



PUBVET, Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia.

Fitase na alimentação de frangos de corte

Wilian Henrique Diniz Buso¹, Helber Souto Morgado¹, Alan Soares Machado¹

¹Aluno de doutorado da Escola de Veterinária da Universidade Federal de Goiás (EV/UFG) (wilian.buso@ifgoiano.edu.br, helber@globo.com)

Resumo

A avicultura de corte brasileira tem se destacado em nível mundial devido à sua produtividade e qualidade. Entretanto, o alto custo com a alimentação tem direcionado esforços na busca por alimentos que tornem as dietas mais eficientes e econômicas. Esta revisão aborda aspectos gerais da enzima fitase, com ênfase na produção e na sua aplicação em rações para frangos de corte. Nesse aspecto, observou-se que a fitase pode ser produzida por fermentação em meio líquido, em substrato sólido ou ainda em plantas. O uso de fitase também melhora o desempenho das aves e a digestibilidade de nutrientes, contribuindo para a diminuição da poluição ambiental, uma vez que reduz a quantidade de nutrientes nas excretas. Portanto, o uso de fitase é importante para o desenvolvimento sustentável da avicultura de corte.

Phytase in broilers feed

Abstract

The Brazilian poultry industry has distinguished itself worldwide because of its productivity and quality. However, the high cost of food has directed efforts in the search for foods that make the most efficient and economical diets. This review covers general aspects of the phytase enzyme, with emphasis on production and its application in diets for broilers. In this respect, it was observed that phytase can be produced under submerged and solid-state fermentation or in plants. The use of phytase also improves bird performance and digestibility of nutrients, contributing to the reduction of environmental pollution, since it reduces the amount of nutrients in excreta. Therefore, the use of phytase is important for the sustainable development of poultry production.

INTRODUÇÃO

A alimentação constitui o item de maior custo na produção de frango de corte. Nesse aspecto, têm-se buscado alternativas para formular rações mais eficientes e econômicas. Além disso, também tem aumentado a preocupação com a segurança e qualidade do produto oferecido aos consumidores e a proteção ao meio ambiente (COTTA et al., 2002; LIGEIRO et al., 2009).

Nesse contexto, GHAZALAH et al. (2005) afirmaram que a suplementação de rações com enzimas melhora o desempenho animal e permite a redução de energia na formulação das rações para animais.

De acordo com CHOCT (2006), a utilização de enzimas pode ser uma alternativa ao uso de antibióticos, promovendo efeitos benéficos no desempenho e saúde dos animais. Para LELIS et al. (2009), o emprego de enzimas nas rações das aves melhora a digestibilidade e a disponibilidade de alguns nutrientes, principalmente fósforo, nitrogênio, cálcio, cobre e zinco,

diminuindo as suas presenças nas fezes. Além disso, reduz os efeitos de fatores antinutricionais presentes em certos ingredientes utilizados na fabricação de rações (LIMA et al., 2002).

Dentre os minerais exigidos pelas aves, o fósforo (P) e o cálcio (Ca) são considerados os mais importantes, por serem necessários não apenas para ótima taxa de crescimento, mas também para a mineralização óssea. O P participa dos processos metabólicos e da absorção de nutrientes, além de ser o mineral que mais onera o custo das rações. Ainda, a alimentação de frangos de corte baseia-se em alimentos de origem vegetal, nos quais aproximadamente 66% do P estão na forma de fitato (ROSTAGNO et al., 2005).

Segundo SOHAIL & ROLAND (1999), o fitato é um grande fator antinutricional para monogástricos, apresentando em sua estrutura grupos ortofosfatos altamente ionizáveis, que afetam a disponibilidade de cátions como o cálcio, zinco, cobre, magnésio e ferro no trato gastrointestinal, resultando na formação de complexos insolúveis. Além disso, os grupos ortofosfatos podem unir-se às enzimas digestivas e proteínas da dieta, diminuindo a digestibilidade de carboidratos e aminoácidos (SEBASTIAN et al., 1996).

O fato de que a produção de fitase endógena em aves é praticamente nula e o P complexado na forma de fitato torna-o indisponível originou estudos para utilização da enzima fitase exógena em rações para aves. Ainda, segundo HANNAS & PUPA (2003), o uso dessa fosfatase torna as dietas mais baratas. Assim, esta revisão aborda aspectos gerais da enzima fitase, com ênfase na produção e na sua aplicação em rações para frangos de corte

REVISÃO DE LITERATURA

Ácido fítico

O ácido fítico apresenta fórmula molecular $C_6H_{12}O_{24}P_6$ e massa molecular de 659,86 Daltons (Figura 1). É denominado de mio-inositol 1,2,3,4,5,6 hexakis ou mio-inositol hexafosfato (VOHARA & SATYANARAYNA,

2003; LELIS et al.; 2009).

Três terminologias são utilizadas para designar esse composto, ácido fítico, fitato e fitina, sendo que o termo ácido fítico é utilizado para o ácido livre, fitato para o sal livre e fitina para o sal de potássio, cálcio e magnésio (SELLE & RAVINDRAN, 2007).

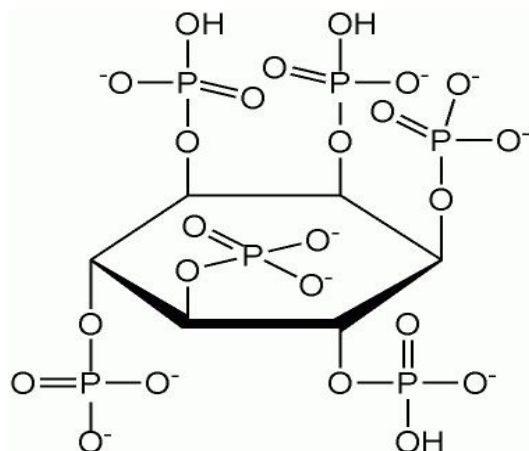


FIGURA 1 - Estrutura molecular do ácido fítico

Fonte: <http://www.food-info.net/uk/qa/qa-fp162.htm>

Segundo VATS & BANERJEE (2004), o ácido fítico está presente nos cereais e oleaginosas, com teor variando de 1 a 5% do peso das sementes. Também pode ser encontrado em raízes, tubérculos, pólen, esporos e solos orgânicos (REDDY, 2002).

Esse ácido possui propriedade quelante formando complexos (Figura 2) com cátions bivalentes como cálcio, cobre, magnésio, ferro e zinco, além de se complexar com proteína, aminoácidos e amido (LIU et al., 2005; SELLE & RAVINDRAN, 2007). Esse potencial caracteriza sua propriedade antinutricional, comprometendo a utilização de proteínas, aminoácidos, cátions, amido e enzimas, interferindo negativamente na digestibilidade da energia, da proteína e de alguns aminoácidos (SELLE & RAVINDRAN, 2007).

Nos vegetais, a hidrólise do fitato ocorre normalmente pela atuação

da enzima fitase por eles produzida. No entanto, os animais não ruminantes não produzem a fitase e a hidrólise do fitato pode ser afetada pela estabilidade, atividade e quantidade de enzima exógena adicionada, nível de nutrientes da ração, concentração de ácido fítico no ingrediente utilizado, concentração de minerais, pH, temperatura, dentre outros (SANTOS, 2005; SELLE & RAVINDRAN, 2007).

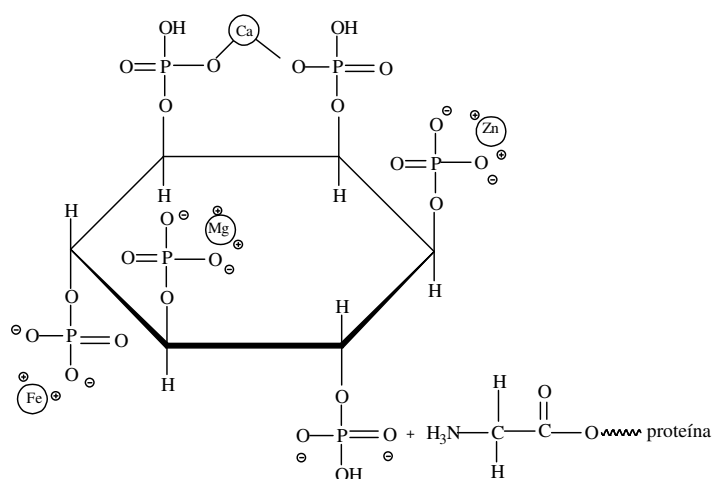


FIGURA 2 - Molécula de fitato complexado com cátions e proteína

Fonte: <http://en.engormix.com/MA-pig-industry/nutrition/articles/efficacy-use-application-microbial-t182/p0.htm> - adaptado

Fitase

A enzima fitase é uma fosfatase, produzida por microrganismos ou plantas, que hidrolisa (Figura 3) o ácido fítico e seus sais (fitato), formando geralmente inositol, inositol monofosfato e fósforo inorgânico juntamente com o nutriente preso a sua estrutura (CASEY & WALSH, 2004). A atividade dessa enzima é expressa em FTU ou UI (unidade de atividade de fitase - quantidade de enzima necessária para liberar um micromol de fósforo inorgânico por minuto de reação a partir de fitato de sódio, nas condições de temperatura e pH do ensaio).

O uso de fitase nas dietas pode aumentar a hidrólise do fitato e de outros minerais (CONTE, 2000; VIVEROS et al., 2002; BRENES, 2003) e, conseqüentemente, melhorar a eficiência de utilização de proteínas e aminoácidos e da energia pelas aves (SELLE & RAVINDRAN, 2007). Essa enzima, ainda, é usada com o intuito de tornar as dietas mais baratas, reduzindo, portanto, os custos da produção avícola (HANNAS & PUPA, 2003).

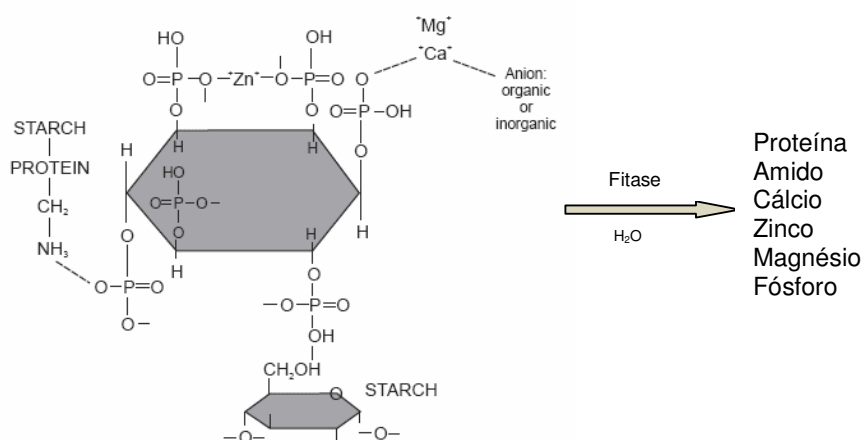


FIGURA 3 - Hidrólise da molécula de fitato

Fonte: <http://en.engormix.com/MA-pig-industry/nutrition/articles/efficacy-use-application-microbial-t182/p0.htm> - Adaptado

Segundo VATS & BANERJEE (2004), a União Internacional de Bioquímica e Biologia Molecular (IUBMB) lista dois tipos de fitases:

a) EC 3.1.3.8

- ✓ Nome recomendado: 3-fitase
- ✓ Nome sistemático: mio-inositol hexaquis fosfato-3-fosfohidrolase
- ✓ Ação: hidrolisa a ligação éster na terceira posição de mio-inositolhexaquis fosfato em d-mio-inositol-1,2,4,5,6-pentaquisfosfato e ortofosfato

b) EC 3.1.3.26

- ✓ Nome recomendado: 6-fitase

- ✓ Nome sistemático: mio-inositol hexaquis fosfato-6-fosfohidrolase
- ✓ Ação: hidrolisa a ligação éster na sexta posição de mio-inositolhexaquis fosfato em d-mio-inositol-1,2,3,4,5-pentaquisfosfato e ortofosfato

KONIETZNY & GREINER (2002) relatam que a 3-fitase (EC 3.1.3.8) é produzida por fungos e bactérias e a 6-fitase (EC 3.1.3.26) por vegetais, sendo que a 3-fitase é utilizada em maior escala nas rações animais (FIREMAN & FIREMAN, 1998).

As fitases presentes nos vegetais não são consideradas na formulação das dietas para aves porque estão presentes em pequenas quantidades e apresentam grande variação nas suas concentrações, até mesmo dentro de uma mesma espécie vegetal (BARRIER-GUILLOT et al., 1996). O trigo e o arroz são ricos em atividade de fitase. No entanto, o milho e a soja, matérias-primas básicas da ração de aves, contêm pouca ou nenhuma atividade da enzima (SELLE et al., 2000).

Apesar de as fontes de fitase animais e vegetais representarem avanços científicos importantes, sua aplicação prática é limitada. Em compensação, fontes microbianas apresentam características que permitem alto rendimento e ampliação em escala, tornando-se amplamente utilizadas na indústria de rações animais para produção da enzima (KIM, et al., 2006).

As fitases microbianas são produzidas por várias espécies de bactérias e fungos, geneticamente modificados ou não. Os principais microorganismos relatados como produtores de fitases são mostrados na Tabela 1.

Segundo PANDEY et al. (2001), as fontes mais promissoras de fitase são as provenientes das bactérias *Bacillus* sp., *Enterobacter* sp. e *Escherichia coli*, de leveduras como *Arxula adeninivorans* e *Hansenula polymorpha* e dos fungos filamentosos *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp. e *Talaromyces thermophilus*.

As fitases bacterianas apresentam maior estabilidade térmica (em especial fitases de *Bacillus* sp.) e maior estabilidade à ação proteolítica (em

especial fitase de *Escherichia coli*) em relação às fitases fúngicas (IGSABAN, 2000).

TABELA 1 - Microorganismos produtores de fitase

Bactéria	Fungo
<i>Aerobacter aerogenes</i>	<i>Aspergillus niger</i>
<i>Bacillus subtilis</i>	<i>Aspergillus ficuum</i>
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	<i>Aspergillus fumigatus</i>
<i>Enterobacter</i> sp.	<i>Aspergillus oryzae</i>
<i>Escherichia coli</i>	<i>Botrytis cinerea</i>
<i>Klebsiella</i> sp.	<i>Mucor racemosus</i>
<i>Klebsiella anogenes</i>	<i>Trichoderma reesei</i>
<i>Klebsiella terrigena</i>	<i>Arxula adeninivorans</i> ^a
<i>Lactobacillus amylovorus</i>	<i>Clavispora lusitanea</i> ^a
<i>Mitsuokella multiacidus</i>	<i>Hansenula polymorpha</i> ^a
<i>Pseudomonas</i> sp.	<i>Pichia anomala</i> ^a
<i>Selenomonas ruminantium</i>	<i>Rhodotorula gracilis</i> ^a
<i>Treponema</i> sp.	<i>Schwanniomyces</i> sp. ^a

^a Levedura

Fonte: Adaptado de VOHRA & SATYANARAYANA (2003); VATS & BANERJEE (2004); MARLIDA et al. (2010)

Produção de fitase

Produção por microorganismos

A produção de fitase é feita industrialmente com a utilização de culturas microbianas. A síntese de fitase efetuada pela membrana celular de microorganismos é comercialmente a forma mais promissora de produção dessa enzima. Os fungos filamentosos são os mais utilizados, principalmente os do gênero *Aspergillus* (FIREMAN & FIREMAN, 1998; PANDEY et al. 2001).

As fermentações submersas (FS) e em estado sólido (FES) têm sido empregadas para a produção de fitase. No entanto, aproximadamente 90% das enzimas produzidas industrialmente são provenientes de fermentação submersa (HÖLKER, 2004).

Fermentação submersa

As fermentações submersas (FS) representam a maioria dos processos biotecnológicos usados na produção de fitase. Nesses processos se empregam normalmente açúcares simples, amido e dextrinas como fonte de carbono (SONI & KHIRE, 2007; GUIMARÃES et al., 2006).

O uso de fungos pode causar problemas devido ao seu crescimento filamentoso (VATS & BANERJEE, 2004) que provoca aumento na viscosidade dos caldos durante a fermentação, afetando a mistura e, no caso das fermentações aeróbicas, podem ocorrer problemas com a limitação de oxigênio.

Uma das maiores vantagens dos processos de fermentação submersa é a facilidade de manuseio das vazões líquidas de alimentação e saída do fermentador. Além disso, permitem um maior nível de produção que normalmente está relacionado com os custos de produção. Porém, o maior inconveniente desses processos ocorre na manipulação de maiores níveis de líquido, tornando mais agressivo o processo com relação ao meio ambiente, pois, no mínimo, 96% do volume de carga inicial é descartado como efluente (FERNÁNDEZ, 2009).

Fermentação em estado sólido

É um processo microbiano que acontece normalmente na superfície de materiais sólidos que tem a propriedade de absorver ou conter água, com ou sem nutrientes solúveis. Esta definição compreende processos onde o suporte sólido é inerte e os substratos utilizados pelo microorganismo podem ser substâncias solúveis em água (VINIEGRA-GONZÁLEZ, 1997).

Nos últimos anos, os estudos das fermentações em estado sólido (FES) estão focados no desenvolvimento de meios de cultivo a partir de resíduos agroindustriais e o desenvolvimento e monitoramento desses processos fermentativos (PANDEY, 2001).

Segundo HÖLKER (2004), vários resíduos vegetais podem ser utilizados como substratos para a produção de enzimas. Nesse sentido, o

bagago de laranja e de maçã, restos do processamento de café, grãos e palha de milho, casca de cevada, farelo de trigo e de soja etc., podem servir como meio para o crescimento de microorganismos produtores de enzimas.

Produção por plantas

Muitos trabalhos foram realizados com o intuito de usar plantas como hospedeiros de expressão para fitases. Plantas transgênicas podem conter atividade de fitase suficiente para substituir a suplementação adicional da alimentação com fitases microbianas ou como biorreatores para a produção de fitases como suplemento.

Fitases fúngicas têm sido expressas com sucesso no trigo (BRINCH-PEDERSEN et al., 2000) e canola (PONSTEIN et al., 2002). Fitases recombinantes expressas em soja, canola e alfafa apresentaram propriedades semelhantes às produzidas por fungos (ZHANG et al., 2000; ULLAH et al., 2002).

Os genes de fitase de *Escherichia coli* e da bactéria *Selenomonas ruminantium* foram expressas em sementes de arroz germinadas, sem qualquer efeito adverso no desenvolvimento da planta (HONG et al., 2004). A expressão de fitase do *Bacillus subtilis* no citoplasma de tabaco ainda aumentou o número de flores e frutos (YIP et al., 2003).

Os vegetais, incluindo plantas transgênicas, poderão ser usados para a produção de fitases comerciais, seja para a alimentação ou como biorreator, dependendo dos custos de produção e da aceitação pública dessa tecnologia (HAEFNER, et al., 2005).

Desempenho de frangos de corte

Alterar a formulação das dietas para reduzir o custo da ração através da adição de enzimas digestivas tem sido uma das principais formas de utilização da fitase. Nesse caso, as dietas teriam os níveis nutricionais reduzidos e seriam suplementadas com fitase, buscando obter o mesmo desempenho de uma dieta normal, uma vez que a presença da enzima

melhora a disponibilidade dos ingredientes. Com base nesse raciocínio, se a suplementação enzimática for eficaz, os parâmetros produtivos seriam os mesmos (ZANELLA et al., 1999).

Embora com algumas exceções, a literatura demonstra efeito positivo sobre o desempenho das aves pela adição de fitase em níveis que variam de 250 U kg⁻¹ (LAN et al., 2002) a 1250 U kg⁻¹ da dieta (CONTE et al., 2000). A diferenciação nos níveis utilizados ocorre em função de inúmeros fatores, entre eles pode-se citar: a) as culturas de microrganismos utilizadas para a produção da enzima, sendo que níveis mais altos são utilizados em enzimas provenientes de culturas bacterianas em relação às fungicas; b) estabilidade e atividade da enzima sobre o fitato; c) nível e relação entre os nutrientes da dieta; e d) concentração de ácido fítico nos ingredientes da ração.

Os resultados de CONTE (2000) indicaram uma efetiva ação de níveis de fitase mais altos (800 a 1200 U kg⁻¹) sobre o desempenho de pintos de corte de 1 a 21 dias de idade. Esse autor observou que a suplementação de fitase em dietas com 0,18% de fósforo disponível (Pd) proporcionou desempenho semelhante ao das aves que consumiram a dieta com nível normal desse nutriente (0,45%). Por outro lado, LAN et al. (2002) suplementaram dietas deficientes em fósforo disponível (0,24% na fase inicial e 0,232% na fase de crescimento) com 0, 250, 500, 750 e 1000 U de fitase kg⁻¹ de dieta e observaram que no período total do experimento, a suplementação com 250 U de fitase kg⁻¹ da dieta foi o suficiente para aumentar o ganho de peso em 14,8%.

GUO et al. (2009) verificaram aumento de ganho de peso e consumo de ração e redução da conversão alimentar em frangos de corte que receberam dietas contendo 500 e 1000 U kg⁻¹ de fitase.

VAZ et al. (2009) verificaram aumento de peso de frangos de corte que receberam dietas contendo 1200 U kg⁻¹ de fitase. LÜ et al. (2009) também observaram melhora no desempenho de frangos alimentados com dietas a base de milho e trigo com redução dos níveis de fósforo disponível (Pd) e de cálcio (Ca), quando se adicionou fitase (Tabela 2).

TABELA 2 - Efeito da aplicação de fitase no ganho de peso (g/d), consumo de ração (g/d) e conversão alimentar (g/g) de frangos de corte

Parâmetro	Dieta		
	Convencional	Com redução do nível de Pd	Com redução de Pd + Fitase*
	1 - 21**		
Ganho de peso	31,1 a	28,9 b	31,1 a
Consumo de ração	52,0 a	49,6 b	51,7 a
Conversão alimentar	1,68 a	1,72 a	1,66 a
22 - 35			
Ganho de peso	64,2 a	60,6 b	65,2 a
Consumo de ração	132,8 ab	130,7 bc	135,2 a
Conversão alimentar	2,07 a	2,16 b	2,08 a
1 - 35			
Ganho de peso	44,3 a	41,6 b	44,7 a
Consumo de ração	84,3 a	82,0 b	85,1 a
Conversão alimentar	1,90 a	1,97 b	1,90 a

Médias seguidas pela mesma letra, na linha, não diferem entre si (P < 5%).

*Dieta com adição de 500 U kg⁻¹ de fitase.

**Dias de vida.

Fonte: LÜ et al. (2009) - Adaptado

Digestibilidade de nutrientes

Diversos pesquisadores relataram em seus estudos o efeito da fitase sobre o aumento da disponibilidade do fósforo fítico de ingredientes vegetais

para aves (CONTE et al., 2000, VIVEROS et al., 2002, LAN et al., 2002). Entretanto, no que diz respeito à atividade da fitase sobre a disponibilidade de outros minerais são encontrados dados contraditórios, indicando a necessidade de mais investigações sobre o assunto.

De acordo com SEBASTIAN et al. (1998), a atuação da fitase sobre a disponibilidade do P e de outros minerais está ligada a alguns fatores como espécie, tipo e idade do animal, nível de cálcio e fósforo inorgânico na ração, vitamina D3, ingredientes da ração e processamento dos alimentos.

A suplementação com fitase também apresenta efeito sobre a digestibilidade de proteínas e aminoácidos (SEBASTIAN et al., 1997) e a utilização de energia das rações (RAVINDRAN, et al., 2001).

RAVINDRAN et al. (2001) trabalharam com frangos de corte aos 28 dias de idade alimentados com dietas a base de trigo, farelo de soja e sorgo, deficientes em lisina e verificaram efeito linear positivo dos níveis de fitase (250 a 1000 U kg⁻¹ da dieta) sobre a digestibilidade do nitrogênio e de todos os aminoácidos.

LAN et al. (2002) verificaram que a adição de 250 U de fitase kg⁻¹ em uma dieta deficiente em P disponível foi o suficiente para melhorar a digestibilidade da proteína bruta em 8,9% em relação à digestibilidade observada nas aves que consumiram dieta com nível normal de P (0,354%).

VAZ et al. (2009) observaram redução (33,36 vs. 31,83%) de proteína bruta excretada em frangos de corte que receberam dietas suplementadas com 1200 U kg⁻¹ de fitase.

OLIVEIRA et al. (2008) observaram melhora do coeficiente de digestibilidade ileal da proteína bruta, do cálcio e do fósforo em frangos de corte (Tabela 3), quando se adicionou fitase às dietas na proporção de 100g t⁻¹ e com níveis reduzidos de fósforo não-fítico.

TABELA 3 - Retenção e coeficientes de digestibilidade ileal (CDI) do cálcio (RCa) e do fósforo (RP) de dietas suplementadas com fitase e com níveis reduzidos de fósforo não fítico (FNF)

Parâmetro	Fitase	FNF (% das exigências)			Média	CV (%)
		100	85	70		
R Ca(%)	0	56,85	58,55	52,41	55,94 b	
	25	63,85	63,75	60,54	62,72 a	
	Média	60,35	61,15	56,47		7,26
CDICa (%)	0	37,51	46,01	41,98	41,84 b	
	25	53,22	53,01	62,87	56,39 a	
	Média	45,37	49,51	52,43		15,34
R P (%)	0	62,97	66,45	68,53	65,98	
	25	67,37	68,90	67,52	67,93	
	Média	65,17	67,67	68,03		5,26
CDIP (%)	0	55,43	58,09	55,53	56,35 b	
	25	63,37	63,24	63,19	63,27 a	
	Média	59,41	60,66	59,36		8,73

CV = coeficiente de variação

Médias seguidas da mesma letra nas colunas diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Fonte: OLIVEIRA et al. (2008).

LAN et al. (2002), ao avaliarem os valores de energia metabolizável de rações à base de milho e farelo de soja, observaram que a adição da fitase microbiana nos níveis de 250 e 500 U kg⁻¹ em rações com baixo nível de fósforo proporcionou valores de energia metabolizável aparente (EMA) superiores aos encontrados em uma ração com nível normal de fósforo e sem suplementação enzimática.

Fitase e meio ambiente

O fósforo excretado por animais é proveniente de três vias:

- 1) o da dieta que estava na forma inorgânica e não foi absorvido;
- 2) o endógeno proveniente do metabolismo e lise celular;
- 3) o fósforo do ácido fítico que não foi disponibilizado no trato gastrointestinal.

O fósforo fítico representa 2/3 do fósforo total nos ingredientes vegetais e, juntamente com o excesso de fósforo inorgânico adicionado às rações, é eliminado nas fezes (FUKAYAMA et al., 2008). O P excretado pode contaminar o ambiente, principalmente os cursos d'água e lençóis freáticos (ARAÚJO et al., 2007; LELIS, et al., 2009).

O uso de fitase nas dietas foi o primeiro passo para reduzir os níveis de fósforo na excreta. A redução na excreção de fósforo com a adição de fitase às dietas é de aproximadamente 30% (YAN et al.; 2004; SELLE & RAVINDRAM, 2007). Além do fósforo, a aplicação de fitase nas dietas para monogástricos melhora a eficiência de utilização de proteínas, aminoácidos, amido e energia (SEBASTIAN et al., 1998; RAVINDRAN et al., 1999; RAVINDRAN et al., 2001).

SILVA et. al. (2006) observaram, com exceção do nitrogênio, redução nos teores de minerais na cama quando frangos de corte foram alimentados com a ração contendo 17% de proteína bruta (PB) e 0,34% de fósforo disponível (Pd). Para esses autores, essas reduções na fase inicial não prejudicam o desempenho das aves, desde que as rações sejam suplementadas com aminoácidos e fitase. Também observaram redução no impacto ambiental, como consequência da redução nos teores de fósforo, cálcio, cobre e zinco na cama.

LAURENTIZ et al. (2007) verificaram redução nos teores de proteína bruta, concentração de fósforo e microminerais na cama de frangos de corte aos 42 dias de idade, quando se adicionou fitase na dosagem de 500 FTU kg⁻¹ de ração (Tabela 4). Estes resultados confirmam a eficiência da enzima em melhorar o aproveitamento nutricional e reduzir a excreção dos nutrientes não aproveitados.

TABELA 4 - Teores de proteína bruta (PB), concentração de fósforo (P) e microminerais na cama de frangos de corte

Níveis de fósforo disponível I* – C – F	Teores na cama				
	PB (%)	P (%)	Zn (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)
Trat 1: 0,45 – 0,41 – 0,38	12,8 a	0,53 a	164 a	193 a	113 a
Trat 2: 0,45 – 0,41 – 0,14**	12,6 a	0,47 a	154 ab	191 a	109 a
Trat 3: 0,45 – 0,17 – 0,14**	12,6 a	0,30 b	137 bc	173 ab	65 d
Trat 4: 0,21 – 0,17 – 0,14**	10,3 b	0,24 b	131 c	156 b	44 c
Efeito dos tratamentos	****	****	****	***	***
CV (%)	4,61	8,08	4,89	6,4	6,19

* Fases de vida: inicial (I), crescimento (C) e final (F)

** Adição de fitase na dosagem de 500 FTU kg⁻¹ de ração

Médias com letras diferentes na mesma coluna diferem entre si (p<0,05) pelo teste de Tukey - (****) = significativo 0,01; (***) = significativo 0,05

Fonte: LAURENTIZ et al. (2007) – adaptado

CONSIDERAÇÕES FINAIS

- As fitases mais utilizadas na avicultura são produzidas industrialmente com a utilização de culturas bacterianas ou fúngicas, geneticamente modificados ou não. Entretanto, animais e vegetais, incluindo plantas transgênicas, poderão ser usados para a produção de fitases comerciais, dependendo, principalmente, da aceitação dessa tecnologia.
- As pesquisas comprovam que o uso de fitase melhora o desempenho das aves e reduz a excreção de nutrientes contidos nas dietas, não comprometendo o desempenho das aves e o ambiente.

- Além disso, as fontes suplementares de fósforo não-fítico, principalmente os fosfatos inorgânicos, têm preços elevados, tornando as fitases economicamente atraentes.
- No uso de fitase deve ser acompanhado do bom conhecimento da composição dos ingredientes e do balanço de nutrientes da dieta. Além disso, a atividade dessa enzima pode ser influenciada por fatores como: idade do animal, pH do trato gastrointestinal (TGI), tempo de passagem da digesta pelo TGI, grau de hidratação e temperatura do corpo do animal e dose de fitase aplicada.
- Enfim, a produção de carne de frango requer a adoção de tecnologias que viabilizem o aproveitamento de matérias-primas, além de melhorar o desempenho das aves, sem causar danos ao ambiente. Assim, o uso de fitase é importante para o desenvolvimento sustentável da avicultura de corte.

REFERÊNCIA

ARAÚJO, J.A.; SILVA, J.H.V.; AMÂNCIO, A.L.L.; LIMA, M.R.; LIMA, C.B. Uso de aditivos na alimentação de aves. **Acta Veterinária Brasília**, v.1, n.3, p.69-77, 2007.

BARRIER-GUILLOT, B.; CASADO, P.; MAUPETIT, T.; JONDREVILLE, C.; GATEL, F.; LARBIER, M. Wheat phosphorus availability. 1. In vitro study in broiler and pigs: relationship with endogenous phytase activity and phytic phosphorus content in wheat. **Journal Science Food and Agriculture**, v.70, n.1, p.62-68, 1996.

BRENES, A.; VIVEROS, A.; ARIJA, I.; CENTENO, C.; PIZARRO, M.; CARMEN, B. The effect of citric acid and microbial phytase on mineral utilization in broiler chicks. **Animal Feed Science Technology**, v.110, p.210-219, 2003.

BRINCH-PEDERSEN, H.; OLESEN, A.; RASMUSSEN, S.K.; HOLM, P.B. Generation of transgenic wheat (*Triticum aestivum* L.) for constitutive accumulation of an *Aspergillus* phytase. **Molecular Breeding**, v.6, n.2, p.195-206, 2000.

CASEY, A.; WALSH, G. Identification and characterization of a phytase of potential commercial interest. **Journal of Biotechnology**, v.110, p.313-322, 2004.

CHOCT, M. Enzymes for the feed industry: past, present and future. **World's Poultry Science Journal**, v.62, p.5-15, 2006.

BUSO, W.H.D.; MORGADO, H.S. e MACHADO, A.S. Fitase na alimentação de frangos de corte. **PUBVET**, Londrina, V. 5, N. 36, Ed. 183, Art. 1232, 2011.

CONTE, A.J.; TEIXEIRA, A.S.; FIGUEIREDO, A.V.; VITTI, D.M.S.S.; FILHO, J.C.S. Efeito da fitase na biodisponibilidade de fósforo do farelo de arroz em frangos de corte. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.4, p.547-552, 2002.

CONTE, A.J. **Valor nutritivo do farelo de arroz integral em rações para frangos de corte, suplementadas com fitase e xilanase**. 2000, 164f. (Tese de Doutorado em Zootecnia) - Universidade Feral de Lavras, Lavras, 2000.

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

FERNÁNDEZ, D.E.R. **Desenvolvimento de um bioprocesso por fermentação em estado sólido para produzir e recuperar enzimas de interesse comercial**. 2009. 126p. Tese (Doutorado em Processos Biotecnológicos) - Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

FIREMAN, A.K.B.A.T.; FIREMAN, F.A.T. Fitase na alimentação de poedeiras. **Ciência Rural**, v.28, n.3, p.529-534, 1998.

FUKAYAMA, E.H.; SAKOMURA, N.K.; DOURADO, L.R.B.; NEME, R.; FERNANDES, J.B.K.; MARCATO, S.M. Efeito da suplementação de fitase sobre o desempenho e a digestibilidade dos nutrientes em frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.37, n.4, p.629-635, 2008.

GHAZALAH, A.A.; ABD EL-GAWAD, A.H.; SOLIMAN, M.S.; AMANY, W.Y. Effect of enzyme preparation on performance of broilers fed corn soybean meal based diets. **Egyptian Poultry Science**, v.25, p.295-316, 2005.

GUIMARÃES, L.H.S.; PEIXOTO-NOGUEIRA, S.C.; MICHELIN, M.; RIZZATTI, A.C.S.; SANDRIM, V.C.; ZANOELO, F.F.; AQUINO, M.M.; JUNIOR, A.B.E.; POLIZELI, M.L. Screening of filamentous fungi for production of enzymes of biotechnological interest. **Brazilian Journal of Microbiology**, v.37, p.474-480, 2006.

GUO, Y.; SHI, Y.; LI, F.; CHEN, J.; ZHEN, C.; HAO, Z. Effects of sodium gluconate and phytase on performance and bone characteristics in broiler chickens. **Animal Feed Science and Technology**, v.150, p.270-282, 2009.

HANNAS, M.I.; PUPA, J.M.R. Enzimas: uma alternativa viável para enfrentar a crise na suinocultura. **Revista Pork World**, v.42, n.13, p.48-51, 2003.

HAEFNER, S.; KNIETSCH, A.; SCHOLTEN, E.; BRAUN, J.; LOHSCHIEDT, M.; ZELDER, O. Biotechnological production and applications of phytases. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v.68, n.5, p. 588-597, 2005.

HÖLKER, U.; HÖFER, M.; LENZ, J. Biotechnological advantages of laboratory-scale solid-state fermentation with fungi. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v.64, n.2, p.175-186, 2004.

HONG, C.Y.; CHENG, K.J.; TSENG, T.H.; WANG, C.S.; LIU, L.F.; YU, S.M. Production of two highly active bacterial phytases with broad pH optima in germinated transgenic rice seeds. **Transgenic Research**, v.13, n.1, p.29-39, 2004.

BUSO, W.H.D.; MORGADO, H.S. e MACHADO, A.S. Fitase na alimentação de frangos de corte. **PUBVET**, Londrina, V. 5, N. 36, Ed. 183, Art. 1232, 2011.

IGBASAN, F.A.; MANNER, K.; MIKSCH, G.; BORRIS, R.; FAROUK, A. SIMON, O. Comparative studies on the in vitro properties of phytases from various microbial origins. **Archiv fur Tierernaehrung**, v.53, n.4, p.353-373, 2000.

KIM, T.; MULLANEY, E.J.; PORRES, J.M.; RONEKER, K.R.; CROWE, S.; RICE, S.; KO, T.; ULLAH, A.H.J.; DALY, C.B.; WELCH, R.; LEI, X.G. Shifting the pH Profile of *Aspergillus niger* PhyA Phytase To Match the Stomach pH Enhances Its Effectiveness as an Animal Feed Additive. **Applied and Environmental Microbiology**, v.72, n.6, p.4397-4403, 2006.

KONIETZNY, U.; GREINER, R. Molecular and catalytic properties of phytase –degrading enzymes (phytases). **Journal Food Science Technology**, v.37, n.7, p.791-812, 2002.

LAN, G.Q.; ABDULLAH, N.; JALALUDIN, S. 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.

LAURENTIZ, A.C.; JUNQUEIRA, O.M.; FILARDI, R.S.; ASSUENA, V.; CASARTELLI, E. M.; COSTA, R. Efeito da adição da enzima fitase em rações para frangos de corte com redução dos níveis de fósforo nas diferentes fases de criação. **Ciência Animal Brasileira**, v.8, n.2, p.207-216, 2007.

LELIS, G.R.; ALBINO, L.F.T.; TAVERNARI, F.C.; ROSTAGNO, H.S. Suplementação dietética de fitase em dietas para frangos de corte. **Revista eletrônica Nutritime**, v.6, n.2, p.875-889, 2009.

LIGEIRO, E.C.; JUNQUEIRA, O.M.; FILARDI, R.S.; LAURENTIZ, A.C.; DUARTE, K.F.; MARCHIZELI, P.C.A. Avaliação da matriz nutricional da enzima fitase em rações contendo sorgo para poedeiras comerciais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.10, p.1948-1955, 2009.

LIMA, A.C.F.; MACARI, M.; PIZAURÓ JÚNIOR, J.M.; MALHEIROS, E.B. Atividade enzimática pancreática de frangos de corte alimentados com dietas contendo enzimas ou probióticos. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.4, n.3, p.1-9, 2002.

LIU, Z.; CHENG, F.; ZHANG, G. Gain phytic acid content in japonica rice as affected by cultivar end environment and its relation to protein content. **Food Chemistry**, v.89, n.1, p.49-52, 2005.

LÜ, M.; LI, D.; GONG, L.; RU, Y.; RAVIDRAN, V. Effects of supplemental microbial phytase and xylanase on the performance of broilers fed diets based on corn and wheat. **Journal Poultry Science**, v.46, n.3, p.217-223, 2009.

MARLIDA, Y.; DELFITA, R.; ADNADI, P. CIPTAAN, G. Isolation, characterization and production of phytase from endophytic fungus its application for feed. **Pakistan Journal of Nutrition**, v.9, n.5, p.471-474, 2010.

OLIVEIRA, M.C.; GRAVENA, R.A.; MARQUES, R.H.; GUANDOLINI, G.C.; MORAES, V.M.B. Utilização de nutrientes em frangos alimentados com dietas suplementadas com fitase e níveis reduzidos de fósforo não-fítico. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.60, n.2, p.436-441, 2008.

PANDEY, A.; SZAKACS, G.; SOCCOL, C.R.; RODRIGUEZ-LEON, J.A. SOCCOL, V.T. Production, purification and properties of microbial phytases. **Bioresource Technology**, v.77, p.203-214, 2001.

BUSO, W.H.D.; MORGADO, H.S. e MACHADO, A.S. Fitase na alimentação de frangos de corte. **PUBVET**, Londrina, V. 5, N. 36, Ed. 183, Art. 1232, 2011.

PONSTEIN, A.S.; BADE, J.B.; VERWOERD, T.C.; MOLENDIJK, L.; STORMS, J.; BEUDEKER, R.F.; PEN, J. Stable expression of Phytase (phyA) in canola (*Brassica napus*) seeds: towards a commercial product. **Molecular Breeding**, v.10, p.31-44, 2002.

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, p.338-344, 2001.

RAVINDRAN, V.; CABAHUG, S.; RAVINDRAN, G.; BRYDEN, L. Influence of microbial phytase on apparent ileal amino acid digestibility of feedstuffs for broiler. **Poultry Science**, v.78, p.699-706, 1999.

REDDY, N.R. Occurrence, distribution, content, and dietary intake of phytate. In: REDDY, N.R. & SATHE, S.K. (Eds). **Food phytates**. CRC Press, 2002, p. 25-52.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T. **Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais**. Viçosa: UFV, 2005. 186p.

SANTOS, F.R. **Efeito da suplementação com fitase sobre o desempenho e digestibilidade de nutrientes para frangos de corte**. 2005. 99p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

SEBASTIAN, S.; TOUCHBURN, S.P.; CHAVES, E.R. Implications of phytic acid and supplemental microbial phytase in poultry nutrition: A review. **World's Poultry Science Journal**, v.54, p.27-47, 1998.

SEBASTIAN, S.; TOUCHBURN, S.P.; CHAVEZ, E.R. Efficacy of supplemental microbial phytase at different dietary calcium levels on growth performance and mineral utilization on broiler chickens. **Poultry Science**, v.75, p.1516-1522, 1996.

SEBASTIAN, S. TOUCHBURN, S.P.; CHAVEZ, E.R.; LAGUE, P.C. Apparent digestibility of protein and amino acids in broiler chickens fed a corn-soybean diet supplemented with microbial phytase. **Poultry Science**, v.76, n.12, p.1760-1769, 1997.

SELLE, P.H.; RAVINDRAN, V. Microbial phytase in poultry nutrition. **Animal Feed Science and Technology**, v.135, n.1-2, p.1-41, 2007.

SELLE, P.H.; RAVINDRAN, V.; CALDWELL, R.A.; BRYDEN, W.L. Phytate and phytase: consequences for protein utilization. **Nutrition Research Reviews**, v.13, p.255-278, 2000.

SILVA, Y.L.; RODRIGUES, P.B.; FREITAS, R.T.F.; BERTECHINI, A.G.; FIALHO, E.T.; FASSANI, E.J.; PEREIRA, C.R. Redução de proteína e fósforo em rações com fitase para frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade. Desempenho e teores de minerais na cama. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.3, p.840-848, 2006.

SOHAIL, S.S.; ROLAND, D.A. Influence al supplemental phytase on performance of broilers four to six of age. **Poultry Science**, v.78, p.550-555, 1999.

SONI, S.K.; KHIRE J.M. Production and partial characterization of two types of phytase from *Aspergillus niger* NCIM 563 under submerge fermentation conditions. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v.23, p.1585-1593, 2007.

ULLAH, A.H.J.; SETHUMADHAVAN, K.; MULLANEY, E.J.; ZIEGELHOFFER, T.; AUSTIN-PHILLIPS, S. Cloned and expressed fungal phyA gene in alfalfa produces a stable phytase. **Biochemical and Biophysical Research Communications**, v.290, p.1343-1348, 2002.

BUSO, W.H.D.; MORGADO, H.S. e MACHADO, A.S. Fitase na alimentação de frangos de corte. **PUBVET**, Londrina, V. 5, N. 36, Ed. 183, Art. 1232, 2011.

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

VAZ, A.C.N.; ALBUQUERQUE, R.; BRISOLA, M.L.; DONATO, D.C.Z.; GARCIA, P.D.S.R. Efeito da adição de fitase associada a diferentes níveis de proteína bruta e fósforo disponível sobre o desempenho e excreção de proteína bruta de frangos de corte. **Brazilian Journal of Veterinary Research and Animal Science**, v.46, n.2, p.107-111, 2009.

VINIEGRA-GONZÁLEZ, G. Solid State Fermentation: Definition, Characteristics, limitations and monitoring. In: ROUSSOS, S.; LONSAN, E.B. K.; RAIMBAULT, M.; VINIEGRA-GONZÁLEZ, G. (Eds). **Advances in Solid State Fermentation**. Kluwer Academic Publisers, 1997. cap.2, p.5-22.

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 levels of phosphorus. **Poultry Science**, v.81, n.8, p.1172-1183, 2002.

VOHARA, A.; SATYANARAYANA, T. Phytases: microbial sources, production, purification, and potential biotechnological applications. **Critical Reviews in Biotechnology**, v. 23, n. 1, p. 29-60, 2003.

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, p.394-400, 2004.

YIP, W.; WANG, L.; CHENG, C.; WU, W.; LUNG, S.; LIM, B.L. The introduction of a phytase gene from *Bacillus subtilis* improved the growth performance of transgenic tobacco. **Biochemical Biophysical Research Communications**, v.310, n.4, p.1148-1154, 2003.

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, p.561-568, 1999.

ZHANG, Z.B.; KORNEGAY, E.T.; RADCLIFFE J.S.; WILSON J.H.; VEIT, H.P. Comparison of phytase from genetically engineered *Aspergillus* and canola in weanling pig diets. **Journal of Animal Science**, v.78, p.28-68, 2000.