeos não amiláceos solúveis sejam decompostos em pequenas unidades através da ação enzimática, perdendo assim a capacidade de retenção de água. Com a redução da viscosidade, a ação enzimática sobre o conteúdo intestinal é mais eficaz, sendo assim, há melhora na capacidade de digestão dos nutrientes, aumento na velocidade de trânsito intestinal e redução da quantidade de água nas fezes, o que proporciona melhor qualidade de cama (Opalinski, 2006).

O mecanismo da ação dos PNAs solúveis como

fatores anti-nutricionais em dietas de frangos de corte, bem como o efeito da suplementação de enzimas exógenas nestas dietas, foram investigados por Choct et al. (1996), com ênfase na interrelação entre viscosidade da digesta e fermentação ao longo do intestino. O aumento dos níveis de PNAs solúveis aumentou a viscosidade da digesta e reduziu a EM da dieta, resultando em depressão no ganho de peso e pior conversão alimentar. A suplementação enzimática das dietas enriquecidas com PNAs solúveis reverteu os efeitos adversos, aumentando a EM e melhorando o desempenho dos frangos. Foi observada intensa fermentação no intestino delgado nas aves que receberam dietas enriquecidas com PNAs solúveis, o que foi eliminado com a suplementação de enzimas exógenas. Os autores concluem que há um aumento da fermentação no intestino delgado das aves quando há a presença de grandes quantidades de PNAs solúveis na dieta, prejudicando o desempenho e o bem-estar das aves, já que o odor de amônia nos galpões de produção é alto, mas estes efeitos deletérios podem ser minimizados através da utilização de enzimas exógenas.

Han (1997) reporta significativa redução da viscosidade da digesta no jejuno de aves alimentadas com dietas à base de cevada suplementadas com 0,1% de enzimas (2,67 vs 2,0 cP).

Estudando o efeito três marcas comerciais de xilanases, cada uma com sua especificidade, A, B e C, com afinidade por PNAs solúveis e insolúveis, PNAs insolúveis e PNAs solúveis, respectivamente, Choct et al. (2004) verificou que somente as xilanases A e C foram efetivas na redução da viscosidade de digesta. Porém, apesar da adição da xilanase B não ter reduzido a viscosidade, o desempenho dos frangos melhorou, evidenciando que a viscosidade da digesta não pode ser usada como único indicador de efeito anti-nutricional dos PNAs nas dietas de aves.

Por outro lado, Marsman et al. (1997) e Scheideler et al. (2005) não verificaram efeitos da suplementação de enzimas dietéticas sobre a viscosidade da digesta. Nagaraj et al. (2007), estudando os efeitos da suplementação de enzimas nas dietas de frangos de corte sobre a redução da incidência de pododermatite em frangos, verificaram menor viscosidade da digesta nas aves suplementadas. Os autores relacionaram positivamente a redução da viscosidade da digesta com a redução da umidade da cama e menor incidência de lesões nas aves mais velhas, concluindo que a suplementação enzimática das dietas pode ser uma ferramenta no controle da

pododermatite.

Manipulação da Microflora Intestinal

A capacidade de fermentação do alimento pela microflora microbiana tem importante efeito na proporção da energia que é realmente aproveitada pelo hospedeiro, visto a absorção dos produtos da fermentação gerar menos energia para o organismo que os produtos da digestão enzimática (Bedford, 1996a). Estudos mostram que a utilização de enzimas xilanolíticas inibe a fermentação no íleo e estimula a fermentação nos cecos (Bedford, 2001; Persia et al., 2002). A redução da fermentação ileal é benéfica para o hospedeiro, pois grande parte do material fermentado nesta região constitui-se de amido e proteína não digeridos, que, assim, ficariam disponíveis para serem hidrolisados e absorvidos pelo hospedeiro (Bedford, 1996b). Além disso, os oligossacarídeos resultantes da degradação por PNAs pelas enzimas exógenas teriam um efeito prebiótico no ceco, atuando como substrato para a proliferação de bactérias benéficas ao hospedeiro em detrimento de bactérias patogênicas, melhorando, desta forma, a saúde da ave (Persia et al., 2002).

Hinton et al. (1993) reportam que a maior produção de ácido láctico no íleo e propionato nos cecos com a utilização de xilanase em dieta à base de trigo favoreceram a melhor saúde intestinal nos frangos, em função das bactérias produtoras de ácido láctico promoverem a exclusão competitiva e o propionato ser prejudicial para a Salmonella e outras bactérias patogênicas.

Suplementação das Enzimas Digestivas

A suplementação com enzimas exógenas nas dietas melhora a eficiência de produção das aves pelo aumento da digestão de produtos de baixa qualidade e redução da perda de nutrientes nas fezes, sendo possível reduzir os níveis nutricionais da dieta com possíveis vantagens econômicas. As enzimas são acrescentadas à ração animal com a finalidade de aumentar a sua digestibilidade, remover fatores antinutricionais, melhorar a disponibilidade dos nutrientes, bem como por razões ambientais. Uma grande variedade de carboidrases, proteases, fitases e lipases é utilizada para estes fins. Em dietas para não-ruminantes, a atividade enzimática deve ser suficientemente alta para permitir que o tempo de trânsito intestinal seja relativamente baixo. Além disso, a enzima empregada deve ser capaz de resistir a condições desfavoráveis que possam ocorrer durante o processo de preparação da ração, como a extrusão ou peletização, ou que existam naturalmente no trato gastrointestinal (McCleary,

2001).

Normalmente, as enzimas comerciais usadas como aditivos não contêm uma única enzima, mas ao contrário, são preparados enzimáticos contendo uma variedade de enzimas, o que é desejável, uma vez que as rações são compostas por vários ingredientes (Campestrini et al., 2005).

Protease

A proteína é o ingrediente de maior custo em dietas de aves. Nos últimos anos, o aumento do custo do farelo de soja, utilizado como fonte protéica, tem levado a uma busca por maneiras de aperfeiçoar seu valor nutricional. Com isso a inclusão de proteases exógenas na dieta pode melhorar o valor nutricional através da hidrólise de certos tipos de proteínas que resistem ao processo digestivo através da complementação das enzimas digestivas das próprias aves. A soja contribui com mais de 70% da proteína em dietas avícolas, mesmo contendo quantidades elevadas de substâncias pécticas na estrutura de sua parede celular. (Torres et al., 2003).

Obviamente, as proteínas dietéticas não são utilizadas completamente pelas aves. Há potencial para melhorar a utilização dos aminoácidos das dietas pelo suplemento das enzimas, reduzindo os custos de suplementação nas dietas (Wang et al., 2006), já que as enzimas aumentam o aproveitamento dos alimentos, possibilitando assim uma redução nos níveis de inclusão de certos nutrientes, como aminoácidos e minerais.

Recentemente, a suplementação com protease em dietas para frangos de corte produziu melhorias significativas no crescimento das aves (Odetallah et al., 2003). Isso pode se explicado porque com a inclusão de enzimas exógenas reduz a síntese das endógenas e em consequência disso o organismo teria a disposição maior quantidade de aminoácidos para a síntese protéica.

De acordo com Wang et al., (2006) as proteases são recomendadas para a adição às dietas de frangos de corte, pois melhora o desempenho e rendimento de carcaça, sendo seus efeitos mais pronunciados quando as dietas são formuladas com baixos níveis de aminoácidos essenciais ou de proteína total, de forma a minimizar as excreções de nitrogênio.

Amilase

Nos pintinhos, por apresentarem o trato digestório imaturo ao nascer, a quantidade de amilase produzida pelo pâncreas é baixa nos primeiros sete

dias de vida, dificultando o desenvolvimento satisfatório desses animais. Garcia et al (2003) relatou em seus estudos que a secreção diária de amilase no duodeno é baixa nos primeiros quatro dias e aumenta consideravelmente até os vinte e um dias de vida dos pintinhos. Trabalhos que testam a inclusão de enzimas digestivas exógenas nas rações mostram resultados positivos no desempenho zootécnico de diferentes animais (Nunes et al., 2006). Garcia et al. (2003) verificaram que o peso do pâncreas foi reduzido à medida que se suplementou a dieta com alfa-amilase, mostrando haver uma íntima ligação com a síntese das enzimas endógenas, já que a enzima exógena adicionada à dieta incrementa a digestão do amido e dos PNAs.

Onderci et al. (2006) avaliando a contaminação com *E. coli* na dieta de frangos de corte verificou que essa suplementação reduziu o peso relativo do pâncreas, mas não afetou o peso do fígado e o comprimento do duodeno, jejuno, íleo e ceco. Contudo a altura das vilosidades e profundidade de criptas sofreu aumento significativo com a contaminação bacteriana. Os dados obtidos nesse estudo mostram haver uma indicação de que a suplementação com *E. coli*, que é capaz de produzir a alfa-amilase, melhora a digestibilidade dos nutrientes e o desempenho dos frangos de corte alimentados com uma dieta à base de milho.

Lipase

Lipases são enzimas que atuam sobre lipídeos, catalizando alguma reação química que estas moléculas possam sofrer. No sistema digestivo, ela tem como função, basicamente, transformar lipídeos em ácidos graxos e glicerol, isto ocorre quando o pâncreas libera no intestino delgado um suco rico em enzimas, sendo que uma delas é a lipase.

Sakomura et al. (2004), avaliando a atividade enzimática e a digestibilidade dos nutrientes do farelo de soja e da soja integral, verificaram que o crescimento do pâncreas coincidiu com o maior incremento na produção de enzimas digestivas. Outra consideração feita pelos autores foi que a atividade da lipase pancreática foi influenciada pela exposição à gordura presente nas sojas avaliadas, além da digestibilidade, que variou, também, em função da idade.

RESULTADOS DA UTILIZAÇÃO DE ENZIMAS EXÓGENAS NA DIETA DE AVES

Taxa de Passagem

A taxa de passagem da digesta pelo trato

gastrintestinal em frangos de corte com 21 dias de idade foi reduzida de 3,5 para 3,0 horas, quando se utilizou suplementação enzimática em dietas à base de cevada, pela degradação dos PNAs solúveis e conseqüente redução da viscosidade (Han, 1997).

Digestibilidade de Nutrientes

A digestibilidade dos nutrientes pode ser melhorada com a suplementação de enzimas exógenas. De acordo com Rutherford et al. (2002) a adição de fitase melhora a retenção de minerais e a digestibilidade de aminoácidos, lipídeos e dos carboidratos (Nunes et al., 2001).

Han (1997) reporta uma melhoria de 4,8; 4,3 e 6,1% na digestibilidade aparente da matéria seca (MS), matéria orgânica (MO) e proteína bruta (PB), respectivamente, com a adição de 0,1% de amilase. No entanto com a adição de dosagem superior das enzimas (1,0%), a digestibilidade dos nutrientes foi grandemente reduzida. A razão para o efeito negativo de concentrações muito altas de enzimas não foi estabelecida, porém o autor cita que este fato é relatado em outras pesquisas. Em outro estudo Choct (2001) verificou que a dosagem de enzimas exógenas melhorou a digestibilidade da matéria seca em 17%, a energia metabolizável aparente em 24% e a conversão em 31%, e ainda reduziu em 50% a viscosidade da digesta.

Kocher et al. (2003) verificou aumento da EMAn de dietas à base de milho e soja para frangos com a dosagem combinada de pectinase, protease e amilase somente quando as dietas basais apresentavam baixa proteína e energia.

Utilizando a suplementação de alfa-amilase na dieta de pintos de frangos de corte, Garcia et al. (2003) verificaram que a digestibilidade fecal aparente do amido foi aumentada de 94,9% aos 7 dias para 97,1% aos 28 dias de idade dos frangos, melhorando a utilização de energia da dieta, assim como proporcionou um maior consumo alimentar e menor conversão.

Mais recentemente, Roland et al. (2006) adicionando fitase nas dietas para poedeiras deficientes em fósforo (0,11%), verificaram melhoria na digestibilidade dos aminoácidos e dos carboidratos.

Secreção Enzimática e Atividade de Enzimas

As dissacaridases e as peptidases representam as principais enzimas de membrana da mucosa intestinal. Em estudo realizado para verificar

mudanças na atividade de dissacaridases na mucosa de pintos submetidos a dietas à base de cevada suplementadas com enzimas, observou-se redução na atividade da maltase e sacarase, enquanto as enzimas trealase tiveram atividade significativamente maior (Han, 1997). Estes resultados sugerem a produção de dissacaridases pela mucosa intestinal pode ser afetada pela presença de enzimas exógenas no trato gastrointestinal.

A inclusão de enzimas exógenas em dietas para aves reduz a síntese de enzimas endógenas, conseqüentemente, o organismo teria uma maior quantidade de aminoácidos para a síntese tecidual. De acordo com Garcia (1997), cerca de 25% das necessidades diárias de nitrogênio podem ser utilizadas para a síntese de enzimas endógenas. Zanella et al. (1999) verificou redução de 23,4 e 35,5% na síntese endógena de amilase e protease, respectivamente, quando estas enzimas foram suplementadas em dietas de frangos de corte.

Segundo Zanella et al. (1999), a inclusão de enzimas exógenas reduz a produção endógena de amilase em 23,4% e a de tripsina pancreática em 35,8%, o que poderia favorecer a síntese protéica no tecido muscular, pela maior disponibilização dos aminoácidos.

Estes resultados demonstram que a secreção de enzimas pancreáticas é influenciada pela concentração de enzimas no lúmen intestinal, pelo substrato e pelos produtos da hidrólise do substrato. Sendo assim, a suplementação de enzimas exógenas teria um efeito poupador de energia e aminoácidos para o organismo, que podem ser utilizados para aumento da produção.

Peso dos Órgãos Digestivos

Han (1997) observaram que dietas à base de cevada resultaram em peso dos órgãos digestivos de frangos maiores que os observados em aves recebendo dieta controle, à base de milho. Os autores atribuem este fato à maior carga funcional exigida do pâncreas em função da maior viscosidade da digesta. Entretanto, ao se suplementar as dietas de cevada com enzimas exógenas, houve redução do peso destes órgãos, comprovando a eficácia das enzimas na degradação de fatores antinutricionais.

Sakomura et al. (2004) avaliando a atividade enzimática e a digestibilidade dos nutrientes, concluíram que o máximo crescimento alométrico do pâncreas coincidiu com o maior incremento na produção das enzimas digestivas. Arija et al. (2006) verificaram que os pesos dos órgãos digestivos, a

viscosidade intestinal foram alterados em função da inclusão de feijão extrusado à dieta de pintos em relação àqueles alimentados com dietas normais a base de milho e soja. Segundo esses autores, esses resultados de alteração nos órgãos foi em função da presença de fatores antinutricionais, como os polissacarídeos não-amiláceos, presentes na semente do feijão.

Níveis Hormonais

Estudos conduzidos por Han (1997) encontraram concentrações de Tri-Iodotironina (T3) no sangue de frangos alimentados com dieta à base de cevada, aos 21 dias, 20% inferior às concentrações das aves que receberam dieta à base de milho. O mesmo comportamento ocorreu com as concentrações do hormônio Tireotrófico (TSH), do hormônio do crescimento (GH) e de insulina. Porém, a suplementação enzimática nas dietas de cevada resultou em concentrações de hormônios TSH e T3 mais alta do que com a dieta controle. O aumento destes hormônios leva ao incremento da taxa de metabolismo com provável efeito no desempenho das aves. Resultados similares foram encontrados em frangos aos 42 dias de idade, em que, adicionalmente, os níveis de insulina no sangue das aves suplementadas com enzimas exógenas foram superiores aos daquelas que receberam a dieta sem suplementação. Por outro lado, os níveis de glucagon apresentaram resposta inversa, ou seja, foram reduzidos nas dietas com enzimas. Estes resultados sugerem que as enzimas aceleram a absorção de açúcares, tendo um efeito indireto no controle dos níveis de glicose sanguínea.

Desempenho

Dois ensaios de desempenho foram conduzidos por Han (1997) utilizando frangos de 7 a 42 dias de idade, recebendo dietas à base de cevada, com e sem suplementação de enzimas. No primeiro, foi observado aumento de 10,4% no ganho de peso, 2,0% no rendimento de carcaça e 6,9% no rendimento de peito desossado para as aves que receberam suplementação. Respostas similares foram obtidas no segundo ensaio. Em experimentos anteriores Zhou & Han (1994) também verificaram respostas semelhantes e, adicionalmente, verificaram aumento do peso relativo do fígado e concentrações de T3, bem como redução nos níveis de ácido úrico no sangue, relacionando estes resultados com o aumento da atividade metabólica, particularmente da síntese protéica nas aves suplementadas com enzimas.

Persia et al. (2002) reportaram que a suplementação

com enzimas exógenas pode melhorar a utilização de alimentos de perus em crescimento, principalmente em dietas à base de trigo. Trabalhando com dietas à base de farinha de trigo e trigo integral, Wu & Ravindran (2004) também encontraram benefícios da suplementação com xilanase na conversão alimentar dos frangos, sendo esta melhorada em 2,5% em relação à dieta sem suplementação.

Conte et al. (2003) avaliando a relação da xilanase com a fitase na dieta de frangos de corte, verificaram que a utilização da enzima xilanase não afetou de maneira significativa o peso vivo e o consumo de ração. Entretanto, as tendências de maior peso vivo e menor consumo de ração proporcionaram conversão alimentar significativamente melhor com a utilização de xilanase na dieta. Esse efeito incorporado pela adição de xilanase possivelmente confirma sua ação sobre a digestibilidade de nutrientes, como os PNAs, possibilitando um aumento da energia metabolizável das dietas.

Utilizando a suplementação de alfa-amilase na dieta de pintos de frangos de corte, Garcia et al. (2003) verificaram que a digestibilidade aparente do amido foi aumentada de 96,2% aos 7 dias para 98,0% aos 28 dias de idade das aves, melhorando a utilização de energia da dieta, assim como proporcionou um maior consumo alimentar e menor conversão. A melhora na digestibilidade do amido com a inclusão de alfa-amilase na dieta de frangos de corte mostra a efetiva eficiência da suplementação de enzimas exógenas nas dietas para aves. Torres et al. (2003) avaliando a adição de um complexo enzimático contendo protease verificaram que não houve diferença quando a adição foi 0,5 g/kg de enzimas. Enquanto que a adição de 1,0 e 1,5 g/kg de enzimas na dieta mostrou diferenças, e o menor e maior nível de proteína promoveram maior e menor índice de eficiência, respectivamente.

Yu & Chung (2004) verificaram que a adição de níveis adequados de α -amilase, β -glucanase e xilanase em dietas com redução de 3% de EM para frangos de corte resultou em desempenho semelhante ao obtido com dieta controle.

Estudos realizados por Strada et al. (2005), utilizando rações formuladas com valores superestimados em 9% para EM e 7% para aminoácidos, suplementadas com complexo multienzimático, demonstraram a melhoria da eficiência de utilização da EM e dos aminoácidos (Met, Met+Cis e Lis). Os autores concluíram que a redução da densidade energética e aminoácídica das dietas à base de farelo de soja e milho, contendo complexo multienzimático, não comprometem o

desempenho de frangos de corte, podendo ser um recurso na redução dos custos de produção.

Al-Harathi (2006) estudando os efeitos das combinações de um complexo multienzimático, fitase e uma mistura de condimentos (pimenta, cárdamo e cominho) recomendaram a tripla suplementação para a fase de 7 a 21 dias e para a fase seguinte (22 a 36 dias), somente a fitase, que resultou em melhoria de 3,6% na conversão alimentar dos frangos. De 37 a 49 dias não foi verificado efeito significativo de nenhuma forma de suplementação.

Brito et al. (2006), avaliando a interação entre a suplementação de enzimas exógenas (protease, celulase e amilase) e a soja extrusada na dieta de pintos de corte, verificaram que essa adição melhorou o ganho de peso em 3,8% e a conversão alimentar em 4,2% de pintos de corte de 1 a 21 dias de idade. Esses dados demonstram a real eficiência conferida às aves alimentadas com enzimas exógenas em suas dietas, de modo a repercutir diretamente na redução nos custos de produção, pelo fato de ser tornar possível a redução dos níveis energéticos e protéicos das rações com a inclusão dessas enzimas. Por outro lado, Buchanan et al. (2007) não encontraram benefícios da suplementação com enzimas exógenas para frangos orgânicos alimentados com dieta com redução de 7% do aporte energético através de diluição com areia lavada. Os autores recomendam, no entanto, que novas pesquisas devem ser realizadas com níveis menores de diluição da dieta.

BENEFÍCIOS ADICIONAIS DA UTILIZAÇÃO DE ENZIMAS EXÓGENAS

Os avanços na biotecnologia direcionada à enzimologia e o conhecimento de substratos levaram ao desenvolvimento de enzimas que degradam polissacarídeos não-amiláceos, como a glucanase e xilanase, tornando possível aumentar a EMA dos grãos viscosos. O conhecimento obtido a partir da utilização dessas enzimas sugere que o desenvolvimento de enzimas específicas para dietas a base de milho e soja é justificável e praticável. A necessidade de suplementação de enzimas exógenas em dietas a base de milho e soja geralmente é negligenciada. No entanto, estudos têm mostrado que a suplementação de tais dietas com enzimas levou a melhoras no desempenho das aves (Yu & Chung, 2004; Scheideler et al, 2005). O farelo de soja é a fonte protéica mais comumente encontrada nas dietas à base de milho e soja, e contém altos níveis de PNAs (Choct, 1997), que são

potencialmente antagônicos à utilização de nutrientes e podem afetar negativamente a morfologia intestinal. Dessa forma, a suplementação dessas dietas com enzimas específicas para PNAs potencialmente aumentam a utilização do farelo de soja e simultaneamente aumenta a digestibilidade de nutrientes e reduz as perdas endógenas de aminoácidos, resultando na conservação de energia endógena que pode ser direcionada para deposição de proteína.

Até o momento, o uso de enzimas exógenas nas dietas para animais de produção tem causando um grande impacto nos sistemas de criação industrial. As enzimas são usadas frequentemente no sentido de aumentar a qualidade nutricional das dietas que contém determinados cereais, especialmente para aves, resultando em melhora da qualidade do meio ambiente pela redução da excreção de elementos como fósforo e nitrogênio. Uma vez que as enzimas tendem a melhorar o desempenho dos animais alimentados com cereais de baixa energia metabolizável aparente (EMA), um benefício adicional seria a obtenção de maior uniformidade, reduzindo a variação entre lotes (Marquardt & Bedford, 2001).

Os objetivos principais da suplementação enzimática em dietas para aves são a remoção ou destruição dos fatores antinutricionais nos cereais, o aumento da digestibilidade do alimento, tornar determinados nutrientes mais disponíveis biologicamente e reduzir a poluição causada pelas excretas (Gunter, 1997). Os polissacarídeos não-amiláceos (PNAs) em dietas para monogástricos possuem uma atividade antinutricional, manifestada pelo aumento da umidade da excreta e uso ineficiente dos nutrientes. As enzimas microbianas utilizadas com a finalidade de agir sobre tais polímeros têm mostrado resultados altamente positivos tanto na melhora do desempenho das aves, quanto na redução do volume e umidade das excretas. As enzimas também permitem o uso de uma variedade de ingredientes sem que haja o comprometimento do desempenho da ave e, dessa forma, proporciona grande flexibilidade na formulação de rações de baixo custo (Choct, 1997).

Redução da Excreção de Produtos para o Ambiente

A poluição ambiental é definida como a contaminação por venenos, substâncias produzidas pelo homem, produção animal e outros organismos (Williams et al., 1995).

As pesquisas com enzimas têm demonstrado a importância dessas substâncias para reduzir o efeito

negativo dos fatores antinutricionais e melhorar a eficiência alimentar. A fitase apresenta capacidade efetiva de melhorar o aproveitamento do fósforo fítico, principalmente de alimentos que apresentam alto teor de fitato e, dessa forma, reduz o potencial poluidor das excretas, tornando a atividade avícola ecologicamente mais correta (Schoultens et al., 2003).

Durante o processo de conversão dos nutrientes da dieta em produtos animais ocorrem perdas consideráveis, mesmo os animais estando em condições ideais de produção, com alimentação de qualidade e manejo adequado. É possível lançar mão de diversas manipulações nutricionais no sentido de reduzir a excreção de nutrientes, sendo que as medidas mais eficientes incluem o balanceamento das rações de maneira que atenda mais precisamente às exigências do animal, a adição de aminoácidos puros, reduzindo simultaneamente o nível de proteína bruta da dieta e, por fim, a adição de enzimas à dieta.

Comprovada a eficácia das carboidrases, essas poderiam promover o aumento da utilização de subprodutos de origem vegetal, reduzindo os custos de produção das rações, além de colaborar com a proteção ambiental devido à redução da excreção de nutrientes (Schoultens et al., 2003).

A poluição ambiental, pela excreção fecal de nitrogênio e fósforo, pode se dar em maior ou menor grau, dependendo da capacidade de utilização desses nutrientes, pelos animais, que é melhorada com a adição de enzimas exógenas (Campestrini et al., 2005). Essa discussão está amplamente divulgada atualmente, haja vista a busca por reduzir os impactos ambientais, principalmente em regiões com grande produção de aves.

Muitos ingredientes vegetais usualmente utilizados nas dietas das aves apresentam valores de digestibilidade muito inferiores, quando administrados às aves em comparação com animais com superior capacidade fermentativa, caso dos suínos. A melhora da capacidade digestiva das aves, através do uso de enzimas suplementares, apresenta-se como uma alternativa séria para não só melhorar o desempenho animal, mas também como forma de reduzir a quantidade de excretas produzidas, o que diminui o potencial contaminante do ambiente de produção e, portanto, passa a ser também uma alternativa a ser considerada para atenuar os efeitos da remoção dos promotores de crescimento (Vieira, 2003).

Suínos e aves excretam mais da metade do fósforo e do nitrogênio que consomem. O uso de enzimas na

ração das aves e suínos e outros animais domésticos, melhora a digestibilidade e disponibilidade de certos nutrientes para os animais, principalmente o fósforo, nitrogênio, cálcio, cobre e zinco, diminuindo a sua presença nas fezes e urina, e conseqüentemente, a sua deposição no meio ambiente (Campestrini et al., 2005).

Testando a adição de enzimas exógenas na dieta de leitões, Nery et al. (2000) verificaram que essa adição incrementou a digestibilidade dos nutrientes, durante a fase de desenvolvimento dos leitões (10-30 kg de peso vivo), principalmente da proteína. Esses resultados demonstram a possibilidade de redução dos níveis de proteína da ração, reduzindo uma possível excreção de nitrogênio ao meio ambiente (Opalinski, 2006).

As glucanases são as enzimas utilizadas predominantemente em dietas para não-ruminantes; essas quebram os PNAs em polímeros menores, aumentando sua digestibilidade e removendo sua propriedade de tornar a dieta viscosa. (Choct, 1997). Os benefícios do uso das glucanases em aves alimentadas com cereais viscosos incluem a redução da quantidade de excretas eliminadas para o meio, bem como a diminuição dos problemas associados às fezes úmidas, como ovos sujos, produção de gases elevada (amônia) e presença de moscas e roedores nas instalações (Choct, 2004).

No entanto, a suplementação isolada de glucanase não resolvia os problemas associados com os níveis de fósforo nas excretas de aves e suínos, levando então ao desenvolvimento da fitase, que age aumentando a utilização do fósforo fítico e, conseqüentemente, reduzindo a excreção de fósforo orgânico para o meio ambiente. A fitase aumenta a digestibilidade do fitato de 25% para 50 a 70% em aves e seu uso tem aumentado desde a proibição da utilização de proteína animal na alimentação, como carne e farinha de carne (Choct, 2004).

Redução da Umidade das Excretas

A alta umidade das excretas é um dos grandes problemas que a indústria avícola enfrenta, principalmente no que diz respeito às poedeiras, em que percentagens elevadas de ovos sujos estão associadas a fezes úmidas. As fezes úmidas podem, ainda, aumentar a produção de gases e a população de moscas e roedores nas instalações, afetando o bem-estar animal, causando estresse e piorando a qualidade do ar, podendo, além disso, afetar a saúde dos trabalhadores que freqüentam a granja (Choct, 1997). Como citado anteriormente, as glucanases também agem reduzindo o teor de água das excretas.

O grau de melhora a ser obtido pela adição de enzimas à dieta depende de vários fatores, como o tipo e quantidade de cereal, o nível do fator antinutricional presente nessa dieta, o espectro e concentração das enzimas utilizadas, espécie (aves respondem melhor à inclusão de enzimas na dieta que suínos) e idade do animal (animais jovens são mais responsivos ao tratamento com enzimas que os mais velhos) (Marquardt, 1997).

A viscosidade é diretamente proporcional à umidade das excretas, haja vista os PNAs, segundo Opalinski et al (2006), aumentam o poder hidrosópico de alguns tipos de fibras. Uma redução no índice de umidade das excretas das aves é percebida quando as glucanases, principalmente, são incluídas nas dietas (Choct, 2001).

Choct et al. (2004) reportou diferenças na capacidade de redução da umidade da excreta entre diferentes tipos de xilanases adicionadas em dietas de frangos à base de trigo, sendo denominadas xilanases A, B e C, com afinidade por PNAs solúveis e insolúveis, PNAs insolúveis e PNAs solúveis, respectivamente. A xilanase A reduziu de 77% para 73% a umidade da excreta, enquanto as xilanases B e C reduziram a umidade somente para 75 e 75,5%, respectivamente.

Nagaraj et al. (2007) destacam o importante papel da qualidade da cama na etiologia da pododermatite. Os autores, embora não tenham encontrado diferenças significativas na umidade da cama com a suplementação enzimática nas dietas dos frangos, indicam que procedimento pode ser útil no controle das lesões.

Melhoria do Bem-Estar Animal

Um efeito adicional apresentado pelo uso das enzimas é a redução do tamanho do trato gastrointestinal, o que aumenta a partição dos nutrientes em tecidos comestíveis. Seu uso também altera a fermentação microbiana, afetando a disponibilidade de nutrientes e o status sanitário dos animais (Marquardt & Bedford, 2001). Além desses, outro benefício alcançado com o uso de enzimas é a redução de problemas gastrointestinais, de ocorrência freqüente em animais de produção (Choct, 1997). Outro aspecto que melhora o bem estar das aves com a utilização de enzimas, é que como elas reduzem os níveis de excreção de alguns nutrientes além da viscosidade das excretas, reduzem a quantidade de amônia produzida nas instalações das aves, reduzindo o odor proveniente da mesma.

Dessa maneira a adição de enzimas na dieta de aves

proporciona diversos benefícios, tanto para o produtor, com a redução de custos (Campestrini et al., 2005) como ao meio ambiente (Torres et al., 2003), pela redução dos níveis de elementos poluidores.

Em estudos feitos por Plumstead et al. (2007) avaliando a redução de fósforo na dieta junto com a suplementação de fitase, foram obtidos bons resultados na produção de pintos por matriz alojada com as dietas, ficando totalmente possível reduzir os níveis de fósforo inorgânico das dietas, o que reduziria em muito os gastos, sem afetar negativamente o desempenho das aves matrizes.

Flexibilização das Formulações de Rações de Custo Mínimo

Grandes avanços ocorreram na avicultura nas últimas décadas e, diante dessa evolução, os nutricionistas esforçam-se na busca de alternativas que tornem possível a formulação de rações mais eficientes e econômicas, uma vez que a alimentação constitui o item de maior custo na produção do frango de corte (Torres et al., 2003).

A disponibilidade e variedade de grãos no Brasil é grande, o que permite a inclusão e/ou substituição total ou parcial de determinados ingredientes por outros que apresentem preços reduzidos, principalmente em períodos de entressafra. No entanto, tais ingredientes ditos alternativos apresentam restrições quanto ao seu uso na formulação das dietas para aves, por conterem fatores antinutricionais, que prejudicam o desempenho, e conseqüentemente, resultam em baixa uniformidade e lucratividade ao final da produção. O uso de enzimas permite que tais ingredientes sejam utilizados de maneira tão eficiente quanto o são o milho e a soja. As xilanases atuam proporcionando maiores valores de EMA, resultando em maior ganho de peso e melhora na conversão alimentar tanto para o trigo (Hew et al., 1998; Wu & Ravindran, 2004; Tufarelli et al., 2007), quanto para o triticale (Pourreza, 2007).

Semelhantemente, o uso da fitase representa uma economia em potencial, uma vez que ao disponibilizar o fósforo fítico encontrado nos alimentos, torna desnecessária a suplementação com fósforo inorgânico, reduzindo assim, o custo de formulação da ração.

Avaliando a influência de enzimas sobre o desempenho de frangos de corte, Torres et al (2003) verificaram que os níveis mais baixos de proteína e de energia, suplementados com enzimas,

proporcionaram aos frangos um desempenho similar àqueles alimentados com dietas com níveis normais de proteína e energia, demonstrando que a inclusão de enzimas nas dietas possibilita uma redução dos níveis nutricionais sem afetar o desempenho de frangos de corte, reduzindo, conseqüentemente, os custos.

Considerações Finais

As enzimas exógenas se apontam como ferramenta amplamente útil na redução dos níveis de nutrientes como o fósforo e o nitrogênio das excretas das aves, possibilitando uma redução da inclusão desses na dieta, reduzindo dessa maneira o custo com as rações. Uma característica interessante é a possibilidade de utilização de alimentos alternativos que possuam ácido fítico em sua composição, por exemplo, sendo ainda mais uma redução e alternativa aos produtores na escolha dos alimentos a serem utilizados na fabricação das rações.

A utilização de enzimas proporciona benefícios adicionais à produção de aves de corte ou poedeiras, pois melhora a qualidade do ambiente de produção, contribuindo para uma conservação dos recursos naturais, não degradando tanto o meio ambiente.

REFERÊNCIAS

- Al-Harhi M.A. 2006. Impact of supplemental feed enzymes, condiments mixture or their combination on broiler performance, nutrients digestibility and plasma constituents. *Int. J. Poultry Sci.* 5(8):764-771.
- Arija I., Centeno C., Viveros A. et al. 2006 Nutritional Evaluation of Raw and Extruded Kidney Bean (*Phaseolus vulgaris* L. Pinto) in Chickens Diets. *Poultry Sci.* 85:635-644.
- Bedford M.R. 2001. Enzymes, antibiotics and intestinal microflora. *Feed Mix* 9:2.
- Bedford M.R. 1996a. The effect of enzymes on digestion. *J. Appl. Poultry Res.* 5:370-378.
- Bedford M.R. 1996b. Interaction between ingested feed and the digestive system in poultry. *J. Appl. Poultry Res.* 5:86-95.
- Brito C.O., Albino L.F.T., Rostagno H.S. et al. 2006. Adição de complexo multienzimático em dietas à base de soja extrusada e desempenho de corte. *R. Bras. Zootec.* 35(2):457-461.
- Buchanan N.P., Kimbler L.B., Parsons A.S. et al. 2007. The effects of nonstarch polysaccharide enzyme addition and dietary energy restriction on performance and carcass quality of organic broiler chickens. *J. Appl. Poultry Res.* 16:1-12.
- Campestrini E., Silva V.T.M. & Appelt M.D. 2005. Utilização de enzimas na alimentação animal. *Rev. Eletrônica Nutritime* 2(6):254-267.
- Choct M. 1997. Feed Non-Starch Polysaccharides: Chemical Structures and Nutritional Significance. *Feed Milling Int.* 13-26.

- Choct M. 2001. Enzyme supplementation of poultry diets based on viscous cereals. In: Bedford, M.R. & Partridge, G.G. (ed.) Enzymes in farm animal nutrition. Oxford, CAB Publishing.
- Choct M., Hughes R.J., Wang J. et al. 1996. Increased small intestinal fermentation is partly responsible for the anti-nutritive activity of non-starch polysaccharides in chickens. *Brit. Poultry Sci.* 37(3):609-621.
- Choct M., Kocher A., Waters D.L.E., et al. 2004. A comparison of three xylanases on the nutritive value of two wheats for broiler chickens. *British Journal of Nutrition*, v.92, p.53-61.
- Conte, A.J., et al., 2003. Efeito da fitase e xilanase sobre o desempenho e as características ósseas de frangos de corte alimentados com dietas contendo farelo de arroz. *R. Bras. Zootec.* 32(5):1147-1156.
- Dari R.L. 2004. Utilização de fitase na alimentação de aves. Anais da Conferência APINCO Ciência e Tecnologia Avícolas, Santos, SP, p.127.
- Fialho E.T. 2003. Alimentos alternativos para suínos. Anais do Simpósio Brasileiro de Nutrição Animal. Itapetinga, SP, p.35-98.
- Garcia M.I., Aranibar M.J., Lázaro R., Medel P. & Mateos G.G. 2003. α -Amilase supplementation of broiler diets based on corn. *Poultry Sci.* 82:436-442.
- Guenter W. 1997. Practical experience with the use of enzymes. In: Marquardt R.R. & Han Z. (ed.) Enzymes in Poultry and Swine Nutrition. IDRC.
- Han, Z. 1997. Effect of enzyme supplementation of diets on the physiological function and performance of poultry. In: Marquardt R.R. & Han Z. (ed.) Enzymes in Poultry and Swine Nutrition. IDRC.
- Hew L.L., Ravindran V., Mollah Y. & Bryden W.L. 1998. Influence of exogenous xylanase supplementation on apparent metabolizable energy and amino acid digestibility in wheat for broiler chickens. *An. Feed Sci. Tech.* 75:83-92.
- Hinton A., Bume M.E. & Deloach J.R. 1993. Role of metabolic intermediates in the inhibition of *Salmonella typhimurium* and *Salmonella enteritidis* by *Veillonella*. *J. Food Protec.* 56:932-937.
- Kocher A., Choct M., Ross G. et al. 2003. Effects of enzyme combinations on apparent metabolizable energy of corn-soybean meal-based diets in broilers. *J. Appl. Poultry Res.* 12:275-283.
- Macari M., Furlan R. & Gonzales E. 1994. Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte. Jaboticabal: FUNEP. 296p
- Marquardt R.R. 1997. Enzyme enhancement of the nutritional value of cereals: role of viscous, water-soluble, nonstarch polysaccharides in chick performance. In: Marquardt R.R. & Han Z. (ed.) Enzymes in Poultry and Swine Nutrition. IDRC.
- Marquardt R.R. & Bedford M.R. 2001. Future horizons, p.389-398. In: Bedford M.R. & Partridge G.G. (ed.) Enzymes in farm animal nutrition. Oxford, CAB Publishing.
- Marsman G., Gruppen H., Van Der Poela A., et al. 1997. The effect of thermal processing and enzyme treatments of soybean meal on growth performance, ileal nutrient digestibilities, and chyme characteristics in broiler chicks. *Poultry Sci.* 76:864-872.
- McCleary B.V. 2001. Analysis of Feed Enzymes. In: Bedford, M.R. & Partridge, G.G. (ed.) Enzymes in farm animal nutrition. Oxford, CAB Publishing.
- Nagaraj M., Hess J.B. & Bilgili S.F. 2007. Evaluation of a feed-grade enzyme in broiler diets to reduce pododermatitis. *J. Appl. Poultry Res.* 16:52-61.
- Nery V.L.H., Lima J.A.F., Melo R.C.A. & Fialho E.T. 2000. Adição de enzimas exógenas para leitões dos 10 aos 30 kg de peso. *R. Bras. Zootec.* 29:3.
- Nunes E.S.S., Cavero B.A.S., Pereira-Filho M. & Roubach R. 2006. Enzimas digestivas exógenas na alimentação de juvenis de tambaqui. *Pesq. Agropec. Bras.* 41(1):139-143.
- Nunes R.V., Buteri C.B., Nunes C.G.V. et al. 2001. Fatores Antinutricionais dos Ingredientes Destinados à Alimentação Animal. In: Anais do Simpósio sobre Ingredientes na Alimentação Animal. Campinas, CBNA, p.235-272.
- Odetallah N.H., Wang J.J., Garlich J.D. & Shih J.C. 2003. Keratinase in starter diets improves growth of broiler chicks. *Poultry. Sci.* 82:664-670.
- Onderci M., Sahin N., Sahin K., Cikim G., Aydin A., Ozercan I. & Aydin S. 2006. Efficacy of supplementation of alfa-amilase-producing bacterial culture on the performance, nutrient use, and gut morphology of broiler chickens fed a corn-based diet. *Poultry Sci.* 85:505-510.
- Opalinski M. 2006. Utilização de enzima e soja integral em rações para frangos formuladas com ingredientes alternativos com base em aminoácidos digestíveis e totais. Dissertação de mestrado, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Persia M.E., Dehority B.A. & Lilburn M.S. 2002. The effects of enzyme supplementation of corn- and wheat-based diets on nutrient digestion and cecal microbial populations in turkeys. *J. Appl. Poultry Res.* 11:134-145.
- Plumstead P.W., Sanchez H.R., Maguire R.O., Gernat A.G. & Brake J. 2007. Effects of phosphorus level and phytase in broiler breeder rearing and laying diets on live performance and phosphorus excretion. *Poultry Sci.* 86:225-231.
- Pourreza J., Samie A.H. & Rowghani E. 2007. Effect of supplemental enzyme on nutrient digestibility and performance of broiler chicks fed on diets containing triticale. *Int. J. Poultry Sci.* 6(2):115-117.
- Roland D.A. et al. 2006. Comparison of Nathuphos and Phyzyme as Phytase Sources for Commercial Layers Fed Corn-Soy Diet. *Poultry Science Assoc.*
- Rutherford S.M., Chung T.K. & Moughan P.J. 2002. The effect of microbial phytase on ileal phosphorus and amino acid digestibility in the broiler chicken. *Brit. Poultry Sci.* 44:598-606.
- Sakomura N.K., Bianchi M.D., Pizauro Jr. J.M., Café M.B. & Freitas E.R. 2004. Efeito da idade de frangos de corte sobre a atividade enzimática e digestibilidade dos nutrientes do farelo de soja e da soja integral. *R. Bras. Zootec.* 33(4):924-935.
- Santos Jr. A.A., Ferket P.R., Grimes J.L. et al. 2004. Dietary pentosanase supplementation of diets containing different qualities of wheat on growth performance and metabolizable energy of turkey poults. *Int. J. Poultry Sci.* 3(1):33-45.
- Scheideler S.E., Beck M.M., Abudabos A. & Wyatt C.L. 2005. Multiple-enzyme supplementation of corn-soy-based layers diets. *J. Appl. Poult. Res.* 14:77-86.
- Schoulten N.A., Teixeira A.S., Rodrigues P.B. et al. 2003. Desempenho de frangos de corte alimentados com ração contendo farelo de arroz e enzimas. *Ciênc. Agropec.* 27(6):1380-1387.
- Selle P.H. & Ravindran V. 2007. Microbial phytase in poultry nutrition: Review. *An. Feed Sci. Technol.*
- Selle P.H., Ravindran V., Caldwell R.A. & Bryden W.L. 2000. Phytate and phytase: consequences for protein utilization. *Nutr. Res. Rev.* 13, 255-278.

- Slominski B.A., Meng X., Campbell L.D., Guenter W. & Jonest O. 2006. The use of enzyme technology for improved energy utilization from full-fat oilseeds. Part II: Flaxseed. *Poultry Sci.* 85:1031-1037.
- Strada E.S.O., Abreu R.D., Oliveira G.J.C. et al. 2005. Uso de enzimas na alimentação de frangos de corte. *Rev. Bras. Zootec.* 34(6):2369-2375.
- Torres D.M., Teixeira A.S., Rodrigues P.B. et al. 2003. Eficiência das enzimas amilase, protease e xilanase sobre o desempenho de frangos de corte. *Ciênc. Agrotec.* 27(6):1404-1408.
- Tufarelli V., Dario M. & Laudadio V. 2007. Effect of xylanase supplementation and particle-size on performance of guinea fowl broilers fed wheat-based diets. *Int. J. Poultry Sci.* 6(4):302-307.
- Vieira S.L. 2003. Oportunidade para o uso de enzimas em dietas vegetarianas. *Anais do IV Simpósio Brasil Sul de Avicultura, Chapecó*, p.91-95.
- Wang J.J., Garlich J.D. & Shih J.C.H. 2006. Beneficial effects of versazyme, a keratinase feed additive, on body weight, feed conversion, and breast yield of broilers chickens. *J. Appl. Poult. Res.* 15:544-550.
- Williams P.E.V. 1995. Animal production on feed enzyme to commercial wheat and barley based poultry feeds. *Proceedings of the California Nutrition Conference, Davis, University of California*, p. 203-211.
- Wu Y.B. & Ravindran V. 2004. Influence of whole wheat inclusion and xylanase supplementation on the performance, digestive tract measurements and carcass characteristics of broiler chickens. *An. Feed Sci. Tech.* 116:129-139.
- Yi Z., Konergay E.T., Ravindran V. & Denbow D.M. 1996. Improving phytase phosphorus availability in corn and soybean meal for broilers using microbial phytase and calculating of phosphorus equivalency values for phytase. *Poultry Sci.* 75:240-249.
- Yu B.I. & Chung T.K. 2004. Effects of multiple-enzyme mixtures on growth performance of broilers fed corn-soybean meal diets. *J. Appl. Poultry Res.* 13:178-182.
- Zanella I., Sakomura N.K., Silversides F.G. et al. 1999. Effect of supplementation of broiler diets based on corn and soybeans. *Poultry Sci.* 78:561-568.
- Zhou G.H. & Han Z.H. 1994. Effects of dietary supplementation with -adrenergic against clenbuterol on carcass characteristics and some metabolism in ducks. *Brit. Poultry Sci.* 35:355-361.