



Metabolismo do ácido fítico e fitase e sua utilização na piscicultura

Jaísa Casetta^{1*}, Vanessa Lewandowski², Cesar Sary², Pedro Luiz de Castro², Caio Froemming¹, Laís Santana Celestino³

¹Graduandos em Zootecnia, PPZ/ UEM, Maringá – PR, bolsista CAPES. jaisacasetta@hotmail.com

²Doutorandos em Zootecnia, PPZ/ UEM, Maringá – PR, bolsistas CAPES e CNPq.

³Mestranda em Zootecnia, PPZ/UEM, Maringá – PR, bolsista CAPES

Resumo: O objetivo do trabalho foi realizar uma revisão bibliográfica sobre o ácido fítico e a fitase, bem como sobre os benefícios da utilização dessa enzima em sistema de produção de peixes. No vegetal, o ácido fítico atua na reserva de fósforo, na reserva energética e na imobilização de cátions multivalentes. Por meio de ligações eletrostáticas, o fitato forma complexos insolúveis com minerais, além de proteínas, lipídeos e amido, reduzindo a biodisponibilidade dos nutrientes, uma vez que esses complexos formados não são absorvidos no trato gastrointestinal. A enzima fitase possui a capacidade de hidrolisar a molécula de ácido fítico, diminuindo a sua capacidade de quelação em relação aos diferentes cátions. A fitase vem sendo bastante estudada não somente por disponibilizar maior quantidade de fósforo inorgânico para absorção, mas também por evitar o efeito negativo do ácido fítico sobre outros nutrientes como minerais e proteínas. O aumento do interesse na investigação dos efeitos da fitase em dietas para peixes deve-se principalmente ao fato de haver maior aproveitamento do fósforo de fontes vegetais por meio da inclusão dessa enzima e a consequente redução da necessidade de suplementação de fósforo inorgânico nas rações, diminuindo o impacto ambiental no meio aquático gerado pela excreção desse mineral nas fezes, contribuindo para manutenção a qualidade de água tanto em sistemas de produção como em sistemas naturais.

Palavras-chave: Fósforo, complexos, absorção de nutrientes, qualidade de água.

Metabolism of phytic acid and phytase and its use in fish farming

Abstract: The objective was to conduct a literature review on the phytic acid and phytase as well as on the benefits of using this enzyme in fish production system. In vegetal, phytic acid acts in phosphorus reserve in energy reserves and immobilization of multivalent cations. Via electrostatic bonds, phytate form insoluble complexes with minerals, and protein, lipid and starch by reducing the bioavailability of nutrients, since these complexes formed are not absorbed in the gastrointestinal tract. The phytase enzyme has the ability to hydrolyze phytic acid molecule, decreasing its chelating ability with respect to different cations. The phytase has been extensively studied not only for providing greater amount of inorganic phosphorus to absorption, but also to avoid the negative effect of phytic acid with other nutrients such as minerals and proteins. The increased interest in the investigation of the effects of phytase on fish diets is primarily due to the fact that there is increased use of vegetable sources of phosphorus by the inclusion of this enzyme, and thus reducing the need for supplementation of inorganic phosphorus in the feed, reducing the environmental impact on aquatic generated by



this mineral excretion in faeces, thereby contributing to maintaining water quality both in production systems as in natural systems

Keywords: Phosphorus, complex, nutrient uptake, water quality.

Introdução

As rações fabricadas tanto para peixes, como para outros animais, são produzidas à partir da utilização de uma gama de alimentos de forma a atender corretamente suas exigências nutricionais. Nos últimos anos tem-se buscado maior utilização de ingredientes de origem vegetal, uma vez que possuem custo relativamente inferior, composição e disponibilidade constante quando comparados aos ingredientes de origem animal. Além disso, a utilização de fontes vegetais para a fabricação de rações destinadas a produção aquícola brasileira é favorecida pelo fato do Brasil ser um grande produtor de grãos.

Entretanto, a maior parte dos ingredientes de origem vegetal apresenta variedade de fatores antinutricionais (Francis et al., 2001). O termo fator antinutricional refere-se a componentes presentes na composição de alimentos de origem vegetal que, quando ingeridos, reduzem o aproveitamento dos nutrientes desses alimentos. Eles estão presentes nos vegetais de forma natural, com a finalidade de proteção contra o ataque de fungos, bactérias e insetos. Os efeitos provocados pelos fatores antinutricionais no desempenho produtivo dos peixes dependem do tipo e quantidade da substância contida no ingrediente, da quantidade do alimento na dieta que contém esses fatores, do processamento da ração e da espécie animal em questão.

Alguns métodos podem ser empregados com a finalidade de redução dos fatores antinutricionais dos vegetais, como tratamento térmico, imersão em água destilada, germinação, extração com metanol e adição de enzimas na dieta para remoção ou destruí-los auxiliando na digestibilidade, inclusive de alimentos de difícil digestão, como ocorre em algumas espécies quando alimentadas com dietas ricas em carboidratos e proteínas de origem vegetal. Dessa forma, o objetivo do trabalho foi realizar uma revisão bibliográfica sobre o ácido fítico e a fitase, bem como sobre os benefícios da utilização dessa enzima em sistema de produção de peixes.

Desenvolvimento

Ácido fítico

Durante o desenvolvimento normal, as plantas retiram os nutrientes minerais do solo e, na fase de maturação dos grãos, ocorre um deslocamento desses elementos para as sementes. O fósforo absorvido do solo é armazenado na forma de ácido fítico ou fitato (hexafosfato de mio-inositol) e encontra-se em sementes de plantas, cereais e farelos de oleaginosas (Francis et al., 2001). Seu local de deposição varia conforme a espécie de planta, podendo ser em células de aleurona ou no embrião. Nos vegetais, o ácido fítico atua principalmente na reserva de fósforo, regulando os níveis de fosfato inorgânico nesses organismos. Atua também na reserva energética e na imobilização de cátions multivalentes (Quirrenbach et al., 2009).

A fórmula molecular do ácido fítico é $C_6H_{18}O_{24}P_6$, sendo 1,2,3,4,5,6 hexaquis 340 (dihidrogênio) fosfato *mio*-inositol sua nomenclatura oficial. A utilização do prefixo “hexaquis” ao invés de “hexa” indica que os fosfatos não são internamente ligados, sendo um ligante polidentado, ou seja, que possui mais do que um ponto de ligação.



Apesar de diversos estudos relacionados ao ácido fítico, seu processo de síntese e metabolismo nas plantas ainda não é totalmente compreendido. A biossíntese do fitato é difícil de ser entendida, pois os intermediários relacionados à esse processo são difíceis de ser detectados. Entretanto, sua síntese consiste em um processo de fosforilação da molécula de 1-*mio*-inositol-3-fosfato (Ins3P1). Essa molécula é formada tanto a partir de D-glicose-6-fosfato pela ação da enzima sintetase Ins3P1, bem como pela molécula de *mio*-inositol pela ação da enzima *mio*inositol-quinase. A formação do Ins3P1 consiste no primeiro passo no metabolismo do *mio*-inositol e na biossíntese de ácido fítico. Subsequentemente, as enzimas quinases catalisam a fosforilação de fosfatidilinositol gradual de Ins3P1 para produzir *mio*-inositol, di-, tri-, tetra-, penta- e hexafosfato e dessa forma, a formação de *mio*-hexaquisfosfato (IP6) ou ácido fítico.

Devido à capacidade de armazenamento de fósforo, o ácido fítico era considerado primeiramente como fator limitante na disponibilidade desse mineral em alimentos vegetais. Entretanto verificou-se que em condições naturais, esse composto apresenta alto potencial de quelação, pois encontra-se carregado negativamente, fazendo com que seu grupo fosfato se complexa com moléculas carregadas positivamente. Segundo Quirrembach et al. (2009), a molécula de ácido fítico pode apresentar até doze cargas negativas, sendo duas localizadas em cada um dos seis grupos fosfatos.

Dessa forma, por meio de ligações eletrostáticas, o fitato forma complexos com minerais (Ca, Zn, Mn, Fe, entre outros), além de proteínas, lipídeos e amido (Kumar et al., 2012). Além de ter uma influência negativa na solubilidade das proteínas, prejudica a função das pepsinas por causa das ligações iônicas entre os grupos fosfato do ácido fítico e aminoácidos como lisina, histidina e arginina, sob condições ácidas. E sob condições neutras, os grupos carboxil de alguns aminoácidos poder se ligar ao fitato, usando elementos minerais bivalentes tais como Ca, como ponte de ligação.

Ressalta-se que esse poder de quelação reduz a biodisponibilidade dos nutrientes, uma vez que esses complexos formados não são absorvidos no trato gastrointestinal pelo fato de serem insolúveis em pH próximo ao do intestino. Em relação à sua capacidade de reserva de fósforo, até 90% do total desse mineral presente nas plantas pode estar na forma de fitato. Kumar et al. (2012) estimaram que a produção anual de fitato é de cerca de 14.4 milhões de toneladas, em virtude da produção mundial de sementes e frutas. Por exemplo, o milho, trigo e farelo de soja, que são ingredientes vegetais amplamente utilizados na fabricação de rações para animais, apresentam em torno de 2,4; 3,08 e 6,66% de fósforo, sendo que desse total 85; 74,9 e 68,3%, respectivamente, apresentam-se na forma de fitato.

Fitase

A enzima fitase é quimicamente conhecida como *mio*-inositol-hexafosfato fosfoidrolase. Ela possui a capacidade de hidrolisar a molécula de ácido fítico (Morales et al., 2013), sequestrando seus grupos ortofosfatos e produzindo uma série de ésteres de fosfatos de *mio*-inositol, através de sucessivas reações de desfosforilação, conduzindo na produção de *mio*-inositol livre, juntamente com seus fósforos inorgânicos. Além do mais, através dessa hidrólise, a fitase provoca diminuição da capacidade de quelação do ácido fítico em relação aos diferentes cátions (Kumar et al., 2012).

As fontes naturais dessa enzima são vegetais (trigo, soja, milho, arroz, centeio, cevada, entre outros), bactérias do tipo Enterobacteriaceae e fungos como *Aspergillus niger*. Entretanto,



destaca-se que a obtenção através da membrana celular de fungos é comercialmente a forma mais comum de obtenção da mesma sendo que o processo de síntese a partir de *A. niger* foi a primeira forma de produção bem caracterizada e conseqüentemente comercializada em comparação às demais fontes de fitase.

As primeiras tentativas para comercialização da fitase iniciaram-se em 1962 na América do Norte. No entanto, naquele tempo, o custo de sua produção era um obstáculo para seu uso. Somente a partir de 1991 houve a produção dessa enzima, sendo comercializada e disponibilizada para nutrição animal. Sua comercialização e utilização em dietas para animais foi impulsionada devido à legislação introduzida em países da Europa para controlar a poluição de fosfatos em unidades de criação de aves e suínos, adquirindo posteriormente aceitação mundial, o que influenciou na redução de preços e facilitou a aplicação em criação de animais não-ruminantes.

As fitases são classificadas em 2 categorias quanto à hidrólise realizada nos grupos fosfato do ácido fítico, sendo considerada 3-fitase, quando o processo de hidrólise do mesmo inicia-se no terceiro fosfato e, 6-fitase quando é primeiramente realizada no sexto fosfato. A enzima isolada de *A. niger* é classificada como 3-fitase, enquanto que de outros micro-organismos como *Peniophora lycii* e *Escherichia coli* são categorizadas como 6-fitase. Ela também pode ser categorizada conforme o pH de ação, sendo considerada uma enzima ácida quando apresenta pH de ação em torno de 5,0 e alcalina quando esse valor se eleva para aproximadamente 8,0.

Segundo Cao et al. (2007), a fitase pode ser adicionada em dietas para animais na forma de pó, grânulos ou líquidos, sendo submetida a um pós-revestimento ou pré-tratamento, com a finalidade de evitar problemas durante o processamento como a extrusão, principalmente em relação à altas temperaturas, uma vez que essa enzima não é estável ao calor.

A fitase vem sendo bastante estudada não somente por disponibilizar maior quantidade de fósforo inorgânico para absorção, mas também por evitar o efeito negativo do ácido fítico sobre outros nutrientes como minerais e proteínas. Diversos estudos demonstram a eficiência da utilização da fitase para aves e suínos em diferentes parâmetros observados como na digestibilidade e retenção de nutrientes e no desempenho produtivo. Apesar da utilização da mesma estar bem estabelecida para animais terrestres, não é tão extensivamente aplicada na aquicultura. Recentemente, pesquisas têm sido realizadas com intuito de investigar os efeitos da suplementação da fitase em dietas para diferentes espécies de peixes, como truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*), salmão do atlântico (*Salmo salar*), jundiá (*Rhamdia quelen*), tilápia-do-Nilo (*Oreochromis niloticus*), entre outras.

O aumento do interesse na investigação dos efeitos da fitase em dietas para peixes deve-se principalmente ao fato de haver maior aproveitamento do fósforo de fontes vegetais por meio da inclusão dessa enzima e a conseqüente redução da necessidade de suplementação de fósforo inorgânico nas rações, diminuindo o impacto ambiental no meio aquático gerado pela excreção desse mineral nas fezes (Bock et al., 2007).

Nesse sentido, Bock et al. (2007) observaram eficiência de 29,55% maior na utilização do fósforo em alevinos de tilápia alimentados com dieta contendo 2000 FTU quando comparado a dieta contendo fosfato sem adição de fitase. Os mesmos autores ainda verificaram uma quantidade de 1,16% menor de fósforo nas fezes dos animais alimentados com rações contendo a enzima. Gonçalves et al. (2007) observaram que a suplementação de fitase



aumentou em 25,75; 25,82; 43,1 e 45,75% o aproveitamento desse mineral para alimentos vegetais como 500 milho, farelo de soja, glúten de milho e farelo de arroz, respectivamente.

O fósforo fítico não absorvido e excretado, juntamente com a quantidade de fósforo inorgânico adicionada às rações, que não é retido pelo organismo, afetam negativamente na qualidade de água. As sobras alimentares e as fezes são as principais fontes de poluentes em efluentes de piscicultura intensiva, sendo que o excesso de fósforo no meio aquático torna-se impactante devido ao fato de ser o nutriente mais limitante para produção primária de algas, influenciando consequentemente na eutrofização do ambiente, diminuindo o oxigênio existente, além de contaminar o solo e as águas subterrâneas.

Conclusões

A utilização da fitase em dietas para peixes vem se mostrando uma importante ferramenta para proporcionar maior aproveitamento dos nutrientes dos ingredientes vegetais pelos peixes, destacando-se principalmente por meio da redução da excreção de fósforo, o que contribui para manutenção a qualidade de água tanto em sistemas de produção como em sistemas naturais (rios e córregos).

Literatura citada

- BOCK, C.L.; PEZZATO, L.E.; CANTELMO, O.A.; BARROS, M.M. Fitase em rações para tilápia-do-nilo na fase de crescimento. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36:1455–1461, 2007.
- CAO, L.; WANG, W.; YANG, C.; YANG, Y.; DIANA, J.; YAKUPIYAGE, A.; LUO, Z.; LI, D. Application of microbial phytase in fish feed. *Enzyme Microbial Technology*, 40: 497–507, 2007.
- FRANCIS, G.; MAKAR, H.P.; BECKER, K. Antinutritional factors present in plant-derived alternate fish feed ingredients and their effects in fish. *Aquaculture*, 199: 197–227, 2001.
- GONÇALVES, G.S.; PEZZATO, L.E.; PADILHA, P. de M.; BARROS, M.M. Disponibilidade aparente 752 do fósforo em alimentos vegetais e suplementação da enzima fitase para tilápia-do-nilo. *Revista Brasileira de Zootecnia*, 36: 1473-1480, 2007.
- KUMAR, V.; SINHA, A.K.; MAKAR, H.P.S.; BOECK, G. de; BECKER, K. Phytate and phytase in fish nutrition. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 96: 335–64, 2012.
- MORALES, G.A.; RODRIGÁÑEZ, M.S. de; MÁRQUEZ, L.; DÍAZ, M.; MOYANO, F.J. Solubilisation of protein fractions induced by *Escherichia coli* phytase and its effects on in vitro fish digestion of plant proteins. *Animal Feed Science and Technology*, 181: 54–64, 2013.
- QUIRRENBACH, H.R.; KANUMFRE, F.; ROSSO, N.D.; CARVALHO FILHO, M.A. Comportamento do ácido fítico na presença de Fe (II) e Fe (III). *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 29: 24-32, 2009.