

NUTRItime

REVISTA ELETRÔNICA

www.nutritime.com.br

ISSN-1983-9006

Revista Eletrônica Nutritime, Artigo 156
v.9, n° 01 p.1716- 1725 – Janeiro/Fevereiro 2012



Artigo Número 156

USO DA ENZIMA FITASE NA ALIMENTAÇÃO DE POEDEIRAS

Use of the enzyme phytase in feed hens

SANTOS, V.L.*¹.; MANZKE, N.M.¹.;CONTREIRA, C.L.².;GENTILINI, F.P.³.;ANCIUTI, M.A.⁴., RUTZ, F.⁵.

*Autora para correspondência: vls_agro@yahoo.com.br

¹Mestranda Programa de Pós-Graduação em Zootecnia/Universidade Federal de Pelotas

²Graduanda em Agronomia/Universidade Federal de Pelotas

³Professora Nível D1 Instituto Federal-sul-riograndense/Campus Visconde da Graça

⁴ Professor Adjunto Instituto Federal-sul-riograndense/Campus Visconde da Graça

⁵Professor Adjunto Departamento de Zootecnia/Universidade Federal de Pelotas



RESUMO: Os grãos utilizados nas rações animais apresentam grande parte de seu fósforo complexado na molécula de fitato, tratando-se de uma forma indisponível para a absorção dos monogástricos. Visando corrigir esta necessidade, suplementam-se as dietas com fonte inorgânica deste mineral, porém, esta prática eleva os custos das rações; além de ser um potente meio de contaminação ambiental. Com o intuito de minimizar este quadro, a inclusão da enzima fitase na ração de poedeiras é uma das maneiras de aumentar a disponibilidade do fósforo de origem vegetal e, conseqüentemente, diminuir a quantidade de fósforo inorgânico na ração, o que minimizará os efeitos ambientais provocados pelo excesso deste mineral nas excretas. O objetivo desta revisão é discutir o efeito do uso da enzima fitase em substituição as fontes inorgânicas na alimentação de poedeiras.

PALAVRAS-CHAVES: ácido fítico, aves, enzimas, fitato.

ABSTRACT

The grains used in animal feed have most of their match in the complexed molecule of phytate, since it is a form unavailable for absorption in monogastric animals. Aiming to address this need, to supplement the diets with inorganic source of this mineral, but this practice raises the cost of feed and is a potent means of environmental contamination. In order to minimize this framework, the inclusion of phytase in the diet of laying hens is one of the ways to increase the availability of phosphorus of plant origin, and consequently decrease the amount of inorganic phosphorus in the diet, which will minimize the environmental effects caused by excess of this mineral in the excreta. The aim of this review is to discuss the effect of the use of phytase to replace inorganic sources in feed for laying hens.

KEY WORDS

Phytic acid, poultry, enzymes, phytate.

INTRODUÇÃO

Na nutrição de aves, a utilização de enzimas tem contribuído para a melhoria da produtividade, partindo do princípio de que os monogástricos não sintetizam ou não produzem quantidades suficientes de determinadas enzimas utilizadas para a digestão de certos componentes químicos encontrados nos alimentos de origem vegetal ou para atuarem em alguns fatores antinutricionais, dentre eles, o fósforo fítico. Segundo Butollo (2002), as enzimas podem ser classificadas como micronutrientes da alimentação, chamados de pró-nutrientes.

As enzimas são eficientes catalisadores biológicos Stryer, (1995), apresentam grande especificação química durante a reação, não apresentando função nutricional direta, regenerando-se ao final destas. São altamente específicas para as reações que catalisam, apresentando em sua estrutura um sítio ativo que trata-se de uma fenda ou cavidade localizada na superfície da mesma, destinado a reconhecer, ligar e orientar o substrato de forma adequada a catalise.

Segundo Silva *et al.*, (2000), as enzimas exógenas aumentam a digestibilidade e a eficiência dos alimentos, reduzindo a ação de inibidores de crescimento, sobretudo os polissacarídeos não amídicos, encontrados como componentes estruturais das paredes celulares dos cereais, auxiliando as enzimas endógenas nos processos digestivos.

Os grãos (e seus subprodutos) utilizados nas formulações das rações apresentam grande parte de seu fósforo ligado ao ácido fítico, constituindo-se em uma forma não disponível para a absorção dos não-ruminantes. Em decorrência desta



indisponibilidade, a alternativa encontrada, é a suplementação das dietas com fosfatos inorgânicos, contribuindo para a elevação dos custos finais da alimentação avícola. Além disso, este ácido é considerado um importante agente quelante de proteínas, aminoácidos, cátions e enzimas entre as quais, tripsina, alfa-amilase e pepsina, havendo forte implicação quanto às suas digestibilidades e solubilidades.

Com os avanços da biotecnologia, os custos de produção das enzimas foram reduzindo fazendo com que a suplementação enzimática aumente e contribua para otimizar a produção de carnes e ovos Miles, (1999), possibilitando a reformulação das dietas.

A inclusão da enzima fitase nas rações de poedeiras visa propiciar um aumento na disponibilidade do fósforo de origem vegetal, resultando na diminuição da inclusão de fosfato inorgânico nas dietas, reduzindo o impacto ambiental ocasionado pela elevada quantidade deste mineral nas excretas.

O objetivo desta revisão bibliográfica foi discutir as características da enzima fitase, do ácido fítico e suas implicações na dieta de poedeiras.

O FITATO

Segundo Lehninger, (1994), o fósforo fítico é a denominação atribuída ao fósforo que faz parte da molécula de ácido fítico ou hexafosfato de inositol.

A alimentação de aves é baseada em cerca de 90% em milho e soja (importantes na satisfação energética e proteica, respectivamente), sendo que a maior parte do fósforo presente nestes ingredientes se encontra na forma de ácido fítico (Figura 1), que constitui-se no armazenador de fósforo (P) na planta, considerado fator antinutricional na alimentação animal Vielma *et al.* (2000) por atuar como agente quelante forte de cátions bivalentes como: cálcio, magnésio,

cobre, manganês, zinco, etc, formando o fitato, impedindo que os mesmos, essenciais aos animais e presentes na dieta habitual, sejam absorvidos pelos monogástricos, já que sua capacidade de hidrolisar este complexo é; ou muito limitada, ou pouco eficaz Wyatt, 2009. Figura 2.

Normalmente, considera-se que apenas 30% do fósforo (P) dos vegetais seja disponível para animais monogástricos Rostagno *et al.* (2000). Entretanto, a quantidade de fitato é muito variável entre as espécies vegetais, afetando diretamente a biodisponibilidade do fósforo (P). Assim, segundo Borges, (1997), a biodisponibilidade do fósforo (P) do milho é de 33%, do farelo de soja de 42% e do farelo de arroz de apenas 14%. Além de sua interação com os minerais, formando complexos insolúveis, segundo Cowiesson, (2006), o fitato, apresenta a propriedade de, em pH neutro ou ácido, promover a reação de suas cargas negativas com as cargas neutras ou positivas de alguns aminoácidos das moléculas de proteínas, resultando em uma diminuição de sua disponibilidade. Os mecanismos que controlam o desenvolvimento da qualidade da carne de suínos são frequentemente associados com alterações no metabolismo muscular *post mortem*, especificamente alterações na duração ou na velocidade da glicólise podem criar pH musculares indesejáveis. A maioria dos tecidos biológicos trabalha em pH próximo de 7,0. O músculo esquelético é um bom exemplo de tecido que, em condições de anaerobiose, metabolizam ATP (e glicogênio) armazenado, produzindo ácido láctico, com consequente diminuição do pH. A diminuição do pH no período *post mortem* é dependente de numerosos fatores sendo que um deles é a existência de agentes tamponantes (DECKER, 2001). Os principais componentes tamponantes no músculo esquelético são os fosfatos, proteínas e compostos de histidina, sendo todos eles encontrados em diferentes



concentrações nos músculos de suínos, bovinos e aves (MALTIN *et al.*, 2003). Desta forma, o objetivo desta revisão é reunir informações sobre como o perfil em aminoácidos dos músculos interfere na manutenção do pH muscular.

glicogênio dos músculos no momento do abate devem ser consideradas.

Como resultado desta baixa absorção do fósforo fítico por parte dos monogástricos, e suplementação das dietas com fontes de fósforo inorgânico, tem-se uma considerável quantia deste nutriente excretada nas fezes das aves, tornando-se um grave problema ambiental, visto que a lixiviação deste fósforo leva à contaminação de águas superficiais, lençóis freáticos e processos de eutrofização que ocasionam desenvolvimento de determinadas espécies vegetais, como as algas, afetando o equilíbrio dos ecossistemas, resultando em redução da transparência da água e diminuição dos níveis de oxigênio. Além disto, a suplementação com fósforo torna as dietas mais onerosas, visto que, este é o mineral de custo mais elevado, representando cerca de 2 a 2,5% do custo total da ração Toledo *et al.*, (2009).

FITASE

A enzima fitase, (ou mio-inositol hexaqui-fosfato fosfohidroxilase) pertencente ao grupo das fosfatases, em cuja presença se dá a hidrólise do ácido fítico em minoinositol e fósforo (P) inorgânico Newman (1991). Apesar de fontes animais e vegetais representarem avanços científicos importantes, sua aplicação é limitada. Apesar do estudo da fitase (Figura 3) ter iniciado em 1962, somente a partir de 1991 é que a produção da enzima a partir do fungo *Aspergillus niger* foi introduzida comercialmente Selle *et al.* (2008). A partir de então, vários estudos foram desenvolvidos, nos quais, culturas fúngicas têm sido utilizadas para a produção de fitase, devido principalmente, os seus

elevados rendimentos e tolerância à acidez.

A União Internacional de Bioquímica e Biologia Molecular (IUBMB) em consulta com a IUPAC-IUB, Comissão Mista em Nomenclatura Bioquímica (JCBN) listam dois tipos de fitases: a 3-fitase e a 6-fitase, Vats & Banerjee, (2004), as quais diferenciam-se em função da hidrólise do éster, de modo que uma causa hidrólise na posição 3 e a outra na posição 6. Segundo o Conselho Brasileiro de Alimentação Animal (CBAA), a fitase pertence à classe dos pró-nutrientes, sendo sua atividade 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, à temperatura de 37°C, expresso em unidades de fitase PU ou FTU. YI *et al.*, (1996)

Basicamente existem dois processos de fabricação de fitase utilizados atualmente: a fermentação em estado sólido (SSF) e a fermentação submersa (SmF). Segundo Bogar *et al.*, (2003) maioria das enzimas utilizadas na nutrição animal como amilases, celulasas e fitases são obtidas a partir de fermentação sólida. O produto final da fermentação realizada pelo fungo apresenta, além de fitato, algumas enzimas acessórias, proporcionando um incremento quanto à digestibilidade do alimento e aumentando a facilidade de acesso à molécula de fitato, portanto, a sua hidrólise. Sendo assim, a obtenção de fitase a partir do método sólido perfaz-se em uma forma economicamente mais atrativa visto que melhora o benefício gerado pela adição desta enzima às rações das aves.

A fitase na dieta de poedeiras

Em aves de postura, as necessidades de fósforo crescem com a fase de produção em virtude da alta demanda de cálcio para sintetizar as cascas dos ovos onde o fósforo



também é mobilizado. Rush *et al.*, (2005), também é importante ressaltar que durante o período noturno, no qual ocorre a formação da casca, uma parte do fósforo é digerida para a deposição na gema do ovo e outra parte se combina com o cálcio para ser depositada nos ossos. A liberação de cálcio dos ossos é acompanhada pela de fósforo, aumentando a circulação deste mineral na corrente sanguínea. Assim, especial atenção deve ser dada aos níveis de fósforo na dieta, uma vez que o excesso prejudica a liberação de cálcio dos ossos e a adequada mineralização da casca Gonzales, (1999), além de aumentar sua excreção, contribuindo para elevar o impacto ambiental da atividade. Uma deficiência na exigência de fósforo pode levar ainda a redução no consumo de ração, peso e massa dos ovos, resultando em queda de produção.

COSTA *et al.*, (2004) avaliando níveis de fósforo disponível e de fitase na dieta de poedeiras de ovos de casca marron, verificaram que à medida que se aumentava a inclusão da enzima, a conversão alimentar por massa de ovos era reduzida, passando de 2,10 para 2,02, para a dieta sem fitase e a dieta com 0,02% de fitase na dieta, respectivamente. Os autores concluíram que o nível recomendado de fitase nas rações das poedeiras de ovos marrons é de 0,02% e 0,235% de fósforo disponível com as recomendações de Rostagno *et al.*, (2005) podemos notar que a recomendação pode ser reduzida quando a adição de fitase na dieta de poedeiras é realizada, de maneira que essa redução representa cerca de 37% no nível de fósforo disponível. Silva *et al.*, (2008), utilizaram dois experimentos para avaliar a interação fósforo disponível x fitase (UF) da dieta sobre o desempenho, os níveis plasmáticos de fósforo e os parâmetros ósseos de poedeiras. O experimento um (1), contou com cinco níveis de fósforo disponíveis: 0,094; 0,194; 0,294; 0,394 e 0,494 e dois de fitase : 0 e 300 UF. No

experimento dois, os tratamentos eram constituídos de três níveis de fósforo: 0,094; 0,294 e 0,494% e quatro de fitase: 0; 300; 600 e 1.200.

No experimento um (1), o nível de fósforo disponível influenciou a produção e a massa de ovos, os níveis plasmáticos de fósforo e a conversão por massa de ovos e, de forma linear, o teor de cinzas na tíbia e a resistência óssea. A adição de 300 UF elevou a disponibilidade do fósforo (de 4,034 para 4,784 mg/dL), o teor de CT (de 41,55 para 42,90%) e a resistência óssea (de 9,678 para 11,135 kgf/mm). No experimento dois (2), a produção aumentou de forma linear com os níveis de fósforo disponíveis da ração, que aumentaram linearmente com o aumento do nível de fitase. O aumento do fósforo disponível no nível de 600 UF melhorou de forma linear a massa de ovos, a conversão por dúzia de ovos. A suplementação da ração com menor teor de fósforo disponível (0,094%) com 300 a 1.200 UF melhorou a resistência óssea das aves. A adição de 300 UF ou o aumento do fósforo disponível em rações com 600 UF melhora a conversão por massa de ovos. A suplementação de rações deficientes em fósforo disponível com pelo menos 300 UF aumenta os níveis plasmáticos de fósforo, os teores de cinzas na tíbia e a resistência óssea de poedeiras comerciais.

Seguindo a mesma ótica, Boling *et al.*, (2000) e Keshavarz, (2003), observaram um decréscimo mais expressivo na excreção de fósforo (50,0 e 56,0%, respectivamente), quando forneceram rações com níveis de fosfato bicálcico reduzidos em até 67,0 e 78,0%, respectivamente, e suplementadas com 300 FTU de fitase/kg de ração, sem comprometimento do desempenho das poedeiras. Em 2009, Viana *et al.*, (2009), observaram aumento na absorção e conseqüente queda na excreção de fósforo em poedeiras alimentadas com dietas à



base de milho e farelo de soja com e sem a suplementação de complexo enzimático, composto dentre outras, pela enzima fitase.

Observa-se que há uma preocupação por parte dos autores em determinar a fósforo (P) equivalência da fitase, ou seja, quanto da enzima adicionada substitui 1,0g de fosfato monocalcico ou bicalcico (padrão). Esta visão é de interesse prático por quantificar a economicidade da substituição do fósforo (P) pela fitase. Encontram-se valores desde 179UFA até 333UFA equivalentes a 1,0g de fosfato monocalcico Van Der Klis, J. D. *et al.*, (1996).

Vieira *et. al.*, (2001), trabalhando com poedeiras em segundo ciclo e alimentadas com rações contendo fitase em proporções de 100, 200, 300 e 400FTU em dois tipos de rações, sendo: milho e farelo de soja e a outra composta por milho, farelo de soja, farelo de arroz e farelo de trigo, os autores observaram aumento na produção de ovos nas aves alimentadas com a ração que continha os farelos de trigo e de arroz, melhorando ainda, a Unidade *Haugh* e o peso específico do ovo e o teor de cálcio aumentou, à medida que se elevou o nível de fitase, e concluíram que a utilização da enzima fitase foi efetiva em liberar o fósforo fítico, e para aves de segundo ciclo, o nível de 0,16% de fósforo disponível atende às necessidades para um bom desempenho dessas aves adição de pelo menos 100 FTU/kg de ração. Em 2010, Lima *et al.*, 2010, testaram tratamentos com níveis de energia metabolizável, proteína bruta, cálcio e fósforo disponíveis abaixo dos níveis recomendados por Rostagno 2005, sendo: 1) Controle: formulada suprir as exigências, 2) Controle + ou 0,03% 600 FTU; 3) 15% PB; 2,800 kcal de EM, 3,8% Ca e 0,28% Pd; 4) 3 + Dieta OU 0,03% 600 FTU; 5) 14% PB; 2,750 kcal de EM, 3,4% Ca e 0,23% Pd; 6) Dieta 5 + ou 0,03% de 600 FTU; 7) 13% PB; 2,700 kcal de EM, 3,0% Ca e 0,18% Pd; e 8) Dieta 7 + 0,03% OU 600 FTU. Os autores

observaram que a redução dos níveis nutricionais. A redução de 15% de PB, 2.800 kcal / kg de EM, 3,8% de Ca e 0,280% de Pd com uma adição de 600 FTU não prejudicou a produção de ovos e propiciou uma melhora na saúde óssea das aves.

Os resultados mencionados demonstram a capacidade de melhora na digestibilidade dos nutrientes, principalmente de minerais, proporcionados pela fitase às aves. A procura por melhoria nos lucros com consequente redução dos custos, vem análoga a de redução dos impactos ao meio ambiente causados pela avicultura. Pesquisas desenvolvidas por centros de excelência e por pesquisadores demonstram resultados que indicam esta enzima como grande aliada da cadeia produtiva da produção de ovos, contribuindo para uma atividade avícola sustentável.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento da biologia molecular pode aumentar ainda mais a eficácia da enzima fitase, como reduzir a acumulação de fitato nas plantas. O uso de fitase em substituição ao fósforo (P) inorgânico nas dietas de poedeiras aumenta a disponibilidade do fósforo fítico, reduzindo a excreção deste mineral no meio ambiente, melhorando ainda, a disponibilidade dos aminoácidos e proteínas, refletindo na qualidade de seus produtos e subprodutos.

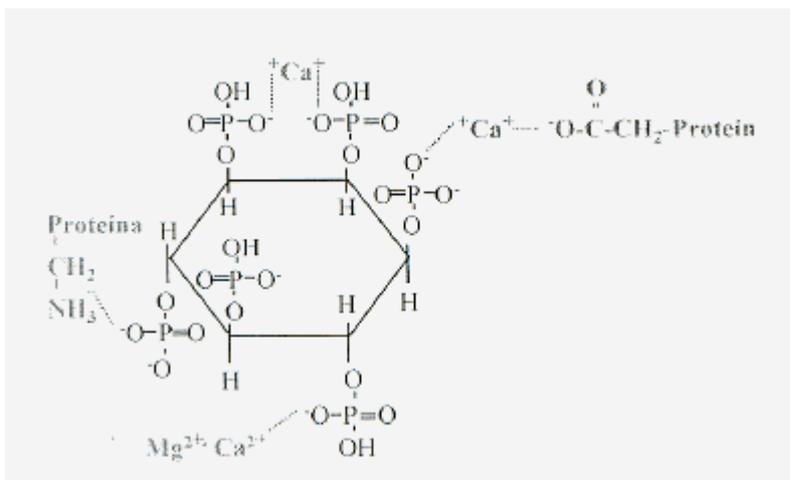


Figura1: molécula de fitato. Fonte: Domínguez, *et al.*, 2002

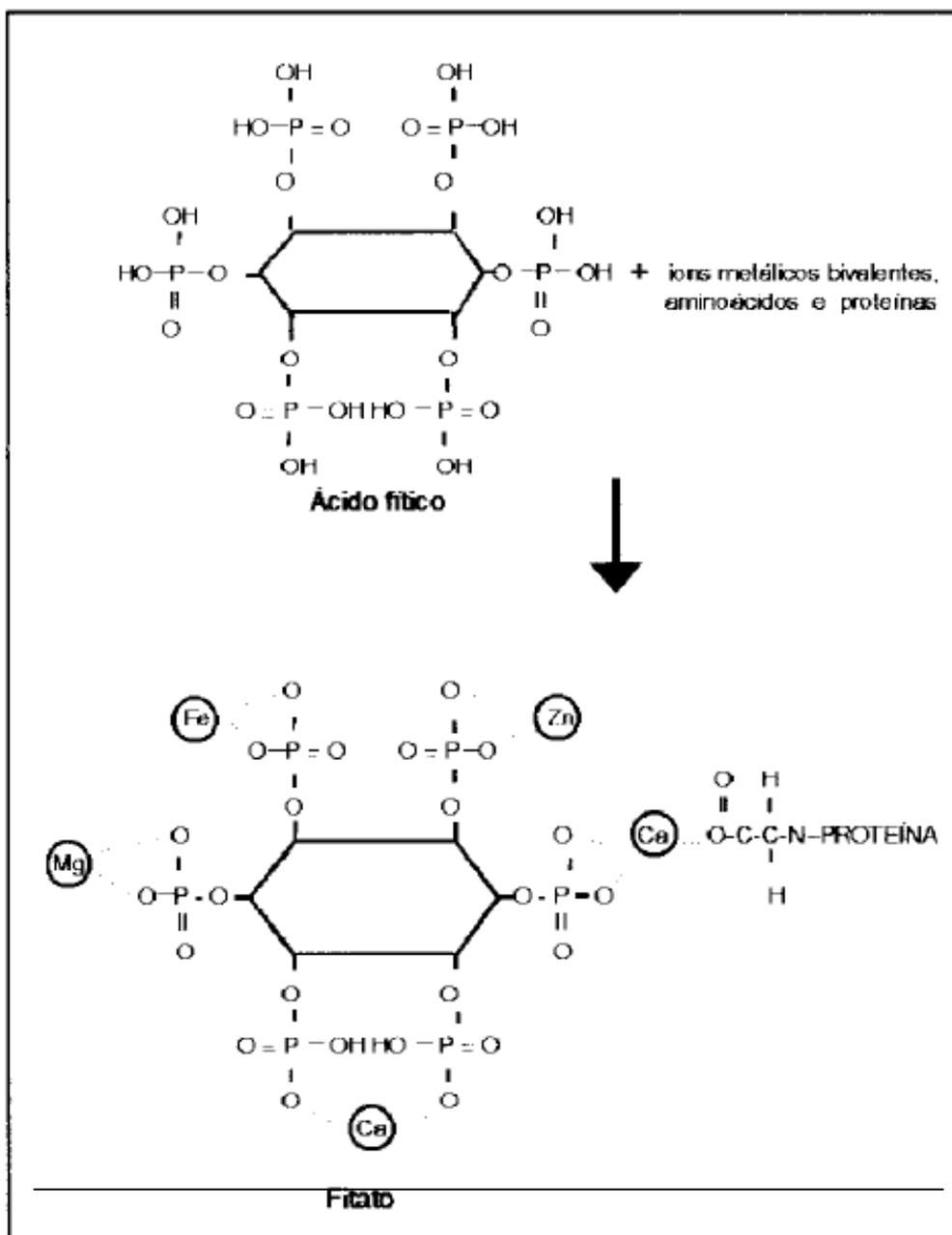


Figura 2: Ácido fítico ao quelatar íons metálicos bivalentes, aminoácidos e proteínas, formando o fitato. Fonte: Fireman *et. al*, 1998

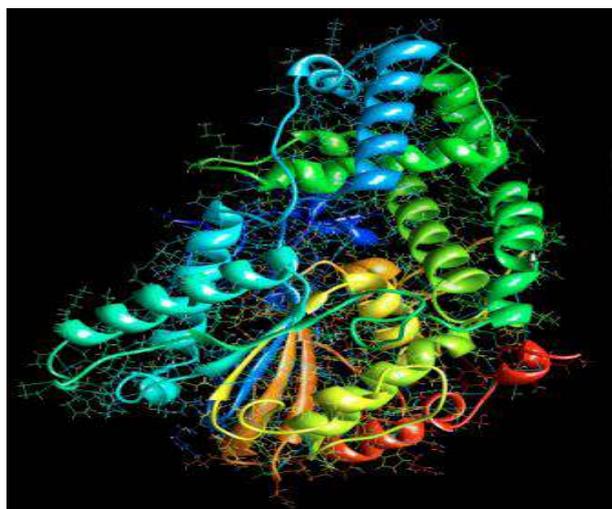


Figura 3: Imagem superficial da estrutura da molécula de fitase.
Fonte: Erin Peabody, 2006

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BOGAR, B.; SZAKACS, G.; PANDEY, A.; ABDULHAMEED, S.; LINDEN, J. C.; TENDERDY, R. P. Production of Phytase by *Mucor racemosus* in Solid-State Fermentation. **Biotechnol. Prog.**v.19, 312–319, 2003.

BOLING, S. D. DOUGLAS, M. W., SHIRLEY, R. B .nThe effects of various dietary levels of phytase and available phosphorus on performance of laying hens. **Poultry Science**, v.79, p.535-538, 2000.

BORGES, F.M.O. Utilização de enzimas em dietas avícolas. **Cadernos Técnicos da Escola de Veterinária da UFMG**, Belo Horizonte, n. 20, p. 5-30,1997.

BUTOLO, J.E. **Qualidade de ingredientes na alimentação animal**. Ed. OESP. Campinas, 2002. p. 350-370.

COSTA, F. G. P.; JACOME, I. M. T. D.; SILVA, J. H. V.; CAMPOS, K. M. F. *et al.* Níveis de fósforo disponível e de fitase na dieta de poedeiras de ovos de casca marrom. **Ciência Animal Brasileira** v. 5, n. 2, p. 73-81, abr./jun. 2004.

COWIESON, A. J., T. ACAMOVIC, AND M. R. BEDFORD. Supplementation of corn-soy-based diets with an *Escherichia coli* derived phytase: Effects on broiler chick performance and the digestibility of amino acids and metabolizability of minerals and energy. **Poultry Science**. v.85, p.1389-1397, 2006.

DOMINGUÉZ, B.M., GÓMEZ, M. V. I., LEÓN, F. R., Ácido fítico: aspectos nutricionales e implicaciones analíticas. Archivos Latinoamericanos de nutrición. Disponível em: http://www.scielo.org.ve/scielo.php?pid=S0004-06222002000300001&script=sci_arttext. Acessado em: 18/05/2011



FIREMAN, A.K.T., FIREMAN, F. A. T. Fitase na alimentação de poedeiras. *Ciência Rural*.v.28, n.3, julho-setembro, 1998.

GONZALES, E. A qualidade da casca do ovo. **Revista Alimentação Animal**, n.16, 1999.

LIMA, M. R., COSTA, F. G. P.; GIVISIEZ, P. E. N. G., SILVA, J. H. V., SAKOMURA, N. K.,LIMA, D. F.F. Reduction of the nutritional values of diets for hens through supplementation with phytase. *Revista Brasileira de Zootecnia*.v.39, n.10, 2010.

KESHAVARZ, K. The effect of different levels of nonphytate phosphorus with and without phytase on the performance of four strains of laying hens. **Poultry Science**, v.82, p.71-99, 2003.

LEHNINGER, A.L. **Princípios da Bioquímica**. São Paulo: Sarvie, 1994

MILES, R.D. Formulación de alimentos para ponedoras para el futuro. **Industria Avícola**. jul., 1999.

NEWMAN, K. Phytase: The enzyme, its origin e characteristics: impact e potential for increasing phosphorus availability. In: *Biotechnology in the feed industry. Proceedings of Alltech's seventh annual symposium*. Ed. T. P. Lyons. Alltech **Technical Publications**, Nicholasville, Kentucky, p. 169-177, 1991.

PEABODY, E. Freeing phosphorus. *Agricultural research*.2006. Disponível em: <http://www.afrsweb.usda.gov/is/AR/archive/jul06/phos0706.pdf>. Acessado em 18/05/2011

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J. L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos : composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa: UFV, 141p. 2000

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. *et al.* **Tabelas brasileiras de exigências nutricionais para aves e suínos (Composição de alimentos e exigências nutricionais)**. UFV. 141p. 2005

RUSH, J. K., et al. Effect of dietary calcium and vitamin d3 on calcium and phosphorus retention in white pekin ducklings, in **Poultry Science Association, Inc**, 2005

SELLE, P. H.; RAVINDRAN, V. Phytate-degrading enzymes in pig nutrition. **Livestock Science** 133, 2008. P.99-122.

SILVA, H. O.; FONSECA, R. A.; FILHO, R. S. G. Características produtivas e digestibilidade da farinha de folhas de mandioca em dietas de frangos de corte com e sem adição de enzimas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 3, p. 823-829, 2000.

SILVA, J.; ARAUJO, J.; GOULART, C.; COSTA, F., et al. Relação cálcio:fósforo disponível e níveis de fitase para poedeiras semi-pesadas no primeiro e segundo ciclos de postura. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.37, n.12, p.2166-2172, 2008

STRYER, L. **Bioquímica**. 4.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 1000p. 1995.



TOLEDO, R.S., ROCHA, A. G., FARIAS, L. C. Uso de aditivos na produção avícola da teoria à prática. X Simpósio Brasil Sul de Avicultura e I Brasil Sul Poultry Fair. Anais do... p. 15-31. Chapecó, 2009

VAN DER KLIS, J.D., VERSTEEGH, H.A.J., SIMONS, P.C.M. Natuphos in laying hen nutrition. **BASF Technical Symposium**. World Congress Center, Atlanta, Georgia. January 23,p.71-84, 1996.

VATS, P.; BANERJEE, U. C. Production studies and catalytic properties of phytases (myo-inositolhexakisphosphate phosphohydrolases): an overview. **Elsevier**. Enzyme and Microbial Technology 35, 2004, p. 13-14

VELMA, J.; MAKINEN, T.; EKHOLM, P.; KOSKELA, J. Influence of dietary soy and phytase levels on performance and body composition of large rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and algal availability of phosphorus load. **Aquaculture**, Amsterdam, 183: 349-62. 2000.

VIANA, M.T.S.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S. et al. Efeito da suplementação de enzima fitase sobre o metabolismo de nutrientes e o desempenho de poedeiras. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.6, p.1074-1080, 2009.

VIEIRA, R.; BERTECHINI, A.; FALHO, E. et al Desempenho e qualidade de ovos de poedeiras comerciais de segundo ciclo alimentadas com rações contendo fitase. **Ciências Agrotécnicas**. Lavras, v.25, n. 6, p.1413-1422, nov/dez, 2001.

YI, Z.; KONERGAY, E. T.; RAVINDRAN, V.; DENBOW, D. M. Improving phytase phosphorus availability in corn and soybean meal for broilers using microbial phytase and calculating of phosphorus equivalency values for phytase. **Poultry Science**, v.75, p.240-249, 1996.

WIATT, L. C. Uso de enzimas alimentícias em dietas avícolas. In: **XX Congresso Latino americano de Avicultura**. Anais do...p. 181-190. Porto Alegre, 2007