

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE MESTRADO**

FITASE EM DIETAS DE FRANGOS DE CORTE

Henrique Barbosa de Freitas

CAMPO GRANDE, MS
2016

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA ANIMAL
CURSO DE MESTRADO**

FITASE EM DIETAS DE FRANGOS DE CORTE
Phytase in broiler diets

Henrique Barbosa de Freitas

Orientadora: Prof^a. Dra. Karina Márcia Ribeiro de Souza
Co-Orientador: Prof. Dr. Charles Kiefer

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Mato grosso
do Sul, como requisito à obtenção do
título de Mestre em Ciência Animal.
Área de concentração: Produção
Animal.

CAMPO GRANDE, MS 2016

Certificado de aprovação

HENRIQUE BARBOSA DE FREITAS

Fitase em dietas de frangos de corte

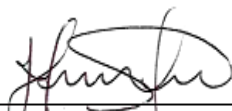
Phytase in broiler diets

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Mato Grosso
do Sul, como requisito à obtenção do
título de mestre em Ciência Animal.

Área de concentração: Produção
Animal.

Aprovado(a) em: 26/02/2016

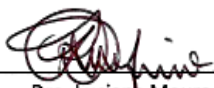
BANCA EXAMINADORA:



Dra. Karina Márcia Ribeiro de Souza
(UFMS) – (Orientadora)



Dra. Elis Regina de Moraes Garcia
UEMS



Dra. Luciana Moura Rufino
UFMS

Aos meus pais Diorande e Glêide por sempre acreditar, apoiar e incentivar em todos os momentos em busca do meu grande sonho e à minha companheira de vida Taynah por todas as caminhadas, estando presente em tudo, sempre acreditando em mim nos momentos mais felizes e difíceis da minha vida.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela oportunidade de viver, sempre me dando força e esperança perante as dificuldades e obstáculos encontrados.

À minha família, principalmente aos meus pais, Diorande Garcia de Freitas e Glêide Barbosa de Assis Freitas, meu alicerce, grande orgulho e incentivo em todos os momentos, apoio incondicional e por me tornar quem realmente sou hoje.

Aos meus grandes irmãos Lucas Barbosa de Freitas e Felipe Barbosa de Freitas que, mesmo estando longe, me apoiam em busca de meus objetivos.

À minha eterna companheira Taynah Vieira Aguiar Farias, minha melhor amiga, incentivo maior, meu grande amor, que de forma especial e carinhosa me apresentou o verdadeiro sentido do amor, sempre me dando força, coragem e apoio para alcançar todos os meus sonhos, além de me ajudar diretamente em mais esta etapa.

À minha sogra Juçania Farias (Jú) e meu grande sogro Wilson Farias (Tiozão) “*in memoriam*”, por me receber como um filho, fazendo de sua casa meu segundo lar, me apresentando o sentido da palavra união e por proporcionar momentos de vida do qual nunca tinha vivido antes.

À Prof^a Dra. Karina Márcia Ribeiro de Souza, pela amizade, orientação, imensa paciência, dedicação, apoio, oportunidade de trabalhar no Laboratório Experimental em Ciência Aviária (LECA) e também pelos valiosos conselhos e ensinamentos na vida acadêmica e pessoal.

Ao Prof^o Dr. Charles Kiefer, pela amizade, co-orientação, vastos ensinamentos, conselhos e por sempre estar disposto em ajudar e sanar todas as minhas dúvidas.

À Prof^a Dra. Elis Regina de Moraes Garcia por nunca hesitar ao ser solicitada e estar sempre disposta em me ajudar e sanar minha dúvidas quando precisei.

Aos mestres professores do Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, pelo conhecimento repassado e vasto aprendizado transmitido.

Aos meus amigos pós-graduandos parceiros de caminhada acadêmica, Stephan Alencar, Alberto Gaspar, Anderson de Lucca, Raizza Tulux e Jonathan Carvalho por todos os momentos de alegria, apoio, ajuda e principalmente amizade durante minha vida.

Aos amigos de pós-graduação e companheiros de trabalho apresentados pela avicultura, Luanna Paiva, Thiago Rodrigues, Patrícia Berno, Arnaldo Vitorino e Natália Batista, por me proporcionar momentos ímpares de alegria, companheirismo e muito trabalho durante o mestrado.

Aos amigos, companheiros de experimento e estagiários, Patrícia Santana, Jeovania Leite, Larissa Albuquerque, Nadine Godoy, Lidiane Akemi, Fabiana Fonseca, Isabela Bartz, Cauê Tertuliano, Gabriel Ragalzi, Rafaela Nunes, Letícia Nantes e Bianca Buldi. Muito obrigado pela imensa ajuda e força de vontade na condução do experimento, sem vocês esse projeto não chegaria ao final.

Aos meus amigos Adailton Neto, Ricardo Trauer, Kelvin Alin, Ariadne Portilho, Tamires Lima, João Alvaro (Pinguim) e Leonardo Sitorski, companheiros de todas as horas, os quais considero irmãos, apresentados pela vida, obrigado pela amizade verdadeira e sincera, por me apoiar e sempre estarem lá quando mais precisei.

Em especial aos meus inúmeros amigos de faculdade, que mesmo em todos os momentos de dificuldade e felicidades estiveram presentes no meu caminho tornando minha vida acadêmica muito mais prazerosa.

À empresa AB Vista pela concessão das enzimas e pelo auxílio financeiro, em especial Gilson Gomes e Tiago Santos, sempre muito prestativos e atenciosos quando solicitados e questionados. Muito obrigado por incentivar a pesquisa em frangos de corte.

Ao grande amigo Ricardo Oliveira, apresentado pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, nunca hesitando em me ajudar, sendo sempre animado, prestativo, competente e companheiro em todos os momentos.

À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, pela oportunidade da realização do curso de Mestrado.

À Fundect – Fundação de Apoio ao Desenvolvimento do Ensino, Ciência e Tecnologia do estado de Mato Grosso do Sul, pela concessão da bolsa de estudos e apoio a pesquisa referente à chamada Fundect/CAPES nº 02/2014.

“Não fique triste quando ninguém notar o que fez de bom. Afinal, o sol faz um enorme espetáculo ao nascer, e mesmo assim, a maioria de nós continua dormindo.”

Charles Chaplin

Resumo

FREITAS, H.B. Fitase em dietas de frangos de corte. 2016. 48f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2016.

Realizou-se este estudo com o objetivo de avaliar o *superdosing* de fitase sobre os parâmetros de desempenho, deposição de cinzas, fósforo nas tíbias, características quantitativas de carcaça e peso de órgãos em frangos de corte. Em frangos de corte criados intensivamente a dieta é responsável por aproximadamente 70% dos custos totais, sendo a suplementação de fósforo inorgânico a mais onerosa dentre os minerais. No entanto, dietas para aves são constituídas basicamente de ingredientes de origem vegetal, em sua maioria de milho e farelo de soja. Por outro lado, alguns minerais e nutrientes contidos em ingredientes de origem vegetal se apresentam em grande parte aprisionados à molécula de ácido fítico, onde boa parte do fósforo se encontra indisponível para animais não-ruminantes. A busca por ferramentas nutricionais a fim de melhorar o aproveitamento dos componentes presentes na alimentação se torna cada vez mais constante, sendo a inclusão de fitase uma ferramenta nutricional que vem demonstrando resultados satisfatórios para frangos de corte, podendo melhorar a eficiência alimentar das aves pelo aumento da digestão dos alimentos e redução na perda de nutrientes, e consequentemente elevado potencial de diminuição da poluição ambiental causada pelo excesso de nutrientes contidos nas excretas de aves. Nesse sentido foram consideradas três matrizes nutricionais: Matriz 1: 0,165% cálcio (Ca), 0,150% de fósforo disponível (Pd) e 0,035% de sódio (Na); Matriz 2: 0,215% Ca, 0,195% Pd e 0,045% Na e Matriz 3: 0,245% Ca, 0,225% Pd e 0,053% Na, sendo os tratamentos definidos em: dieta sem fitase (formulada para atender as exigências nutricionais e sem enzima); Matriz 1 + 500 FTU; Matriz 1 + 1000 FTU; Matriz 1 + 1500 FTU; Matriz 2 + 1000 FTU e Matriz 3 + 1500 FTU. Não houve influência do *superdosing* de fitase sobre os parâmetros de desempenho, características ósseas e quantitativas de carcaça e peso de órgãos, sendo que aos 42 dias a suplementação de 1500 FTU/kg associada à consideração da Matriz 3 (0,245% Ca, 0,225% Pd e 0,053% Na) fica evidente a eficiência da suplementação de fitase associada a sua matriz nutricional, tornando-se possível a substituição parcial das fontes inorgânicas de fósforo, cálcio e sódio pela suplementação de níveis superiores de fitase, podendo ser observado semelhança de ganho de peso obtida com a dieta Matriz 3+1500 FTU/kg comparada a Matriz+500 FTU (2885,76gX2838,08g). Portanto, o *superdosing* de fitase não altera o

desempenho, deposição de cinzas e fósforo nas tíbias, características quantitativas de carcaça e peso dos órgãos, porém a inclusão de 1500 FTU/kg de fitase considerando a maior matriz nutricional proporciona resultados semelhantes às dietas tradicionalmente utilizadas, traduzindo-se em considerável diminuição da quantidade de minerais inorgânicos utilizados, otimizando o aproveitamento de nutrientes da dieta e reduzindo, conseqüentemente, os custos de alimentação na produção de aves.

Palavras-chave: ácido fítico, desempenho, fósforo, *superdosing*

Abstract

FREITAS, H.B. Phytase in broiler diets. 2016. 48f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS, 2016.

The purpose of this study was to evaluate the phytase superdosing on performance parameters, deposition of ash, phosphorus in the tibias, quantitative carcass characteristics and organ weights in broilers. In intensively raised broiler chickens the diet is responsible for approximately 70% of total costs, whereas the supplementation of inorganic phosphorus is the most expensive among minerals. However, diets for poultry are primarily based of plant ingredients, consisting mostly of corn and soybean meal. On the other hand, some minerals and nutrients contained in vegetable ingredients are mostly trapped in the phytic acid molecule making mostly of the phosphorus unavailable for non-ruminant animals. In order to improve the utilization of the components present in the feed the search for nutritional tools becomes increasingly constant, the inclusion of phytase has been a nutritional tool that has proven satisfactory results for broilers, which can improve feed efficiency in poultry by increasing digestion of food and reduction in loss of nutrients and, consequently, reducing the potential environmental pollution caused by excess nutrients contained in broilers excreta. In this sense three nutritional matrices were considered: Matrix 1: 0.165% of Calcium (Ca), 0.150% of available phosphorus (aP) and 0.035% of sodium (Na); Matrix 2: 0.215% of Ca, 0.195% of aP and 0.045% of Na and Matrix 3: 0.245% of Ca, 0.225% of aP and 0.053% of Na, being treatments defined as: diet without phytase (formulated to meet the nutritional requirements and without enzyme) ; Matrix 1+500 FTU; Matrix 1+1000 FTU; Matrix 1+1500 FTU; Matrix 2+1000 and Matrix 3+1500 FTU. There was no influence of superdosing phytase on performance parameters, bone and quantitative carcass characteristics and organ weights, and after 42 days of supplementation 1500 FTU/kg associated with the consideration of Matrix 3 (0.245% Ca, 0.225% aP and 0.053% Na) is visible the efficiency of the phytase supplementation associated with a nutritional matrix, making it possible to partially replace the inorganic sources of phosphorus, calcium and sodium by supplementation of increased levels of phytase, observing then the similarity of the gain weight obtained with the Matrix 3+1500 FTU/kg compared to Matrix+500 FTU (2885,76gX2838,08g). Therefore, the phytase superdosing does not change the performance, deposition of ash and phosphorus in the tibias, quantitative carcass characteristics and organ weights, however the inclusion of 1500 FTU/kg phytase considering the superior nutritional matrix will provide similar results to used

traditional diets, resulting in a considerable decrease in the amount of inorganic minerals used by optimizing the dietary nutrient utilization and consequently may reduce feed costs in poultry production.

Keywords: performance, phosphorus, phytic acid, superdosing

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Estrutura do ácido fítico na conformação de cadeira	18
--	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Ocorrência de fósforo nos ingredientes utilizados em dietas para frangos de corte	18
Tabela 2 – Composição percentual e valores calculados das dietas experimentais para frangos de corte na fase de 1 a 21 dias de idade	35
Tabela 3 – Composição percentual e valores calculados das dietas experimentais para frangos de corte na fase de 22 a 33 dias de idade	36
Tabela 4 – Composição percentual e valores calculados das dietas experimentais para frangos de corte na fase de 34 a 42 dias de idade	37
Tabela 5 - Temperaturas e umidades mínimas e máximas observadas durante o período experimental	38
Tabela 6 - Recuperação da fitase (FTU/kg) e xilanase (BXU/kg) para as dietas experimentais fornecidas às aves no período de 1 a 42 dias	39
Tabela 7 - Desempenho de frangos de corte submetidos a dietas com suplementação de fitase de 1 a 21, 33 e 42 dias de idade	40
Tabela 8 - Teores de cinzas e fósforo nas tíbias desengorduradas de frangos de corte aos 21 dias de idade submetidos a dietas contendo diferentes níveis de fitase	42
Tabela 9 - Peso absoluto e relativo de órgãos de frangos de corte submetidos a dietas com suplementação de fitase aos 21 dias de idade.....	43
Tabela 10 - Peso absoluto e relativo de órgãos de frangos de corte submetidos a dietas com suplementação de fitase aos 42 dias de idade.....	44
Tabela 11- Características de carcaça e rendimentos de cortes de frangos submetidos a dietas com suplementação de fitase aos 42 dias de idade	45

SUMÁRIO

INTRODUÇÃO	14
1.1 Importância do fósforo para aves	16
1.2 Características da molécula de ácido fítico	17
1.3 Enzimas e seus mecanismos de ação	20
1.4 Ações da fitase no trato digestório de aves	20
1.5 Utilização de fitase em dietas de frangos de corte	23
1.6 Matriz nutricional e <i>Superdosing</i> de fitase	24
REFERÊNCIAS	26
<i>Superdosing</i> de fitase com redução macromineral em dietas de frangos de corte	31
Resumo	31
Abstract	32
Introdução	33
Material e Métodos	34
Resultados e Discussão	38
Conclusões	45
Literatura Citada	46

INTRODUÇÃO

Devido ao ascendente cenário econômico nacional e internacional da avicultura nos últimos anos, os produtos avícolas têm tido destaque considerável na economia, respondendo por quase 1,5% do Produto Interno Bruto (PIB) nacional brasileiro no ano de 2014. Aliado ao elevado desenvolvimento da criação, observou-se que a produção brasileira de carne de frango em 2014 totalizou 12,691 milhões de toneladas, destinado 32,3% do total produzido ao mercado externo (ABPA, 2015) demonstrando a importância do setor na economia mundial.

Porém, em frangos de corte criados intensivamente um dos componentes que mais oneram o custo da produção das aves é a dieta, podendo esse valor chegar até 70% do total, representado pelas fontes de proteína e energia as mais onerosas, seguidas da suplementação mineral de fósforo, totalizando cerca de 2 a 3% do valor total (Schoulten et al., 2003).

No entanto, dietas para frangos de corte são constituídas basicamente de ingredientes de origem vegetal, composta em sua maioria de milho e farelo de soja. Por outro lado, alguns minerais e nutrientes contidos em ingredientes de origem vegetal se apresentam em grande parte aprisionados à molécula de ácido fítico, no qual cerca de 70% do fósforo se encontra indisponível para animais não-ruminantes (Silva et al., 2006; Rostagno et al., 2011). Sendo assim, as aves não possuem capacidade de sintetizar a enzima fitase para a hidrólise eficiente da molécula de ácido fítico presente nos ingredientes de origem vegetal (Macari et al., 2002), faz-se necessário a adição de elevada quantidade de fonte inorgânica de fósforo para suprir as exigências nutricionais desse mineral nas diferentes fases de criação.

Quando considerado o elevado custo das dietas e dos minerais adicionados, ligados ao fato de que frangos de corte não utilizam de maneira eficiente os nutrientes retidos à molécula de ácido fítico, a busca por alternativas nutricionais para melhorar ainda mais o aproveitamento dos componentes presentes na alimentação se torna cada vez mais constante. Uma ferramenta nutricional que vem demonstrando resultados satisfatórios é a inclusão de enzimas exógenas na alimentação de frangos de corte, com intuito de melhorar a eficiência alimentar das aves pelo aumento da digestão dos alimentos e redução na perda de nutrientes e, consequentemente, elevado potencial de redução da poluição ambiental causada pelo excesso de nutrientes contidos nas excretas de aves (Caires et al., 2008).

Como a suplementação de fontes inorgânicas de minerais apresentam elevado custo de utilização em criação de aves, nos últimos anos a adição de fitase exógena na dieta tornou-se alternativa viável para frangos de corte, permitindo a substituição parcial ou total da quantidade de certos ingredientes adicionados às dietas, como por exemplo, redução

principalmente do fosfato bicálcico, permitindo posteriormente a redução reduzir os custos com formulação, além de melhorar o aproveitamento de nutrientes e do desempenho e reduzir significativamente a excreção de poluentes ao meio ambiente.

Novas estratégias nutricionais através da utilização de suplementação de fitase estão sendo estudadas como, por exemplo, níveis acima do recomendado pela literatura e indústria, denominada de *Superdosing*. Sua utilização consiste em considerar ou não a matriz nutricional da enzima fitase, indicando a quantidade de nutrientes (energia, proteína, cálcio, fósforo e aminoácidos) que será liberada quando adicionada a dieta (Ligeiro et al., 2009), associada a elevados níveis de fitase, a fim de obter melhorias sobre o desempenho, digestibilidade de nutrientes, parâmetros sanguíneos e ósseos, tornando-se alternativa nutricional a ser aplicada na cadeia avícola.

Nesse sentido, realizou-se este estudo com o objetivo de avaliar o *superdosing* de fitase sobre os parâmetros de desempenho, características quantitativas de carcaça, deposição de cinzas e fósforo nas tíbias e peso de órgãos em frangos de corte.

1.1 Importância do fósforo para aves

Os minerais constituem papel extremamente importante para o organismo animal, representando cerca de 3 a 4% do peso corporal das aves (Macari et al., 2002). Dentre todos os minerais, o fósforo é o segundo mais abundante na composição dos tecidos animais, estando 80% do total presente nos ossos e dentes e os 20% restante distribuído entre fluídos e outros tecidos (Waldroup, 1996; Underwood & Suttle, 1999). Como componentes estruturais do corpo, os ossos servem de reserva mineral de cálcio e fósforo, mobilizados ocasionalmente quando o fornecimento na alimentação for inadequado para atender às exigências nutricionais dos animais (Maynard et al., 1984).

Além de desempenhar importante papel como mineral estrutural, o fósforo está envolvido em diversos processos metabólicos, presente na formação da estrutura óssea, do tecido muscular e ovos, componentes de ácidos nucleicos, fundamental no controle do metabolismo celular, auxilia na manutenção osmótica e no balanço ácido-básico, necessário para formação dos fosfolipídeos, na transferência de energia como componente da molécula de trifosfato de adenosina (ATP), é ativador de muitos processos enzimáticos (Underwood, 1981; Santos et al., 2011), auxilia no transporte de gorduras, síntese de aminoácidos e proteínas, e ainda, participa no controle do apetite e na eficiência alimentar (Runho et al., 2001).

O fósforo é depositado na matriz orgânica do osso sob a forma de hidroxiapatita, estando envolvido na formação de colágeno e mineralização óssea, podendo aumentar a resistência tênsil do osso e acelerar a cicatrização de fraturas (Hemme et al., 2005). A forma de ingestão de fósforo pelas aves pode ocorrer por diversas maneiras, sendo inorgânica como mono, di ou trifosfato, ou orgânica como fitatos, fosfolipídeos ou fosfoproteínas, os quais são absorvidos no intestino delgado sob a forma de ortofosfato.

Após a digestão do alimento consumido pelas aves, o fósforo dietético é absorvido na forma de fosfato no intestino delgado, no entanto, parece ocorrer ao longo de toda estrutura, sendo o duodeno principal local, provavelmente devido ao seu pH capaz de aumentar a solubilidade, proporcionando portanto, a absorção do mineral (Macari et al., 2002). Evidências revelam que a absorção de fósforo parece envolver transporte ativo com gasto de energia, no qual a taxa de absorção depende de vários fatores reguladores como o pH intestinal, nível de fósforo na dieta, relação cálcio:fósforo ideal, vitamina D e outros minerais (Hays & Swenson, 1988).

Na produção dos frangos, quando o atendimento da exigência de fósforo e o consumo em quantidades inadequadas, resultarão em diminuição do desempenho das aves, elevação nos índices de mortalidade, queda na produção de ovos, problemas de anormalidades, má qualidade da casca e do ovo, altos índices de quebra de casca de ovo, piora na eficiência de utilização dos alimentos e mineralização óssea inadequada (Calderon & Jensen, 1990; NRC, 1994), levando ao desenvolvimento anormal do corpo e apresentando anomalias como o raquitismo, osteoporose, osteomalácia e osteodistrofia, discondroplasia da tíbia ou mesmo desmineralização óssea (Qian et al., 1996).

Por outro lado, se os níveis de fósforos forem supridos pela dieta em todo período de criação, a produção das aves será satisfatória, capaz de garantir, além do ótimo desempenho, boa formação e resistência óssea dos frangos de corte criados intensivamente (Laurentiz et al., 2009).

Além dos prejuízos causados pela deficiência de fósforo na dieta, o excesso de fósforo inorgânico juntamente com o fítico e outros nutrientes que não são utilizados pelas aves são eliminados nas excretas, causando problemas ao meio ambiente, como a eutrofização e nitrificação, diminuindo a quantidade de oxigênio dissolvido nas águas dos rios e lagos, levando a morte de peixes e seres aquáticos, e possível contaminação do solo por excesso desse componente (Fukayama et al., 2008).

No entanto, o fósforo contido em alimentos de origem vegetal encontra-se em sua maior parte complexado à molécula de fitato e indisponível para aves. Porém, como solução desse problema a utilização de enzimas exógenas vêm sendo alternativa viável para hidrolisar essas moléculas dos alimentos e promover a absorção dos nutrientes. Este fato já foi comprovado para enzimas como a fitase, xilanases, galactosidases, entre outras, influenciando a absorção de macro e microminerais (Bertechini, 2006).

1.2 Características da molécula de ácido fítico

Estruturalmente o fitato ou ácido fítico se refere a uma mistura de sais de ácido fítico, em sua maioria composto por seis resíduos de ácido ortofosfórico ligados ao inositol (mio-inositol (1, 2, 3, 4, 5, 6) hexafosfato, IP6) (Figura 1) (Nagashiro, 2007).

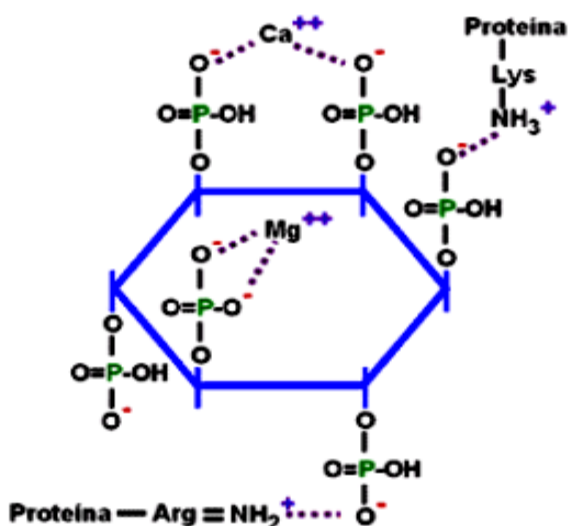


Figura 1 – Estrutura do ácido fítico na conformação de cadeira (Quirrembach et al., 2009)

O fósforo contido na maioria dos alimentos de origem vegetal está na forma de fitato, constituindo de 50 a 80% do total, sendo sua presença variável conforme a espécie, clima, solo, adubação, idade e estágio de maturação do vegetal (Harland & Morris, 1995; Rostagno et al., 2011) (Tabela 1). Nas sementes e nos grãos de cereais, o fitato é a principal forma de armazenamento do fósforo, mio-inositol e de íons metálicos (Oh et al., 2004).

Tabela 1 – Ocorrência de fósforo nos ingredientes utilizados em dietas para frangos de corte

Ingrediente	%P Total	%P Fítico	%P Disponível¹	%P Disp:P Total
Farelo de arroz	1,67	1,43	0,24	14,37
Milho grão	0,25	0,19	0,06	24,00
Farelo de soja (45%)	0,56	0,34	0,22	39,28
Soja integral tostada	0,52	0,33	0,19	36,54
Sorgo	0,26	0,18	0,08	30,77
Farelo de trigo	0,97	0,64	0,33	34,02

¹Fósforo disponível calculado no alimento. Adaptado de Rostagno et al. (2011).

A molécula de ácido fítico possui como principal função se ligar e armazenar o fósforo contido nos vegetais, para que o embrião da planta em desenvolvimento utilize essa reserva, para posteriormente se ligar com cátions bivalentes a fim de serem liberados após germinação (Remus, 2007). A localização desta molécula é variável entre os diversos vegetais, estando em grãos pequenos situado principalmente na parte externa da semente (camada de pericarpo, testa e aleurona), situado no germe do milho, enquanto nas sementes de leguminosas, encontra-se nos cotilédones. Nas rações, o IP6 está na forma de complexos ligados a minerais,

como Mg, Ca e K, considerado a forma dominante no milho, farelo de arroz, sorgo, farelo de soja e trigo (Nagashiro, 2007).

Em pH próximo ao neutro (6 a 7) os grupamentos fosfatos presentes na molécula de fitato atuam como agentes quelatantes fortes de íons metálicos como cálcio, magnésio, cobalto, manganês e zinco, impedindo que sejam absorvidos por animais monogástricos (Lei et al., 1993). Devido a essas propriedades e ao fato de que os animais monogástricos possuem baixo nível de fitase intestinal para a hidrólise eficiente da molécula de ácido fítico, o fitato presente nos constituintes da dieta de não-ruminantes, tem sido considerado fator antinutricional (Cherry & Fidantsef, 2003; Kristensen et al., 2006).

Além da interação do fitato com minerais essenciais, formando grande variedade de complexos insolúveis, sua presença reduz a digestibilidade de lipídeos, carboidratos e proteínas, formando complexos que são menos solúveis e mais resistentes à proteólise. As cargas negativas da molécula de ácido fítico reagem com as positivas de alguns aminoácidos, tais como lisina, arginina, histidina, das moléculas de proteínas, incluindo as enzimas envolvidas na digestão de proteínas, diminuindo assim a disponibilidade dos aminoácidos (Ravindran et al., 1999; Cowieson et al., 2006).

Porém, o fitato ainda tem carga negativa e pode reagir eletrostaticamente com os resíduos básicos de aminoácidos da proteína dietética. A extensão desta reação depende da concentração e da solubilidade do fitato, da concentração de cálcio dietético, do pH do meio e do ponto isoelétrico da proteína (Cowieson et al., 2008).

Tem sido demonstrado ainda que o fitato pode afetar a digestibilidade do amido interagindo com a amilase (Thompson & Yoon, 1984), tripsina, fosfatase ácida, e tirosinase também são inibidas pelo inositol (Harland & Morris, 1995). Nesse sentido, o fitato influencia negativamente a digestão de nutrientes, influenciando negativamente a energia metabolizável da dieta e, conseqüentemente, gerando piora no aproveitamento de nutrientes, resultando em queda de crescimento, hipoglicemia e danos aos tecidos animais (Laurentiz et al., 2005).

De modo geral, os teores de fósforo nos vegetais, como milho e farelo de soja, são muito pequenos quando comparados aos ingredientes de origem animal da dieta. No entanto, por mais que grandes quantidades sejam incluídas nas formulações, tanto o milho quanto o farelo de soja não atendem totalmente a exigência de fósforo recomendada para cada fase de criação. Ainda que as aves possam ter presente no conteúdo intestinal uma pequena quantidade de fitase endógena, esta é insuficiente para degradar a molécula de ácido fítico dos vegetais, tornando a suplementação de fitase exógena alternativa viável para disponibilizar o fósforo contido nos ingredientes utilizados na alimentação.

1.3 Enzimas e seus mecanismos de ação

Enzimas são proteínas que atuam como catalisadores biológicos, aumentando a velocidade das reações químicas no trato gastrintestinal (TGI) das aves sem serem alteradas durante o processo de digestão. São específicas para cada nutriente e possuem um sítio ativo para sua ação na ruptura das ligações químicas (Ramos et al., 2007).

Devido à presença de fatores antinutricionais nos principais ingredientes utilizados, atualmente vêm sendo adicionadas enzimas exógenas à dieta de aves, pelo fato de não produzirem enzimas endógenas específicas para a hidrólise desses compostos indesejáveis presentes nos alimentos, como por exemplo, a molécula de ácido fítico. As enzimas têm como função primordial aumentar a digestibilidade dos nutrientes, remover ou destruir fatores antinutricionais dos alimentos e potencializar a ação de enzimas endógenas, resultando em melhor desempenho dos animais (Ramos et al., 2007).

Enzimas participam em reações químicas intra ou extracelulares e quando adicionada à dieta atuam no TGI, e a partir do momento em que encontram condições ideais de pH, temperatura e umidade entram em atividade (Caires et al., 2008).

As enzimas são altamente específicas para as reações que catalisam e para os substratos que estão envolvidos na reação. Exigem que sua estrutura permaneça inalterada, para garantir sua atividade, a qual depende de vários fatores (tipo e quantidade de substrato, pH, temperatura, presença de inibidores enzimáticos) e, por serem proteínas, podem ser inativadas e desnaturadas por pH extremos e calor, também podendo ser degradadas por outras enzimas, como por exemplo proteases (Campestrini et al., 2005).

Durante o processo digestivo, as enzimas se unem às moléculas de alimentos de alto peso molecular e formam complexo enzima-substrato, e aceleram o catabolismo de moléculas grandes (amido, proteína e gordura) em moléculas menores (glicose, aminoácidos e ácidos graxos), as quais serão prontamente absorvidas via membrana intestinal para serem utilizadas pelas aves a fim de desempenhar diversas funções, incluindo crescimento e produção (Braddock & Fuente, 1996).

1.4 Ações da fitase no trato digestório de aves

A fitase ou mio-inositol hexafosfato fosfotransferase é uma enzima pertencente ao grupo das fosfatases de histidina ácida que hidrolisam o fitato para mio-inositol e fosfato inorgânico. Dentre as enzimas disponíveis, há dois tipos de fitase, a mio-inositol

hexaquifosfato 3-fosfohidrolase, denominada 3-fitase e a mio-inositol hexaquifosfato 6-fosfohidrolase, 6-fitase ou fitato 6-fosfatase, definida a partir do local onde é iniciada a hidrólise da molécula de fitato (Vohara & Satyanarayana, 2003).

A unidade de fitase ativa (FTU ou U) é definida como a quantidade de enzima necessária para liberar um micromol de ortofosfato inorgânico por minuto em substrato de sódio fitato a temperatura de 37°C e pH 5,5 (Engelen et al., 1994; Conte, 2000).

Diversas fitases com propriedades estruturais e catalíticas podem ser encontradas em animais, plantas e microrganismos, como por exemplo em certos ingredientes constituintes das dietas podem conter fitases naturais capazes de separar o fósforo da molécula de ácido fítico. A fitase é encontrada em cereais como arroz, trigo, milho, sorgo, tritcale, soja, feijão, e outras leguminosas ou sementes oleaginosas (Vohara & Satyanarayana, 2003). Alimentos como cevada, farelo de trigo e arroz são ricos em atividades de fitase, entretanto, milho e farelo de soja, ingredientes mais utilizados na fabricação de rações, contém pouca ou nenhuma atividade (Selle & Ravindran, 2007).

Animais não-ruminantes, como aves, suínos e o próprio homem, ao consumirem alimentos cereais contendo fosfato na forma de fósforo fítico, não o utilizam de maneira eficiente por possuir baixa ou ausência de atividade de fitase intestinal (Wodzinski & Ullah, 1996), tornando indisponível principalmente o fósforo e demais nutrientes aprisionado à molécula de fitato, podendo este problema ser contornado com a adição de uma fonte inorgânica de fósforo ou por suplementação de enzima fitase na dieta.

Décadas atrás, a maioria das fitases comercializadas eram derivadas de diferentes espécies de fungos, como *Aspergillus niger* e *Peniophora lycii* (Remus, 2007). Mesmo apresentando diferentes fontes, estudos têm comprovado que comercialmente as mais promissoras ainda são as microbianas, provenientes das bactérias *Bacillus sp*, *Enterobacter sp.*, *Escherichia coli*, e de leveduras oriundas de *Arxula adenivorans* e *Hansenula polymorpha* e fungos de *Aspergillus sp.*, *Penicillium sp.* e *Talaromyces thermophilus* (Pandey et al., 2001). As fitases consideradas de segunda geração são derivadas da bactéria *Escherichia coli* e tem demonstrado melhor influência no desempenho, aumento na mineralização óssea e biodisponibilidade do fósforo para as aves (Remus, 2007).

Com base nas propriedades bioquímicas (pH ideal, mecanismos catalíticos e especificidade da hidrólise), as fitases podem ser divididas em fitases ácidas histidinas (HAP) e fitases alcalinas. A maioria das fitases vegetais, bacterianas e fúngicas pertencem à classe HAP. A IUPAC-IUB (The International Union of Pure and Applied Chemistry and the International Union of Biochemistry) classificou todas as fitases ácidas como subfamília de

HAP de alto peso molecular, na qual se inclui as 3-fitases que iniciam a hidrólise da ligação éster na posição 3, e as 6-fitases, que hidrolisam esta ligação na posição 6 (Nagashiro, 2007).

A maioria das fitases existentes no mercado deve ser capaz de atuar eficientemente no TGI superior, mais precisamente no proventrículo e moela das aves, isto é, em meio ácido, mantendo a molécula de ácido fítico em estado solúvel. Quando a digesta se move para o intestino delgado (pH 6-7), a molécula de ácido fítico se liga a minerais como cálcio e zinco formando precipitados insolúveis, no qual causará inibição da ligação do complexo fitase-fitato, impedindo a desfosforilação. Portanto para uma atividade ótima da fitase, deve atuar em meio ácido do TGI e também ser resistente a proteólise (Augsburger et al., 2003).

O efeito do complexo fitato e fitase sobre a biodisponibilidade de fósforo tem sido investigado pelos cientistas há vários anos. Entretanto, os chamados efeitos extra-fosfóricos da fitase são menos conhecidos, embora vários autores tenham relatado melhor digestibilidade de aminoácidos, energia e outros minerais, especialmente cálcio, com a adição de fitase em dietas avícolas. Estudos recentes esclareceram os mecanismos pelos quais a fitase influencia a digestibilidade aparente de aminoácidos, energia e minerais, e acredita-se que grande parte destas melhorias, especialmente os efeitos sobre a proteína, esteja relacionada à redução dos efeitos do fitato sobre as perdas endógenas de aminoácidos (Cowieson et al., 2008).

No TGI, o fitato inibe a ação de enzimas proteolíticas, tais como pepsina e tripsina. Complexos fitato-proteína-aminoácido ou fitato-mineral-proteína são de difícil digestão, reduzindo a utilização de proteínas. Esses complexos ocorrem naturalmente em ingredientes da dieta e podem ser formados na porção inicial do TGI. A fitase hidrolisa a ligação de fósforo-proteína, remove os efeitos proteolíticos negativos do ácido fítico nas enzimas e aumenta a digestão e absorção de proteínas e aminoácidos (Ravindran & Bryden, 1999).

Os métodos pelos quais o fitato e a fitase alteram fisiologicamente os processos de secreção e absorção ainda não são bem elucidados, mas acredita-se que estejam relacionados com a natureza reativa do fitato e com a agregação eletrostática da proteína dietética na fase gástrica da digestão (Cowieson et al., 2008).

Os mecanismos que descrevem os efeitos da fitase sobre a utilização de energia são desconhecidos. Sabe-se que a melhora na digestibilidade das proteínas é, em parte, responsável pelo aumento da energia disponível. A fitase promove aumento na utilização de energia, independentemente dos efeitos sobre a digestão de aminoácidos, sendo que possivelmente ocorre devido aos minerais complexarem com o ácido fítico, formando no trato digestório, juntamente com os lipídeos, reações de saponificação, podendo prejudicar a utilização dos lipídeos (Ravindran et al., 2000). A enzima fitase, neste sentido, age liberando

o complexo fitato-mineral e impedindo essas reações, o que possibilita melhor utilização da energia derivada dos lipídeos.

Portanto, inúmeras pesquisas demonstram o real efeito da enzima fitase sobre a quebra da molécula de fitato, sendo que sua suplementação disponibiliza níveis consideráveis de nutrientes quelatados a molécula de ácido fítico, para que posteriormente as aves possam utilizar em seu processo digestivo, com melhorias significativas sobre o crescimento e produção (Ravindran et al., 2006; Pillai et al., 2006; Manangi & Coon, 2008; Alvarenga et al., 2011).

1.5 Utilização de fitase em dietas de frangos de corte

Diante dos inúmeros problemas causados pela molécula de ácido fítico sobre a digestibilidade dos nutrientes em frangos de corte, busca-se encontrar alternativas viáveis para contornar a perda de desempenho causada pela presença do fitato nos alimentos, sendo que a adição da fitase vem apresentando resultados promissores quando suplementada em dietas de aves de produção.

Além da indisponibilidade da maior parte do fósforo contido nos alimentos de origem vegetal, a digestibilidade de outros minerais também apresenta relação negativa com a concentração de fitato na dieta. O aumento na concentração de fitato da dieta resulta na redução da digestibilidade ileal de Ca e Fe de 37,7 para 36,0% e 21,8 para 20,3%, respectivamente (Ravindran et al., 2006).

A utilização de fitase produzidas a partir de *Escherichia coli* na alimentação de frangos de corte influencia positivamente o desempenho de carcaça e crescimento ósseo, sendo mais eficaz na liberação do fósforo preso a molécula de fitato (Pillai et al., 2006).

Assim como os minerais, a digestibilidade dos aminoácidos também é afetada negativamente pela presença de ácido fítico. Quando a concentração de ácido fítico na dieta de frangos de corte aumenta de 10,4 para 15,7 g/kg, conseqüentemente há diminuição na digestibilidade ileal do nitrogênio em 2,3% (Ravindran et al., 2000). Foi observada menor digestibilidade ileal de aminoácidos como lisina, metionina, treonina e triptofano, pelo aumento da concentração de ácido fítico dietético, uma vez que o fitato pode afetar adversamente a digestibilidade dos aminoácidos, onde em seu estado natural é complexado com corpos protéicos e, portanto, pode minimizar a disponibilidade desses compostos para a digestão e absorção pelas aves (Lenis & Jongbloed 1999).

Outra possibilidade a ser empregada é a utilização de fitase em dietas para frangos de corte com níveis reduzidos de proteína bruta e fósforo disponível, no qual se mostra eficaz em reduzir a emissão de elementos poluentes nas excretas de frangos de corte, como por exemplo, nitrogênio e fósforo despejados em fontes de recursos naturais (Alvarenga et al., 2011).

A suplementação de fitase em 500 UFT/kg melhora o coeficiente de digestibilidade da proteína bruta e do fósforo, a retenção de fósforo pelas aves e diminui sua excreção para o meio ambiente (Lelis et al., 2010). Entretanto, em dietas de milho e farelo de soja para frangos de corte até 21 dias de idade, a taxa que proporciona uma hidrólise quase completa do fitato (99,45%) é a inclusão de fitase em 1.000 FTU/kg, sendo que suplementações menores não proporcionam digestão eficiente (Manangi & Coon, 2008).

A suplementação de 500 FTU/kg de fitase em dietas de frangos de corte é capaz de aumentar a disponibilidade de fósforo fítico, proteína e energia (Fernandes, 2002). Da mesma forma, a adição de enzima fitase em dietas de frangos de corte influencia positivamente a digestibilidade ileal da matéria seca, proteína bruta e energia bruta em 5,2; 2,4 e 3,8%, respectivamente, além de melhorar a digestibilidade de cálcio e fósforo (Tejedor et al., 2001).

De maneira semelhante, a inclusão de fitase na ordem de 1000 UFT/kg em dietas à base de milho, farelo de soja e farelo de arroz desengordurado melhorou a digestibilidade do fósforo e da energia digestível, sendo possível a redução dos níveis nutricionais da dieta sem prejudicar o desempenho, mineralização e resistência óssea das tíbias das aves (Fukayama et al., 2008).

A utilização de matriz níveis nutricionais reduzidos em dietas a base de milho e sorgo para frangos de corte aos 42 dias, aliados a suplementação de fitase, proporciona resultados de desempenho semelhantes aos das aves que não receberam enzima (Fernandes et al., 2003). Da mesma forma, a suplementação de 600 FTU/kg da enzima fitase com redução de níveis nutricionais na dieta, resulta em desempenho semelhantes com redução de 10% na quantidade total de fósforo na cama, quando as aves receberam nível reduzido de fósforo com adição de fitase (Shelton et al., 2004).

1.6 Matriz nutricional e *Superdosing* de fitase

Nos últimos anos a utilização de fitase em dietas de aves tornou-se ferramenta nutricional amplamente utilizada pelos nutricionistas, sendo que diversas pesquisas realizadas apresentaram resultados promissores de desempenho, aproveitamento de nutrientes e

característica de carcaça pelos frangos de corte quando adicionada fitase (Ravindran et al., 2006; Pillai et al., 2006; Manangi & Coon, 2008; Lelis et al., 2010).

Como a utilização de fitase em dietas de frangos de corte vem sendo corriqueira na atualidade, levando em consideração a capacidade da enzima fitase em melhorar a digestibilidade e aproveitamento dos nutrientes retidos ao fitato, as dietas começaram a ser confeccionadas considerando sua matriz nutricional, indicando a quantidade de nutrientes (energia, proteína, minerais e aminoácidos) que será liberada quando níveis de fitase forem acrescentados (Junqueira et al., 2010), o qual o nutricionista pode ou não optar por introduzir seus respectivos valores nas formulações.

A partir do momento que as matrizes nutricionais das enzimas passaram a proporcionar melhorias quando consideradas nas formulações das dietas, tornou-se ponto positivo pelo fato de proporcionar diminuição de custos de produção em algumas ocasiões, por meio de possíveis substituições de ingredientes pela fitase na alimentação de frangos de corte, como por exemplo o fosfato bicálcico, tornando cada vez mais eficiente o processo produtivo.

Aliado ao conceito de matriz nutricional e o maior conhecimento dos benefícios da utilização de fitase para eficiente hidrólise da molécula de ácido fítico, novas pesquisas a fim de encontrar efeitos extra-fosfóricos da fitase estão sendo realizadas, por meio do uso de *Superdosing*, o qual recomenda-se maiores doses de fitase além dos 500 FTU's convencionais já implantados pela indústria.

Apesar de ser um tema novo e considerado ainda em desenvolvimento, pesquisadores observaram efeitos benéficos do *Superdosing*, em que sua utilização proporciona incrementos no desempenho, aproveitamento de nutrientes da dieta, hidrólise parcial ou total da molécula de ácido fítico e deposição de cinzas e fósforo ósseo (Karadas et al., 2010; Bedford, 2012; Walk et al., 2012), possibilitando atribuir à enzima fitase efeitos extra-fosfóricos, sendo este denominado como a capacidade da fitase em disponibilizar outros componentes além do fósforo fítico. No entanto, ainda há dúvidas sobre o potencial efetivo do *Superdosing*, sendo necessário mais pesquisas a fim de elucidar sua ação sobre a hidrólise eficiente da molécula de ácido fítico na alimentação de frangos de corte.

REFERÊNCIAS

- ABPA – Associação Brasileira de Proteína Animal - Relatório Anual 2015. Disponível em: <<http://www.abpa-br.com.br/setores/avicultura/publicacoes/relatorios-anuais>>. Acesso em: 13 de outubro de 2015.
- ALVARENGA, R.R.; NAGATA, A.K.; RODRIGUES, P.B. et al. Adição de fitase em rações com diferentes níveis de energia metabolizável, proteína bruta e fósforo disponível para frangos de corte de 1 a 21 dias. **Ciência Animal Brasileira**. v.12, n.4, p.602-609, 2011.
- AUGSPURGER, N.R.; WEBEL, D.M.; LEI, X.G. et al. Efficacy of an E. coli phytase expressed in yeast for releasing phytate-bound phosphorus in young chicks and pigs. **Journal Animal Science**. v.81, p.474-483, 2003.
- BEDFORD, M. R. Alternate uses of phytase – Superdosing. **Asian Poultry Magazine**. p.8-11, 2012.
- BERTECHINI, A.G. **Nutrição de monogástricos**. Lavras: Editora UFLA, 2006. 301p.
- BRADDOCK, M. & FUENTE, J.M. Enzimas específicos para porcos em dietas com altos porcentajes de sabada. **Anaporc**. v.22, n.158, p.23-37, 1996.
- CAIRES, C.M.; FAGUNDES, N.S.; FERNANDES, E.A. et al. Enzimas na alimentação de frangos de corte. **Revista Eletrônica Nutritime**. v.5, n.1, p.491-497, 2008.
- CALDERON, V.M.; JENSEN, L.S. The requeriment for sulfur amino acid by laying hens as influenced by the protein concentration. **Poultry Science**. v.69, n.6, p.934-944, 1990.
- CAMPESTRINI, E.; SILVA, V.T.M.; APPELT, M. D. Utilização de enzimas na alimentação animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.2, n.6, p.259-272, 2005.
- CHERRY, J.R. & FIDANTSEF, A.L. Directed evolution of industrial enzymes: an update. **Current Opinion in Biotechnology**, v.14, p.438–443, 2003.
- CONTE, J.A. **Valor nutritivo do farelo de arroz integral em rações para frangos de corte, suplementadas com fitase e xilanase**. Lavras, MG: Universidade Federal de Lavras, 2000. 164p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, 2000.
- COWIESON, A.J.; ACAMOVIC, T.; BEDFORD, M.R. Phytic acid and phytase: implications for protein utilization by poultry. **Poultry Science**. v.85, n.5, p.878- 85, 2006.
- COWIESON, A.J.; SELLE, P.H.; RAVINDRAN, V. Uso de fitase e suas implicações na digestão e absorção de nutrientes. In: CONFERÊNCIA APINCO 2008 DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS. 2008, Santos. **Anais...** Santos, São Paulo: Fundação Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2008. p.279-290.
- ENGELN, A.J; HEEFT, F.C. Simple and rapid determination of phytase activity. **Journal of AOAC International**, v.77, p.760-764, 1994.

FERNANDES, E.A. Avaliação da adição de enzima fitase em dietas de frangos de corte. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, 2002.

FERNANDES, E.A.; BRANDEBURGO, M.I.H.; SILVEIRA, M.M. et al. Avaliação da adição de enzima fitase em dietas de frangos de corte. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, Supl.5, p.33, 2003.

FUKAYAMA, E.H.; SAKOMURA, N.K.; DOURADO, L.R.B. et al. 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.

HARLAND B.F. MORRIS E.R. Phytate: A good or a bad food component? **Nutrition Research**. v.15, p.733-754, 1995.

HAYS, V.W. & SWENSON, M.J. Minerais. **Dukes fisiologia dos animais domésticos**. 10 ed., Rio de Janeiro: Guanabara. p.397-399, 1988.

HEMME, A.; SPARK, M.; WOLF, P. et al. Effects of different phosphorus sources in the diet bone composition and stability (breaking strength) in broilers. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**. v.89, p.129-133, 2005.

JUNQUEIRA, O.M.; FILARD, R.S.; LIGEIRO, E.C. et al. Avaliação técnica e econômica da matriz nutricional da enzima fitase em rações contendo farelo de girassol para poedeiras comerciais. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.39, n.10, p.2200-2206, 2010.

KARADAS, F.; PIRGOZLIEV, V.; PAPPAS, A.C. et al. Effects of different dietary phytase activities on the concentration of antioxidants in the liver of growing broilers. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.94, p.519-526, 2010.

KRISTENSEN M.B.; HELS O.; MORBERG CM. et al. ; Total zinc absorption in young women, but not fractional zinc absorption, differs between vegetarian and meat-based diets with equal phytic acid content. **British journal of Nutrition** v.95, p.963, 2006.

LAURENTIZ, A.C.; JUNQUEIRA, O.M.; CASARTELLI, E.M. et al. Efeito da fitase em dietas com diferentes níveis de fósforo sobre o desempenho de frangos de corte. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, p.89, 2005.

LAURENTIZ, A.C.; JUNQUEIRA, O.M.; FILARDI, R.S. et al. Desempenho, composição da cama, das túbias, do fígado e das excretas de frangos de corte alimentados com rações contendo fitase e baixos níveis de fósforo. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.38, n.10, p.1938-1947, 2009.

LEI, X.G.; KU P.K.; MILLER, E.R. et al. Supplemental microbial phytase improves bioavailability of dietary zinc to weanling pigs. **Journal Nutrition**. v.123, p.1117-1123, 1993.

LELIS, G.R.; ALBINO, L.F.T.; SILVA, C.R. et al. Suplementação dietética de fitase sobre o metabolismo de nutrientes de frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.39, n.8, p.1768-1773, 2010.

LENIS, N.P. & JONGBLOED, A.W. New technologies in low pollution swine diets: diet manipulation and use of synthetic amino acids, phytase and phase feeding for reduction of nitrogen and phosphorus excretion and ammonia emission. **Asian Australian Journal Animal Science**. v.12, p.305–327, 1999.

LIGEIRO, E.C.; JUNQUEIRA, O.M.; FILARDI, R.S. et al. 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.

MACARI, M.; FURLAN, R.L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002. 375p.

MANANGI, M.K. & COON, C.N. Phytate phosphorus hydrolysis in broilers in response to dietary phytase, calcium, and phosphorus concentrations. **Poultry Science**. v.37, p.1577-1586, 2008.

MAYNARD, L.A.; LOOSLY, J.K.; HINTZ, H.F. **Nutrição Animal**. 3 ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos, 1984. 736p.

NAGASHIRO, C. Enzimas na nutrição de aves. In: CONFERÊNCIA APINCO 2007 DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLAS. 2007, Santos. **Anais...** Santos, São Paulo: Fundação Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas, 2007. p.309-327.

NRC - National Research Council, Nutrient requirements of poultry, Washington: National Academy Press, 9th revised ed., 1994.

OH, B.C.; CHOI, W.C.; PARK, S. et al. Biochemical properties and substrate specificities of alkaline and histidine acid phytases. **Applied Microbiology Biotechnology**, v.63, p.362–372, 2004.

PANDEY, A.; SZAKACS, G.; SOCCOL, C.R. et al. Production, purification and properties of microbial phytases. **Bioresource Technology**. v.77, p.203-214, 2001.

PILLAI, P.B.; CONNOR-DENNIE, T.O.; OWENS, C.M. et al. Efficacy of an *Escherichia coli* phytase in broilers fed adequate or reduced phosphorus diets and its effect on carcass characteristics. **Poultry Science**. v.85, p.1737-1745, 2006.

QIAN, H.; VEIT, H.P.; KONERGAY, E.T. et al. Effects of supplemental phytase and phosphorus on histological and other tibial bone characteristics and performances of broilers fed semi-purified diets. **Poultry Science**. v.75, p.618-626, 1996.

QUIRRENBACH, H.R.; KANUMFRE, F.; ROSSO, N.D. et al. Comportamento do ácido fítico na presença de Fe(II) e Fe(III). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v.29, p.24-32, 2009.

RAMOS, L.S.N.; LOPES, J.B.; FIGUEIREDO, A. V. et al. Utilização de Enzimas Exógenas em Dietas de Frangos de Corte. **Revista Científica de Produção Animal**, v.9, n.1, 2007.

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

RAVINDRAN, V. & BRYDEN, W.L. Amino acid availability in poultry—in vitro and in vivo measurements. **Australian Journal Agriculture Research**. v.50, p.889-908, 1999.

RAVINDRAN, V.; CABAUGH, S.; RAVINDRAN, G. et al. Response of broiler chickens to microbial phytase supplementation as influenced by dietary phytic acid and non-phytate phosphorous levels. II. Effects on apparent metabolisable energy, nutrient digestibility and nutrient retention. **British Poultry Science**. v.41, p.193-200, 2000.

RAVINDRAN, V.; MOREL, P.C.H.; PARTRIDGE, G.G. et al. Influence of an Escherichia coli-derived phytase on nutrient utilization in broiler starters fed diets containing varying concentrations of phytic acid. **Poultry Science**. v.85, p.82-89, 2006.

REMUS, J. A Avicultura e o meio ambiente colhem os benefícios da nova geração de fitases. **AveWorld**. n.29. p.56-62, 2007.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos**. Composição de alimentos e exigências nutricionais. 3.ed. Viçosa, MG:UFV, DZO, 2011, 252p.

RUNHO, R.C.; GOMES, P.C.; ROSTAGNO, H.S. et al. Exigência de Fósforo Disponível para Frangos de Corte Machos e Fêmeas de 1 a 21 Dias de Idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.30, n.1, p.187-196, 2001.

SANTOS, L.M.; RODRIGUES, P.B.; ALVARENGA, R.R. et al. Níveis de fósforo disponível e cálcio em rações suplementadas com fitase para frangos de corte nas fases de crescimento e final. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v. 40, n.11, p.2486-2495, 2011.

SCHOULTEN, N. A.; TEIXEIRA, A. S.; RODRIGUES, P. B. et al. Desempenho de Frangos de Corte alimentados com ração contendo farelo de arroz e enzimas. **Ciência e Agrotecnologia, Lavras**. v. 27, n. 6, p. 1380-1387, 2003.

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

SHELTON, J.L.; SOUTHERN, L.L.; GASTON, L.A. et al. Evaluation of the nutrient matrix values for phytase in broilers. **Journal of Applied Poultry Research**, v.13, p.213-221, 2004.

SILVA, Y.L.; RODRIGUES, P.B.; FREITAS, R.T.F. et al. 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.

TEJEDOR, A.A.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S. et al. et al. Efeito da adição da enzima fitase sobre o desempenho e a digestibilidade ileal de nutrientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.802-808, 2001.

THOMPSON, L.U. & YOON, J.H. Starch digestibility as affected by polyphenols and phytic acid. **Journal of Food Science**. v.49, p.1228, 1984.

UNDERWOOD, E. J. **The mineral nutrition of livestock**. 2. Ed, London: Commonwealth Agricultural Bureau. p.174, 1981.

UNDERWOOD, E.J. & SUTTLE, N.F. **The mineral of livestock**. 3 ed. Wallingford: Cabi, 1999. p.105-148.

\

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

WALDROUP, P. W. Bioassays remain necessary to estimate phosphorus, calcium bioavailability. **Feedstuffs**. n.4, p.13-23, 1996.

WALK, C.L.; BEDFORD, M.R.; McELROY, A.P. Influence of limestone and phytase on broiler performance, gastrointestinal pH, and apparent ileal nutrient digestibility. **Poultry Science**, v.91, p.1371–1378, 2012.

WODZINSKI, R.J.; ULLAH, A.H.J. Phytase. **Advances in Applied Microbiology**, v.42, p.263-302, 1996.

***Superdosing* de fitase com redução macromineral em dietas de frangos de corte**

Resumo - Realizou-se este estudo com o objetivo de avaliar o *superdosing* de fitase sobre o desempenho, deposição de cinzas, fósforo nas tíbias, características quantitativas de carcaça e peso de órgãos em frangos de corte. Foram consideradas três matrizes nutricionais da fitase: Matriz 1: 0,165% cálcio (Ca), 0,150% de fósforo disponível (Pd) e 0,035% de sódio (Na); Matriz 2: 0,215% Ca, 0,195% Pd e 0,045% Na e Matriz 3: 0,245% Ca, 0,225% Pd e 0,053% Na. Os tratamentos foram: dieta sem fitase (formulada para atender as exigências nutricionais e sem enzima); Matriz 1 + 500 FTU; Matriz 1 + 1000 FTU; Matriz 1 + 1500 FTU; Matriz 2 + 1000 FTU e Matriz 3 + 1500 FTU. Não houve influência do *superdosing* de fitase sobre desempenho, características ósseas e quantitativas de carcaça e peso de órgãos, sendo que aos 42 dias a suplementação de 1500 FTU/kg associada à da Matriz 3 (0,245% Ca, 0,225% Pd e 0,053% Na) fica evidente a eficiência da fitase na hidrólise da molécula de ácido fítico, tornando-se possível a substituição parcial das fontes inorgânicas de fósforo, cálcio e sódio pela suplementação de níveis superiores de fitase, como pode ser observado no ganho de peso semelhante obtido na dieta Matriz 3+1500 FTU/kg comparada a Matriz+500 FTU (2885,76gX2838,08g). Portanto, o *superdosing* de fitase não altera o desempenho, deposição de cinzas e fósforo nas tíbias, características quantitativas de carcaça e peso dos órgãos, porém a inclusão de 1500 FTU/kg de fitase considerando a maior matriz nutricional de 0,245% Ca, 0,225% Pd e 0,053% Na, proporcionará resultados semelhantes às dietas tradicionalmente utilizadas na indústria, traduzindo-se em considerável diminuição da quantidade de minerais inorgânicos utilizados, otimizando o aproveitamento de nutrientes da dieta e podendo consequentemente reduzir os custos de alimentação na produção de aves, além de promover diminuição da poluição ambiental por meio das excretas.

Palavras-chave: ácido fítico, aminoácido, cálcio, desempenho, fósforo

Superdosing of phytase levels with macromineral reduction in broiler diets

Abstract - This study was conducted to evaluate the phytase *superdosing* on performance, deposition of ash, phosphorus in the tibias, quantitative carcass characteristics and organ weights in broilers. Three nutritional matrices were considered: Matrix 1: 0.165% of Calcium (Ca), 0.150% of available phosphorus (aP) and 0.035% of sodium (Na); Matrix 2: 0.215% of Ca, 0.195% of aP and 0.045% of Na and Matrix 3: 0.245% of Ca, 0.225% of aP and 0.053% of Na, being treatments defined as: diet without phytase (formulated to meet the nutritional requirements and without enzyme); Matrix 1+500 FTU; Matrix 1+1000 FTU; Matrix 1+1500 FTU; Matrix 2+1000 FTU and Matrix 3+1500 FTU. There was no influence of phytase *superdosing*, on performance, bone and quantitative carcass characteristics and organ weights, and after 42 days of supplementation 1500 FTU/kg associated with the Matrix 3 (0.245% Ca, 0.225% aP and 0.053% Na) it is evident the efficiency of the phytase in the hydrolysis of phytic acid molecule, making it possible to partially replace the inorganic sources of phosphorus, calcium and sodium by supplementation with increased levels of phytase, as can be seen in similar weight gain on diet Matrix 3+1500 FTU/kg compared to Matrix+500 FTU (2885,76gX2838,08g). Therefore, the phytase *superdosing* does not change the performance, deposition of ash and phosphorus in the tibias, quantitative carcass characteristics and organ weights, however the inclusion of 1500 FTU/kg phytase considering the superior nutritional matrix will provide similar results to used traditional diets, resulting in a considerable decrease in the amount of inorganic minerals used by optimizing the dietary nutrient utilization and consequently may reduce feed costs in poultry production.

Keywords: aminoacids, calcium, performance, phosphorus, phytic acid

Introdução

A suplementação de fitase em dietas de frangos de corte permite a hidrólise parcial ou total da molécula de ácido fítico, melhorando o aproveitamento dos nutrientes aprisionados e consequentemente reduzir a perda de nutrientes nas excretas. A molécula de ácido fítico ou fitato possui como principal função se ligar e armazenar o fósforo contido nas sementes para que posteriormente o embrião da planta em desenvolvimento utilize para germinação (Remus, 2007). Além do fósforo, o fitato forma quelatos com outros minerais, como magnésio, cálcio, potássio, cobalto, manganês e zinco (Lei et al., 1993). Além da indisponibilidade dos minerais, a digestibilidade de lipídeos, carboidratos e proteínas pode ser afetada pela presença de ácido fítico na dieta (Cherry & Fidantsef, 2003; Kristensen et al., 2006), diminuindo o desempenho normal das aves.

A adição de fitase em dietas contendo níveis consideráveis de ácido fítico presentes nos alimentos de origem vegetal pode melhorar a digestibilidade dos minerais, aminoácidos e energia, ganho de peso das aves, além de influenciar positivamente na concentração de cinzas e aumentar a resistência tênsil nas tíbias de frangos de corte (Ravindran et al., 2000; Karadas et al., 2010; Bedford, 2012; Walk et al., 2012). Entretanto, a melhora desses parâmetros se faz dependente da concentração de fitase adicionada às dietas, podendo ou não ser considerado sua matriz nutricional, no qual indica a quantidade de nutrientes (energia, proteína, minerais e aminoácidos) que será liberada quando níveis de fitase forem acrescentados (Junqueira et al., 2010).

Levando em consideração os efeitos benéficos proporcionados pela suplementação de fitase, novas estratégias nutricionais estão sendo investigadas como, por exemplo, níveis acima do recomendado pelas pesquisas e indústria, o que vem sendo denominado de *superdosing*. Sua utilização consiste em elevar a concentração da enzima fitase na dieta, no intuito de fornecer efeitos extra-fosfóricos, o qual tem atribuído melhorias sobre o desempenho, digestibilidade de nutrientes e qualidade óssea de frangos de corte (Cowieson et al., 2006; Walk et al., 2012; Gehring et al., 2013).

Entretanto, as pesquisas sobre *superdosing* de fitase ainda são limitadas, havendo necessidade de mais estudos para elucidar seu efeito sobre a digestibilidade de nutrientes e o desempenho de frangos de corte.

Neste sentido, realizou-se este estudo com o objetivo de avaliar o *superdosing* de fitase sobre os parâmetros de desempenho, características quantitativas de carcaça, deposição

de cinzas e fósforo nas tíbias e peso de órgãos em frangos de corte alimentados com dietas contendo xilanase.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido no Laboratório Experimental em Ciência Aviária, da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS.

Foram distribuídos 900 pintainhos de corte machos de um dia de idade, da linhagem Cobb 500, em delineamento inteiramente casualizado, com seis tratamentos e cinco repetições de 30 aves cada em cada boxe.

Para o preparo das dietas experimentais foram consideradas três matrizes nutricionais de fitase com seus respectivos níveis nutricionais, sendo:

Matriz 1: 0,165% cálcio (Ca), 0,150% de fósforo disponível (Pd) e 0,035% de sódio (Na);

Matriz 2: 0,215% Ca, 0,195% Pd e 0,045% Na;

Matriz 3: 0,245% Ca, 0,225% Pd e 0,053% Na.

Os tratamentos foram: dieta sem fitase (formulada para atender as exigências nutricionais e sem enzima); Matriz 1 + 500 FTU; Matriz 1 + 1000 FTU; Matriz 1 + 1500 FTU; Matriz 2 + 1000 FTU e Matriz 3 + 1500 FTU. As dietas experimentais foram elaboradas para atender as exigências nutricionais para frangos de corte estabelecidas por Rostagno et al. (2011), exceto para Ca, Pd e Na nas dietas que foram consideradas as matrizes nutricionais com suplementação de fitase.

O período experimental foi dividido em três fases: inicial (1 a 21 dias), crescimento (22 a 33 dias) e final (34 a 42 dias). As dietas experimentais (Tabelas 2, 3 e 4) foram isoenergéticas e isonutritivas, elaboradas à base de milho e farelo de soja, oscilando o fosfato bicálcico, calcário, sódio e caulim.

A fitase adicionada às dietas experimentais foi oriunda de *E. coli* produzida em *Thricoderma reesei* (QuantumBlue®), sendo substituída ao ingrediente inerte nas dietas, considerando a matriz nutricional. Juntamente com a fitase foi adicionada em todas as dietas experimentais a concentração de 16.000 BXU/kg de xilanase (Econase XT®). As dietas produzidas e compostas de fitase e xilanase foram analisadas em laboratório para análise de recuperação enzimática.

Tabela 2 – Composição percentual e valores calculados das dietas experimentais para frangos de corte na fase de 1 a 21 dias de idade

Ingredientes (%)	Tratamentos					
	Sem fitase	Matriz 1+500 FTU	Matriz 1+1000 FTU	Matriz 1+1500 FTU	Matriz 2+1000 FTU	Matriz 3+1500 FTU
Milho 7,88%	57,31	57,31	57,31	57,31	57,31	57,31
Soja farelo 46%	35,12	35,12	35,12	35,12	35,12	35,12
Óleo de soja	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47	2,47
Fosfato bicálcico	1,56	0,75	0,75	0,75	0,51	0,35
Caulim	1,00	1,80	1,79	1,78	2,04	2,18
Calcário	0,95	1,03	1,03	1,03	1,06	1,09
Suplemento min-vit ini ¹	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Sal comum	0,38	0,30	0,30	0,30	0,27	0,25
Dl-metionina	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
L-lisina HCl	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Bicarbonato de sódio	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
L-treonina	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Xilanase	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Fitase	0,00	0,0075	0,0150	0,0225	0,0150	0,0225
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Valores calculados						
EM (Kcal/kg)	2.975	2.975	2.975	2.975	2.975	2.975
Proteína Bruta (%)	21,20	21,20	21,20	21,20	21,20	21,20
Fósforo disponível (%)	0,401	0,251	0,251	0,251	0,206	0,176
Cálcio (%)	0,841	0,676	0,676	0,676	0,626	0,596
Sódio (%)	0,210	0,175	0,175	0,175	0,165	0,158
Cloro (%)	0,279	0,226	0,226	0,226	0,211	0,201
Metionina+Cistina ² (%)	0,876	0,876	0,876	0,876	0,876	0,876
Metionina ² (%)	0,760	0,760	0,760	0,760	0,760	0,760
Lisina ² (%)	1,217	1,217	1,217	1,217	1,217	1,217
Treonina ² (%)	0,791	0,791	0,791	0,791	0,791	0,791
Triptofano ² (%)	0,232	0,232	0,232	0,232	0,232	0,232
Número de Mogin (mEq/kg)	219,62	219,22	219,22	219,22	219,11	219,02

¹Níveis por kg de ração do suplemento mineral-vitâmico inicial: 450,75 g metionina; 65,25 g colina; 2.750.000 UI Vitamina A; 500.000 UI Vitamina D3; 4.000 UI Vitamina E; 375 mg Vitamina K3; 300 mg Vitamina B1; 1.125 mg Vitamina B2; 500 mg Vitamina B6; 4.000 mcg Vitamina B12; 8.750 mg Niacina; 2.300 mg Ácido Pantotênico; 100 mg Ácido Fólico; 15 mg Biotina; 7.500 mg Ferro; 2.250 mg Cobre; 15 g Manganês; 15 g Zinco; 250 mg Iodo; 62,5 mg Selênio; 2500 mg Avilamicina; 10 g Nicarbazina; 3.750 mg Senduramicina. ²Aminoácido digestível.

Os boxes foram equipados com campânula contendo duas lâmpadas incandescentes de 100 W para o aquecimento dos pintainhos, um comedouro tubular e um bebedouro pendular, e a cama utilizada foi de maravalha. Além disso, foram distribuídas campânulas a gás no interior do galpão para proporcionar melhor aquecimento do ambiente na fase inicial de criação.

O programa de luz adotado foi de iluminação por 24 horas durante todo o período experimental. Diariamente, temperatura e umidade foram monitoradas as 07 e 17 horas por meio de termômetro digital de máxima e mínima, instalado no interior de um box na altura do corpo das aves.

Semanalmente, as aves, a ração fornecida e sobras foram pesadas para determinação do peso corporal final, ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar e viabilidade

criatória, nos períodos de um a 21, 33 e 42 dias, respectivamente. O ganho de peso e a conversão alimentar foram corrigidos pela mortalidade segundo Sakomura & Rostagno (2007).

Tabela 3 – Composição percentual e valores calculados das dietas experimentais para frangos de corte na fase de 22 a 33 dias de idade

Ingredientes (%)	Tratamentos					
	Sem fitase	Matriz 1+500 FTU	Matriz 1+1000 FTU	Matriz 1+1500 FTU	Matriz 2+1000 FTU	Matriz 3+1500 FTU
Milho 7,88%	60,37	60,37	60,37	60,37	60,37	60,37
Soja farelo 46%	31,64	31,64	31,64	31,64	31,64	31,64
Óleo de soja	3,34	3,34	3,34	3,34	3,34	3,34
Fosfato bicalcico	1,34	0,53	0,53	0,53	0,29	0,13
Caulim	1,00	1,81	1,80	1,79	2,04	2,18
Calcário	0,89	0,98	0,98	0,98	1,00	1,03
Suplemento min-vit ini ¹	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Sal comum	0,39	0,30	0,30	0,30	0,28	0,26
Dl-metionina	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
L-lisina HCl	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
Bicarbonato de sódio	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
L-treonina	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07	0,07
Xilanase	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Fitase	0,00	0,0075	0,0150	0,0225	0,0150	0,0225
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Valores calculados						
EM (Kcal/kg)	3.075	3.075	3.075	3.075	3.075	3.075
Proteína Bruta (%)	19,82	19,82	19,82	19,82	19,82	19,82
Fósforo disponível (%)	0,354	0,204	0,204	0,204	0,159	0,129
Cálcio (%)	0,758	0,593	0,593	0,593	0,543	0,513
Sódio (%)	0,200	0,165	0,165	0,165	0,155	0,148
Cloro (%)	0,284	0,232	0,232	0,232	0,217	0,206
Metionina+Cistina ² (%)	0,826	0,826	0,826	0,826	0,826	0,826
Metionina ² (%)	0,684	0,684	0,684	0,684	0,684	0,684
Lisina ² (%)	1,131	1,131	1,131	1,131	1,131	1,131
Treonina ² (%)	0,735	0,735	0,735	0,735	0,735	0,735
Triptofano ² (%)	0,214	0,214	0,214	0,214	0,214	0,214
Número de Mogin (mEq/kg)	199,72	199,31	199,31	199,31	199,20	199,12

¹Níveis por kg de ração do suplemento mineral-vitamínico inicial: 450,75 g metionina; 65,25 g colina; 2.750.000 UI Vitamina A; 500.000 UI Vitamina D3; 4.000 UI Vitamina E; 375 mg Vitamina K3; 300 mg Vitamina B1; 1.125 mg Vitamina B2; 500 mg Vitamina B6; 4.000 mcg Vitamina B12; 8.750 mg Niacina; 2.300 mg Ácido Pantoténico; 100 mg Ácido Fólico; 15 mg Biotina; 7.500 mg Ferro; 2.250 mg Cobre; 15 g Manganês; 15 g Zinco; 250 mg Iodo; 62,5 mg Selênio; 2500 mg Avilamicina; 10 g Nicarbazina; 3.750 mg Senduramicina. ²Aminoácido digestível.

Aos 21 dias de idade foi retirada uma ave por repetição com peso corporal correspondente ao peso corporal médio da unidade experimental $\pm 10\%$, as aves foram submetidas a jejum alimentar por 8 horas, insensibilizadas por deslocamento cervical e em seguida realizado o procedimento de sangria e evisceração. Posteriormente as tíbias esquerdas foram coletadas, desengorduradas e analisadas quanto aos teores de cinzas e fósforo, de acordo com Silva & Queiroz (2002). Os órgãos foram pesados para determinação dos pesos absolutos e relativos de proventrículo, moela, intestino delgado, pâncreas, coração e fígado. O

peso absoluto de órgãos foi calculado por meio do peso absoluto de cada órgão dividido pelo peso da ave antes do abate e o resultado encontrado multiplicado por 100.

Tabela 4 – Composição percentual e valores calculados das dietas experimentais para frangos de corte na fase de 34 a 42 dias de idade

Ingredientes (%)	Tratamentos					
	Sem fitase	Matriz	Matriz	Matriz	Matriz	Matriz
		1+500 FTU	1+1000 FTU	1+1500 FTU	2+1000 FTU	3+1500 FTU
Milho 7,88%	64,32	64,32	64,32	64,32	64,32	64,32
Soja farelo 46%	27,86	27,86	27,86	27,86	27,86	27,86
Óleo de soja	3,36	3,36	3,36	3,36	3,36	3,36
Fosfato bicálcico	1,22	0,41	0,41	0,41	0,16	0,00
Caulim	1,00	1,80	1,79	1,78	2,05	2,18
Calcário	0,83	0,92	0,92	0,92	0,94	0,97
Suplemento min-vit fin ¹	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
Sal comum	0,37	0,29	0,29	0,29	0,26	0,25
Dl-metionina	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
L-lisina HCl	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
Bicarbonato de sódio	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
L-treonina	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Xilanase	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Fitase	0,00	0,0075	0,0150	0,0225	0,0150	0,0225
TOTAL	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00
Valores calculados						
EM (Kcal/kg)	3.125	3.125	3.125	3.125	3.125	3.125
Proteína Bruta (%)	18,40	18,40	18,40	18,40	18,40	18,40
Fósforo disponível (%)	0,325	0,175	0,175	0,175	0,130	0,100
Cálcio (%)	0,697	0,532	0,532	0,532	0,482	0,452
Sódio (%)	0,195	0,160	0,160	0,160	0,150	0,143
Cloro (%)	0,277	0,224	0,224	0,224	0,210	0,199
Metionina+Cistina ² (%)	0,774	0,774	0,774	0,774	0,774	0,774
Metionina ² (%)	0,649	0,649	0,649	0,649	0,649	0,649
Lisina ² (%)	1,060	1,060	1,060	1,060	1,060	1,060
Treonina ² (%)	0,689	0,689	0,689	0,689	0,689	0,689
Triptofano ² (%)	0,194	0,194	0,194	0,194	0,194	0,194
Número de Mogin (mEq/kg)	184,78	184,38	184,38	184,38	184,26	184,18

¹Níveis por kg de ração do suplemento mineral-vitamínico final: 1.104 mg Ácido Pantotênico; 4,5 mg Biotina; 3.000 mg Cobre; 43,48 g Colina; 10 g Ferro; 333,33 mg Iodo; 20 g Iodo; 20 g Manganês; 301,95 g Metionina; 1.500 mg Niacina; 60 mg Selênio; 900.000 UI Vitamina A; 90 mg Vitamina B1; 900 mcg Vitamina B12; 300 mg Vitamina B2; 120 mg Vitamina B6; 150.000 UI Vitamina D3; 1.500 UI Vitamina E; 150 mg Vitamina K3; 20 g Zinco. ²Aminoácido digestível.

Aos 42 dias, foram retiradas duas aves por repetição com peso corporal correspondente ao peso corporal médio da unidade experimental $\pm 10\%$. Foi realizada a insensibilização dos frangos por deslocamento cervical e em seguida submetidos à sangria, escaldagem, depenagem e evisceração. A gordura presente na região próxima à cloaca e aquela aderida à moela (gordura abdominal) foi retirada e pesada. As carcaças sem pés, cabeça e pescoço foram pesadas e posteriormente feitos os cortes de peito, coxa+sobrecoxa, asa e dorso. Os rendimentos de carcaça, de pés e cabeça+pescoço foram determinados a partir da relação entre o peso absoluto da carcaça e dos respectivos cortes e o peso corporal antes do abate. Os rendimentos de peito, coxa+sobrecoxa, asa, dorso, cabeça+pescoço e de gordura

abdominal foram determinados em relação ao peso da carcaça eviscerada sem pés, cabeça e pescoço.

Os resultados foram submetidos à análise de variância com o auxílio do programa SAS, versão University, e quando constatado diferenças significativas, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Resultados e Discussão

Os valores médios de temperatura e umidade mínima e máxima observados se mantiveram elevados, podendo-se inferir que as aves foram acometidas por períodos esporádicos de estresse ambiental (Tabela 5), tendo em vista que a temperatura ótima de criação para frangos de corte pode variar de 18 a 26°C dependendo do período produtivo (Cobb Vantress, 2008).

A suplementação de fitase em dietas para aves criadas em regiões de clima quente pode se tornar alternativa para manutenção do desempenho e digestibilidade dos nutrientes (Çabuk et al., 2004), sendo que mesmo em condições adversas de temperatura e umidade sua utilização promove hidrólise da molécula de ácido fítico tornando os nutrientes prontamente disponíveis para o crescimento e desenvolvimento adequado dos frangos de corte, ficando evidente a eficiência da suplementação nas dietas empregadas nesse estudo.

Tabela 5 - Temperaturas e umidades mínimas e máximas observadas durante o período experimental

		Fases de criação		
		Inicial	Crescimento	Final
Temperatura, °C*	Mínima	21,38	21,55	21,66
	Máxima	27,27	27,19	27,48
Umidade, %*	Mínima	52,59	53,17	50,35
	Máxima	82,16	82,59	80,38

* Valores médios calculados observados durante o período experimental

A recuperação da fitase e xilanase nas dietas experimentais foi confirmada em todas as dietas que foram suplementadas (Tabela 6), podendo ser verificado valores próximos ao preconizado no modelo experimental.

Em todas as fases de criação o peso corporal, consumo de ração, ganho de peso, conversão alimentar e viabilidade criatória obtidos com as dietas suplementadas com fitase foram semelhantes ($P>0,05$) aos encontrados para a dieta sem adição (Tabela 7). Possivelmente, estes resultados estão associados à suplementação da fitase, em que sua adição provocou hidrólise do complexo fósforo-ácido fítico, liberando o fósforo e demais nutrientes

quelatados a esta molécula, com consequente manutenção do desempenho, não havendo queda no desempenho dos frangos.

As dietas formuladas contendo fitase consideraram sua matriz nutricional com progressiva redução na concentração de fósforo disponível, cálcio e sódio, no entanto, mesmo com ausência de efeito significativo da fitase sobre o desempenho é possível observar em todas as fases de criação que o tratamento Matriz 3+1500 FTU apresentou respostas semelhantes as demais dietas, sendo possível a substituição parcial em elevadas quantidades das fontes inorgânicas de minerais pela fitase, sem que haja decréscimo nos índices de desempenho.

Tabela 6 - Recuperação da fitase (FTU/kg) e xilanase (BXU/kg) para as dietas experimentais fornecidas às aves no período de 1 a 42 dias

Dietas experimentais	Fase de criação	Fitase (FTU/kg)	Xilanase (BXU/kg)
Sem fitase	Inicial	0	15.850
Matriz 1+500 FTU		515	17.050
Matriz 1+1000 FTU		1.128	18.950
Matriz 1+1500 FTU ^{''}		1.370	18.350
Matriz 2+1000 FTU		1.043	16.150
Matriz 3+1500 FTU		1.345	17.200
Sem fitase	Crescimento	0	16.000
Matriz 1+500 FTU		783	16.600
Matriz 1+1000 FTU		925	17.400
Matriz 1+1500 FTU ^{''}		1.310	14.300
Matriz 2+1000 FTU		1.090	15.600
Matriz 3+1500 FTU		1.460	16.200
Sem fitase	Final	0	15.600
Matriz 1+500 FTU		482	15.450
Matriz 1+1000 FTU		876	16.400
Matriz 1+1500 FTU ^{''}		1.400	13.400
Matriz 2+1000 FTU		866	14.600
Matriz 3+1500 FTU		1.415	16.750

Efeitos semelhantes ao encontrado nesse estudo foram observados quando frangos de corte receberam dietas contendo fitase em sua composição, confirmando a eficiência da enzima na hidrólise parcial ou total da molécula de ácido fítico a fim de proporcionar a manutenção do desempenho sem que haja decréscimo nos índices produtivos (Santos et al., 2011; Brunelli et al., 2012; Olukosi et al., 2013).

Entretanto, outras pesquisas relataram melhoras no desempenho com adição de fitase em dietas para aves aos 21 dias de idade. Fukuyama et al. (2008) observaram aumento de 15% no ganho de peso e 8% na conversão alimentar, quando as aves foram alimentadas com dietas suplementadas com 1000 FTU/kg em relação a dieta sem suplementação de fitase.

De modo semelhante, Santos et al. (2005) observaram efeitos positivos sobre os parâmetros de desempenho quando as dietas foram suplementadas com 500 e 750 FTU/kg de fitase na fase inicial de criação, indicando aumento na digestibilidade dos nutrientes e consequente melhora no crescimento das aves aos 14 dias de idade. Porém, esses pesquisadores não consideraram a matriz nutricional da fitase quando suplementaram dietas, sendo que no presente estudo as matrizes nutricionais foram consideradas a fim de aproveitar seu máximo potencial enzimático e possível substituição pela fonte inorgânica de fósforo.

Tabela 7 - Desempenho de frangos de corte submetidos a dietas com suplementação de fitase de 1 a 21, 33 e 42 dias de idade

Variáveis*	Inicial (1-21 dias)						Valor P	CV (%)
	Sem fitase	Matriz 1+500 FTU	Matriz 1+1000 FTU	Matriz 1+1500 FTU	Matriz 2+1000 FTU	Matriz 3+1500 FTU		
PCI, g	45,05	45,41	45,41	45,07	45,41	45,42	0,9414	1,96
PCF, g	996,25	967,11	999,59	997,16	977,40	964,64	0,0921	2,46
GP, g/ave	951,20	921,71	954,18	952,13	931,98	919,23	0,0926	2,60
GP, g/ave/dia	45,30	43,89	45,44	45,34	44,38	43,77	0,0930	2,60
CR, g/ave	1338,38	1298,54	1323,59	1322,28	1337,77	1313,87	0,6976	3,28
CR, g/ave/dia	63,73	61,84	63,03	62,96	63,70	62,57	0,6987	3,28
CA	1,35	1,34	1,33	1,33	1,37	1,36	0,3195	2,70
VC, %	98,84	98,29	99,43	98,25	98,27	97,71	0,7809	1,92
	Crescimento (1-33 dias)						Valor P	CV (%)
	Sem fitase	Matriz 1+500 FTU	Matriz 1+1000 FTU	Matriz 1+1500 FTU	Matriz 2+1000 FTU	Matriz 3+1500 FTU		
PCF, g	2105,35	2095,61	2128,25	2135,51	2083,01	2116,53	0,3759	1,99
GP, g/ave	2060,31	2050,19	2082,85	2090,48	2037,59	2071,11	0,3755	2,04
GP, g/ave/dia	62,43	62,13	63,12	63,35	61,75	62,76	0,3738	2,04
CR, g/ave	3126,52	3073,64	3080,88	3104,81	3082,45	3096,30	0,8593	2,29
CR, g/ave/dia	94,74	93,14	93,75	94,09	93,41	93,83	0,8284	2,05
CA	1,48	1,47	1,45	1,45	1,48	1,46	0,0815	1,43
VC, %	97,13	97,72	98,86	98,25	97,11	95,98	0,5566	2,57
	Final (1-42 dias)						Valor P	CV (%)
	Sem fitase	Matriz 1+500 FTU	Matriz 1+1000 FTU	Matriz 1+1500 FTU	Matriz 2+1000 FTU	Matriz 3+1500 FTU		
PCF, g	2829,74	2883,49	2893,28	2899,42	2809,94	2931,17	0,1561	2,97
GP, g/ave	2784,70	2838,08	2847,87	2854,40	2764,52	2885,76	0,1548	2,70
GP, g/ave/dia	66,30	67,57	67,81	67,96	65,82	68,71	0,1549	2,70
CR, g/ave	4656,63	4686,62	4666,24	4685,33	4600,24	4734,54	0,6193	2,50
CR, g/ave/dia	110,87	111,58	111,10	111,56	109,53	112,73	0,6184	2,50
CA	1,65	1,63	1,61	1,61	1,64	1,62	0,2450	1,52
VC, %	93,70	96,57	94,86	94,22	95,40	93,65	0,8162	4,01

*PCI: Peso corporal inicial; PCF: Peso corporal final; GP: Ganho de peso; CR: Consumo de ração; CA: Conversão alimentar; VC: Viabilidade criatória. Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Em contrapartida, Walk et al. (2012) propuseram a possibilidade do uso de *superdosing* de fitase associada a matriz nutricional da fitase de 0,34% de cálcio, produzida a

partir de *E. coli* para melhora do desempenho das aves, sendo que a suplementação de 5000 FTU/kg de fitase em dietas para frangos de 16 dias, foi capaz de melhorar a conversão alimentar e o ganho de peso, além de incrementar positivamente a digestibilidade ileal de diversos aminoácidos, como por exemplo a lisina, arginina e histidina.

Em estudo conduzido por Karadas et al. (2010) utilizando a suplementação de 12.500 FTU/kg de fitase oriunda de *E. coli* associada a sua matriz nutricional de fósforo disponível de 0,20%, foi observado maior ganho de peso e menor conversão alimentar quando comparado a aves alimentadas com dietas livres de fitase e suplementadas com 500 e 1000 FTU/kg. Estes resultados se devem ao fato de que aves jovens podem tolerar atividades enzimáticas maiores que 1000 FTU/kg, sendo possível demonstrar que níveis elevados de fitase têm apresentado efeitos benéficos sobre o desempenho e digestibilidade de nutrientes, em relação a menores suplementações.

Não foi observado efeito ($P>0,05$) dos níveis de fitase sobre o desempenho das aves aos 42 dias de idade. Como não houve decréscimo no ganho de peso, nem piora na conversão alimentar quando a fitase foi adicionada em *superdosing*, pode-se confirmar sua ação de quebra do complexo fósforo-ácido fítico, disponibilizando fósforo e os demais nutrientes quelatados, evitando assim prejuízo do desempenho das aves (Santos et al., 2008).

Aos 42 dias o *superdosing* de 1500 FTU/kg associado à Matriz 3 (0,245% Ca, 0,225% Pd e 0,053% Na) fica evidente a eficiência da suplementação de fitase associada à sua matriz nutricional, tornando-se possível a substituição parcial das fontes inorgânicas de fósforo, cálcio e sódio por níveis superiores de fitase, podendo ser demonstrado na semelhança do ganho de peso das aves que receberam *superdosing* de 1500 FTU ao de 500 FTU/kg tradicionalmente utilizados na indústria (2885,76gX2838,08g), não acarretando em piora no desempenho dos frangos no período total de criação.

Porém, existem estudos que evidenciam melhoras de desempenho das aves aos 42 dias quando adicionado a fitase. Liu et al. (2010) observaram que a suplementação de fitase em 1000 FTU/kg com o aumento de fósforo fítico na dieta melhorou o ganho de peso e a conversão alimentar das aves, quando comparado aos frangos que não receberam fitase.

De modo semelhante, Campasino et al. (2014) avaliaram a suplementação de 400, 800, 1200 e 1600 FTU/kg de fitase, em dietas de frangos de corte considerando a matriz nutricional de 0,14; 0,13 e 0,03% de cálcio, fósforo e sódio, respectivamente, aos 42 dias de idade, no qual relataram redução linear da conversão alimentar dos frangos suplementados com níveis crescentes da enzima.

As análises de composição em cinzas e fósforo das tíbias aos 21 dias não foram influenciadas ($P>0,05$) pelos níveis de fitase (Tabela 8). Os resultados do presente estudo indicam melhora na eficiência de utilização do fósforo fítico da dieta com a utilização da suplementação de *superdosing* de fitase, pois a porcentagem de fósforo das tíbias dos frangos alimentados com 1500 FTU/kg com a Matriz 3 foram semelhantes ao tratamento sem fitase ($8,26\% \times 8,50\%$), confirmando a eficiência da fitase em disponibilizar principalmente o fósforo e cálcio para adequada mineralização óssea, mesmo considerando elevada concentração de nutrientes em sua matriz nutricional em relação as demais dietas testadas.

Levando em consideração que a porcentagem de cinzas na tíbia é um bom indicador de mineralização óssea em frangos de corte (Gomide et al., 2011), os resultados encontrados sugerem que as formulações das dietas utilizando níveis reduzidos de fósforo disponível, cálcio e sódio associada a suplementação em *superdosing*, não prejudicam a deposição de minerais no tecido ósseo e indicam a possibilidade de substituição das fontes inorgânicas de fósforo pela enzima.

Tabela 8 - Teores de cinzas e fósforo nas tíbias desengorduradas de frangos de corte aos 21 dias de idade submetidos a dietas contendo diferentes níveis de fitase

Variáveis	Tratamentos						Valor P	CV (%)
	Sem fitase	Matriz 1+500 FTU	Matriz 1+1000 FTU	Matriz 1+1500 FTU	Matriz 2+1000 FTU	Matriz 3+1500 FTU		
Cinzas (%)	50,28	48,50	48,68	49,05	48,91	48,47	0,6010	3,58
Fósforo tíbia (g)	0,183	0,174	0,204	0,209	0,178	0,190	0,1251	11,60
Fósforo tíbia (%)	8,50	8,04	8,40	8,18	8,15	8,26	0,7307	5,88

Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($P<0,05$).

Avaliando o efeito da suplementação de fitase em 500, 700 e 1000 FTU/kg em dietas de frangos de corte, Fukuyama et al. (2008) confirmaram os resultados encontrados no presente estudo, em que a deposição de cinzas não foi influenciada pela enzima. De maneira semelhante, Onyango et al. (2005), avaliaram a inclusão de 1000 FTU/kg de fitase em dietas de frangos de corte considerando a matriz nutricional de 0,38% de fósforo total e 0,50% de cálcio, observaram concentrações semelhantes de cinzas na tíbia as 21 dias de idade quando comparado a dieta sem fitase.

Entretanto, outras pesquisas relataram efeitos negativos da adição de fitase sobre a deposição de fósforo nas tíbias. Fukuyama et al. (2008), avaliando a deposição de fósforo na tíbia de frangos de corte aos 21 dias, verificaram que a adição de 1000 FTU/kg de fitase influenciou negativamente na concentração desse mineral, sendo que nesse nível a quantidade

depositada no osso foi significativamente inferior a das aves alimentadas com dieta sem adição de fitase. Laurentiz et al. (2007) observaram diminuição na deposição de fósforo na tíbia, quando as aves foram alimentadas com dietas contendo fitase e níveis reduzidos de fósforo disponível. Os resultados apresentados pelos autores demonstram que a adição de fitase nas dietas não refletiu em melhor deposição de fósforo na tíbia, provavelmente em virtude da utilização desse mineral em outros processos vitais ao organismo das aves, como por exemplo, o crescimento e deposição de tecido muscular.

Não foi observado efeito ($P>0,05$) da suplementação de fitase sobre os pesos absolutos e relativos dos órgãos de frangos de corte aos 21 e 42 dias (Tabela 9 e 10), exceto para o peso relativo do fígado aos 42 dias ($P<0,05$). Este fato pode ter ocorrido possivelmente pelo aumento do metabolismo das aves que receberam 1000 FTU/kg de fitase em relação aos sem adição de enzima, interferindo diretamente no peso do fígado em relação ao peso das aves. Os demais resultados obtidos demonstram desenvolvimento semelhante dos órgãos analisados, confirmando a eficácia da fitase em relação ao aproveitamento de nutrientes da dieta, evitando assim o efeito depressor da molécula de ácido fítico sobre o desenvolvimento corporal e dos órgãos de frangos de corte (Campestrini et al., 2005).

Tabela 9- Peso absoluto e relativo de órgãos de frangos de corte submetidos a dietas com suplementação de fitase aos 21 dias de idade

Variáveis*	Tratamentos						Valor P	CV (%)
	Sem fitase	Matriz 1+500 FTU	Matriz 1+1000 FTU	Matriz 1+1500 FTU	Matriz 2+1000 FTU	Matriz 3+1500 FTU		
Proventrículo, g	5,60	5,40	5,80	5,90	6,10	5,90	0,7321	12,87
Moela, g	20,90	19,90	19,10	22,30	22,80	22,30	0,2123	12,65
Intestino Delgado, g	32,20	31,20	31,00	30,10	33,50	33,00	0,8060	13,48
CINTDEL, cm	137,80	135,40	143,40	141,80	142,20	137,80	0,8136	7,66
Pâncreas, g	3,30	3,50	3,30	3,70	3,60	3,20	0,5224	13,81
Coração, g	5,90	6,20	6,40	7,00	6,80	6,90	0,3967	14,38
Fígado, g	24,50	23,10	26,50	26,50	25,40	25,50	0,3657	10,74
PRPROV, %	0,58	0,56	0,57	0,58	0,60	0,58	0,9558	12,65
PRMOE, %	2,18	2,05	1,88	2,20	2,25	2,20	0,2645	12,15
PRINTD, %	3,35	3,23	3,08	2,97	3,31	3,26	0,7850	14,63
PRPANC, %	0,34	0,36	0,32	0,37	0,36	0,31	0,4995	14,70
PRCOR, %	0,61	0,64	0,63	0,69	0,67	0,68	0,7515	14,13
PRFIG, %	2,56	2,34	2,62	2,61	2,52	2,51	0,7304	10,57

*CINTDEL: Comprimento intestino delgado; PRPROV: Peso relativo proventrículo; PRMOE: Peso relativo moela; PRINTD: Peso relativo intestino delgado; PRPANC: Peso relativo pâncreas; PRCOR: Peso relativo coração; PRFIG: Peso relativo fígado. Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($P<0,05$).

Corroborando com os resultados encontrados no presente estudo, Nunes et al. (2011) avaliaram a utilização de complexo enzimático contendo fitase, sobre o desenvolvimento dos

órgãos de frangos de corte, não observando influência na adição de enzima sobre o crescimento dos órgãos e a biometria intestinal.

As características de carcaça e cortes não foram influenciadas ($P>0,05$) pela adição de fitase nas dietas (Tabela 11). Estes resultados estão de acordo com observações de Gomide et al. (2007), onde a diminuição de cálcio e fósforo disponível associado a suplementação de fitase não proporcionaram melhorias de rendimento de carcaça e peito dos frangos de corte alimentados com dietas contendo 500 FTU/kg.

Tabela 10 – Peso absoluto e relativo de órgãos de frangos de corte submetidos a dietas com suplementação de fitase aos 42 dias de idade

Variáveis*	Tratamentos						Valor P	CV (%)
	Sem fitase	Matriz 1+500 FTU	Matriz 1+1000 FTU	Matriz 1+1500 FTU	Matriz 2+1000 FTU	Matriz 3+1500 FTU		
Proventrículo, g	8,30	8,80	7,10	6,90	7,40	7,80	0,1005	14,61
Moela, g	38,10	35,70	35,40	34,00	34,00	34,20	0,6332	12,08
Intestino Delgado, g	56,13	61,10	58,08	52,90	63,10	59,90	0,1621	10,45
CINTDEL, cm	169,40	182,20	168,20	161,80	167,80	170,00	0,3482	8,12
Pâncreas, g	5,90	5,40	4,70	5,50	6,00	4,70	0,1820	18,24
Coração, g	12,70	14,20	13,40	12,00	14,00	14,20	0,5025	15,96
Fígado, g	45,60	53,30	50,20	46,90	56,90	52,20	0,1208	13,16
PRPROV, %	0,29	0,30	0,25	0,24	0,26	0,27	0,1518	15,37
PRMOE, %	1,31	1,22	1,21	1,17	1,21	1,17	0,5518	10,67
PRINTD, %	1,56	2,09	2,00	1,81	2,24	2,04	0,1528	20,32
PRPANC, %	0,20	0,18	0,16	0,19	0,21	0,16	0,0929	17,41
PRCOR, %	0,44	0,49	0,46	0,41	0,50	0,48	0,4261	15,53
PRFIG, %	1,56b	1,83ab	1,73ab	1,61ab	2,02a	1,78ab	0,0351	12,26

*CINTDEL: Comprimento intestino delgado; PRPROV: Peso relativo proventrículo; PRMOE: Peso relativo moela; PRINTD: Peso relativo intestino delgado; PRPANC: Peso relativo pâncreas; PRCOR: Peso relativo coração; PRFIG: Peso relativo fígado. Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($P<0,05$).

Avaliando o efeito da suplementação de 400, 800, 1200 e 1600 FTU/kg com redução nos níveis de fósforo disponível e cálcio, Campasino et al. (2014) não relataram influência dos níveis de fitase sobre o rendimento de carcaça e peito de frangos de corte aos 42 dias de idade alimentados com dietas contendo enzima. A ausência de efeito da fitase sobre as características de carcaça e cortes avaliadas no presente estudo, possivelmente é justificado pelo desempenho semelhante apresentado pelas aves entre os níveis de suplementação associados as matrizes nutricionais.

Tabela 11 - Características de carcaça e rendimentos de cortes de frangos submetidos a dietas com suplementação de fitase aos 42 dias de idade

Variáveis*	Tratamentos						Valor P	CV (%)
	Sem fitase	Matriz 1+500 FTU	Matriz 1+1000 FTU	Matriz 1+1500 FTU	Matriz 2+1000 FTU	Matriz 3+1500 FTU		
Carcaça, g	2174,80	2142,70	2251,40	2260,20	2136,70	2232,10	0,3661	7,53
Peito, g	862,30	813,10	879,70	885,90	814,50	854,80	0,3732	11,16
Coxa+sobre-coxa, g	606,50	620,60	640,10	631,60	623,10	632,40	0,7069	7,72
Asas, g	213,80	218,90	223,90	229,30	224,00	226,60	0,5628	8,92
Cabeça	135,44	153,00	156,22	156,78	168,22	140,87	0,4449	12,95
Pés, g	112,90	120,00	114,20	115,90	110,10	116,60	0,3456	8,69
Dorso, g	487,10	486,60	494,90	506,00	469,10	512,50	0,4251	9,93
Gordura abdominal, g	38,60	43,90	39,50	43,10	42,50	42,00	0,9441	32,65
RCARC, %	74,63	73,74	79,06	75,40	75,32	76,99	0,2620	6,85
RPEIT, %	39,57	37,77	39,06	39,19	38,15	38,17	0,4588	6,02
RCSB, %	27,92	29,06	28,46	27,99	29,16	28,37	0,4137	5,73
RASA, %	9,84	10,22	9,96	10,15	10,48	10,17	0,3549	6,56
RCAB, %	6,98	7,11	6,90	6,88	6,69	6,16	0,3045	12,56
RPES, %	5,19	5,62	5,09	5,13	5,15	5,24	0,0681	7,97
RDOR, %	22,43	22,79	21,97	22,34	21,92	23,01	0,6280	7,31
RGAB, %	1,79	2,07	1,75	1,90	1,98	1,86	0,8367	31,22

*RCARC: Rendimento de carcaça; RPEIT: Rendimento de peito; RCSB: Rendimento de coxa+sobre-coxa; RASA: Rendimento de asas; RCAB: Rendimento de cabeça; RPES: Rendimento de pés; RDOR: Rendimento de dorso; RGAB: Rendimento de gordura abdominal. Médias seguidas de letras diferentes na linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Conclusões

O *superdosing* de fitase não altera o desempenho, deposição de cinzas e fósforo nas tíbias, características quantitativas de carcaça e peso dos órgãos, porém a inclusão de 1500 FTU/kg de fitase com matriz nutricional de 0,245% Ca, 0,225% Pd e 0,053% Na proporciona resultados semelhantes às dietas tradicionalmente utilizadas, traduzindo-se em substituição parcial ou total do fosfato bicálcico e sal, podendo consequentemente reduzir os custos de alimentação na produção de frangos de corte, sem acarretar em piora no desenvolvimento.

Literatura Citada

BEDFORD, M. R. Alternate uses of phytase – Superdosing. **Asian Poultry Magazine**. p.8-11, 2012.

BRUNELLI, S.R.; PINHEIRO, J.W.; BRIDI, A.N. et al. Efeitos da fitase no desempenho e na qualidade da carne de frangos de corte. **Semina: Ciências Agrárias**, v.33, supl.2, p.3279-3286, 2012.

CAMPASINO, A.; YORK, T.; WYATT, C. et al. Effect of increasing supplemental phytase concentration in diets fed to Hubbard x Cobb 500 male broilers from 1 to 42 days of age. **Journal of Applied Poultry Research**, v.23, p.705-714, 2014.

CAMPESTRINI, E.; SILVA, V.T.M.; APPELT, M.D. Utilização de enzimas na alimentação animal. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.2, n.6, p.259-272, 2005.

ÇABUK, M.; BOZKURT, M.; KIRKPINAR, F. et al. Effect of phytase supplementation of diets with different levels of phosphorus on performance and egg quality of laying hens in hot conditions. **South African Journal of Animal Science**, v.34, n.1, p.13-17, 2004.

CHERRY, J. R. & FIDANTSEF, A.L. Directed evolution of industrial enzymes: an update. **Current Opinion in Biotechnology**, v.14, p.438–443, 2003.

COBB-VANTRESS. **Guia de manejo para frangos de corte cobb 500**. 2008, 58p.

COWIESON, A.J.; ACAMOVIC, T.; BEDFORD, M. R. Phytic acid and phytase: implications for protein utilization by poultry. **Poultry Science**. v.85, n.5, p.878-885, 2006.

FUKUYAMA, E.H.; SAKOMURA, N.K.; DOURADO, L.R.B. et al. 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.

GEHRING, C.K.; BEDFORD, M.R.; DOZIER, W.A. Extra-phosphoric effects of phytase with and without xylanase in corn-soybean meal-based diets fed to broilers. **Poultry Science**. v.92, p.979-991, 2013.

GOMIDE, E.M.; RODRIGUES, P.B.; FREITAS, R.T.F.; FIALHO, E.T. Planos nutricionais com a utilização de aminoácidos e fitase para frangos de corte mantendo o conceito de proteína ideal nas dietas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, n.6, p.1769-1774, 2007.

GOMIDE, E.M.; RODRIGUES, P.B.; BERTECHINI, A.G.; FREITAS, R.T.F.; FASSANI, E.J.; REIS, M.P.; RODRIGUES, N.E.B.; ALMEIDA, E.C. Rações com níveis reduzidos de proteína bruta, cálcio e fósforo com fitase e aminoácidos para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.40, n.11, p.2405-2114, 2011.

JUNQUEIRA, O.M.; FILARD, R.S.; LIGEIRO, E.C. et al. Avaliação técnica e econômica da matriz nutricional da enzima fitase em rações contendo farelo de girassol para poedeiras comerciais. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.39, n.10, p.2200-2206, 2010.

KARADAS, F.; PIRGOZLIEV, V.; PAPPAS, A.C. et al. Effects of different dietary phytase activities on the concentration of antioxidants in the liver of growing broilers. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v.94, p.519-526, 2010.

KRISTENSEN, M.B.; HELS, O.; MORBERG, C.M. et al. Total zinc absorption in young women, but not fractional zinc absorption, differs between vegetarian and meat-based diets with equal phytic acid content. **British journal of Nutrition** v.95, p.963, 2006.

LAURENTIZ, A.C.; JUNQUEIRA, O.M.; FILARDI, R.S. et al. 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.

LEI, X.G.; KU P.K.; MILLER, E.R. et al. Supplemental microbial phytase improves bioavailability of dietary zinc to weanling pigs. **Journal Nutrition**. v.123, p.1117-1123, 1993.

LIU, N.; RU, Y.; WANG, J. et al. Effect of dietary sodium phytate and microbial phytase on the lipase activity and lipid metabolism of broiler chickens. **British Journal of Nutrition**, v.103, p.862-868, 2010.

NUNES, J.K.; GONÇALVES, F.M.A.; DALLMANN, H.M.B. et al. Desenvolvimento do sistema digestório de frangos de corte alimentados com farinha de batata doce. **Archivos de Zootecnia**, v.60, n.232, p.1105-1114, 2011.

OLUKOSI, O.A.; KONG, C.; FRU-NJI, F. et al. Assessment os a bacterial 6-phytase in the diets of broiler chickens. **Poultry Science**, v. 92, p. 2101-2108, 2013.

ONYANGO, E.M.; BEDFORD, M.R.; ODEOLA, O. Efficacy of an Evolved *Escherichia coli* Phytase in Diets of Broiler Chicks. **Poultry Science**, v.84, p.248-255, 2005.

RAVINDRAN, V.; CABAUG, S.; RAVINDRAN, G. et al. Response of broiler chickens to microbial phytase supplementation as influenced by dietary phytic acid and non-phytate phosphorous levels. II. Effects on apparent metabolisable energy, nutrient digestibility and nutrient retention. **British Poultry Science**. v.41, p.193-200, 2000.

REMUS, J. A Avicultura e o meio ambiente colhem os benefícios da nova geração de fitases. **AveWorld**. n.29. p.56-62. 2007.

ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos**. Composição de alimentos e exigências nutricionais. 3.ed. Viçosa, MG:UFV, DZO, 2011, 252p.

SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos**. Jaboticabal: Funep, 2007. 283p.

SANTOS, F.R.; SAKOMURA, N.R.; MENDONÇA, N.O. Efeito da suplementação com fitase em dietas de frangos de corte sobre a digestibilidade de nutrientes. **Revista Brasileira de ciência Avícola**, supl.7, p.124, 2005.

SANTOS, F.R.; HRUBY, M.; PIERSON, E.E.M. et al. Effect of phytase supplementation in diets on nutrient digestibility and performance in broiler chicks. **Journal of Applied Poultry Research**, v.17, p.191-201, 2008.

SANTOS, L.M.S.; RODRIGUES, P.B.; ALVARENGA, R.R. et al. Níveis de fósforo disponível e cálcio em rações suplementadas com fitase para frangos de corte nas fases de crescimento e final. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 2486-2495, 2011.

SILVA, D.J. & QUEIROZ, A.C. **Análises de alimentos** (Métodos químicos e biológicos). 3.ed. Viçosa, MG: UFV, 2002. 235p

WALK, C.L.; BEDFORD, M.R.; McELROY, A.P. Influence of limestone and phytase on broiler performance, gastrointestinal pH, and apparent ileal nutrient digestibility. **Poultry Science**, v.91, p.1371–1378, 2012.