



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

ENDRIGO RIBEIRO MARINO

**FITASE EM RAÇÕES DE BAIXO FÓSFORO DISPONÍVEL,
SOBRE O DESEMPENHO, QUALIDADE DA CARNE,
COMPONENTES SANGUÍNEOS E IMUNOLÓGICOS DE
FRANGOS DE CORTE**

Londrina
2013

ENDRIGO RIBEIRO MARINO

**FITASE EM RAÇÕES DE BAIXO FÓSFORO DISPONÍVEL,
SOBRE O DESEMPENHO, QUALIDADE DA CARNE,
COMPONENTES SANGUÍNEOS E IMUNOLÓGICOS DE
FRANGOS DE CORTE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

Orientador: Prof. Dr. João Waine Pinheiro
Co-orientador: Prof. Dr. Caio Abércio da Silva

Londrina
2013

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da
Universidade Estadual de Londrina.**

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)

M339f Marino, Endrigo Ribeiro.

Fitase em rações de baixo fósforo disponível, sobre o desempenho, qualidade da carne, componentes sanguíneos e imunológicos de frangos de corte / Endrigo Ribeiro Marino. - Londrina, 2013.
54 f. : il.

Orientador: João Waine Pinheiro.

Co-orientador: Caio Abércio da Silva

Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal, 2013.

Inclui bibliografia.

1. Frango de corte - Alimentação e rações - Teses. 2. Frango de corte - Desempenho - Teses. 3. Carne de ave - Qualidade - Teses. 4. Ácido fítico - Teses. 5. Nutrição animal - Teses. I. Pinheiro, João Waine. II. Caio Abércio da Silva. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Ciência Animal. IV. Título.

CDU 636 5

ENDRIGO RIBEIRO MARINO

**FITASE EM RAÇÕES DE BAIXO FÓSFORO DISPONÍVEL, SOBRE O
DESEMPENHO, QUALIDADE DA CARNE, COMPONENTES
SANGUÍNEOS E IMUNOLÓGICOS DE FRANGOS DE CORTE**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência Animal da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciência Animal.

BANCA EXAMINADORA

Co-orientador: Prof. Dr. Caio Abércio da Silva
UEL – Londrina – PR

Prof. Dr. Emerson José Venancio
UEL – Londrina – PR

Prof. Dr. Alexandre Oba
UEL – Londrina – PR

Londrina, 24 de fevereiro de 2013..

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer ao meu pai Dorival Marino e a minha mãe Zilda Ribeiro da Silva por terem me dado todo apoio e motivação necessários durante toda a minha vida para que eu pudesse atingir os meus objetivos.

Agradeço também a Universidade Estadual de Londrina, na qual consegui obter meu diploma de Zootecnista e a oportunidade de cursar em sequência um curso de Mestrado em Ciência Animal.

Agradeço ao meu orientador, professor Dr. João Waine Pinheiro, por sua orientação durante todo este trabalho.

Ao meu co-orientador, professor Dr. Caio Abércio da Silva, por sua dedicação, compreensão e ensinamentos durante este trabalho.

Ao professor Dr. Alexandre Oba por toda sua ajuda em diversas situações ao longo de toda a minha graduação e pós-graduação.

A todos os professores do Departamento de Zootecnia, pelos ensinamentos durante a graduação e na pós-graduação.

Ao professor Dr. Emerson José Venancio pela sua assistência em todas as questões relacionadas à imunologia, além de orientação e realização das análises imunológicas.

A professora Dra. Mara Regina Stipp Balarin por sua contribuição nas análises hematológicas.

Aos estagiários Juan Dario, Camila e Fernanda.

Aos meus amigos Doutorandos Eduardo Lucas Terra Peixoto e Elizabeth dos Santos Moura.

Ao meu amigo de graduação César Augusto Pecoraro.

Aos meus colegas de graduação e pós-graduação.

E por fim a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização desta Dissertação de Mestrado.

MARINO, Endrigo Ribeiro. **Fitase em rações de baixo fósforo disponível, sobre o desempenho, qualidade da carne, componentes sanguíneos e imunológicos de frangos de corte.** 2013. 54f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2013.

RESUMO

A enzima fitase é utilizada na nutrição de frangos para melhorar o aproveitamento dos nutrientes, uma vez que esta quebra o fítico presente no milho e no farelo de soja disponibilizando o fósforo, cálcio, aminoácidos e energia. Diante destes fatores, foi conduzido um experimento com o objetivo de avaliar a influência da fitase dietética sobre o desempenho, qualidade da carne, parâmetros sanguíneos e imunológicos e o crescimento alométrico de alguns órgãos de frangos de corte. Foram utilizados 330 pintainhos de corte, machos, da linhagem Cobb, entre 1 a 42 dias de idade, submetidos a seis rações experimentais, sendo uma controle, e cinco formuladas conforme as exigências nutricionais consideradas na ração controle, porém com redução em 30% na concentração do fósforo disponível, sendo suplementadas com 0; 250; 500; 1000 e 2000 unidades fitase por quilograma (FTU/kg). As rações foram fornecidas em três fases, de 1 a 7, 8 a 28 e 29 a 42 dias de idade. O desenho experimental foi inteiramente casualizado com 6 tratamentos e 5 repetições (cada repetição foi representada por um box com 11 aves cada). Os parâmetros de desempenho foram avaliados nas idades de 1 a 21 e de 1 a 42 dias. Aos 21 dias de idade, os frangos alimentados com 500 FTU/kg tiveram o ganho de peso (GP) e a conversão alimentar (CA) iguais ao tratamento controle ($P>0,05$). A suplementação de fitase em 1000 e 2000 FTU/kg piorou a CA e reduziu o peso relativo do jejuno. No hemograma, a dieta com 2000 FTU/kg resultou em aumento do número total de hemácias. Houve efeito quadrático de regressão para GP, consumo de ração (CR) e peso do jejuno aos 21 dias. Não foram observados efeitos dos tratamentos no volume globular, hemoglobina, leucócitos, heterófilos, linfócitos, relação heterófilos/linfócitos, cálcio, fósforo, ferro, concentração de IgG, IgM e IgA, anticorpos total, peso relativo da Bursa de Fabrícus e baço. Aos 42 dias o GP, a CA, o pH e a capacidade de retenção de água da carne, volume globular, hemoglobina, hemácias, leucócitos, heterófilos, linfócitos, relação heterófilos/linfócitos, a concentração de IgG, IgM e IgA, anticorpos total, peso relativo da Bursa de Fabrícus, baço, coração, fígado, pâncreas, proventrículo mais moela, duodeno, jejuno íleo e intestino grosso não foram influenciados ($P>0,05$) pelos tratamentos. O consumo de ração foi maior ($P<0,05$) para 1000 FTU/kg, em relação à dieta controle. A fitase fornecida em 1000 e 2000 FTU/kg ocasionou redução no peso do íleo e também do cálcio (Ca) sérico. Houve efeito quadrático de regressão aos 42 dias para o CR, cor a^* ($-a^*$ = verde e $+a^*$ = vermelho) e b^* ($-b^*$ = azul e $+b^*$ = amarelo) da carne, heterofilos (%) e Ca sérico. Para o peso do coração e do pâncreas houve efeito linear negativo. A enzima fitase na concentração de 500 FTU/kg, na fase inicial tem efeitos positivos sobre o desempenho, mas sem resultados na fase final, com poucas respostas nas características séricas, imunológicas e de qualidade da carne. Quanto ao aspecto econômico de uso da fitase, a máxima inclusão da enzima mostrou melhor viabilidade para ambas as fases.

Palavras-chave: Ácido fítico. Cálcio. Ferro. Fitato. Fósforo.

MARINO, Endrigo Ribeiro. **Phytase in diets low available phosphorus on performance, meat quality, blood components and immunological broiler.** 2013. 54p. Dissertation (Master Degree in Animal Science) – State University of Londrina, Londrina, 2013.

ABSTRACT

An experiment was conducted to evaluate the influence of dietary phytase on performance, meat quality, blood and immunological parameters and allometric growth of some organs of broilers. Were used 330 broilers, males, Cobb, between 1-42 days of age, subject to six experimental diets, one control and five formulated according to the nutritional requirements considering the control diet. The other rations presented a reduction of 30% of available phosphorus, being supplemented with 0, 250, 500, 1000 and 2000 units of phytase per kilogram (FTU/kg). Diets were offered during three phases, from 1 to 7, 8 to 28, 29 to 42 days of age. The experimental design was completely randomized with 6 treatments and 5 replicates (each replicate was represented by a box with 11 birds each). Performance parameters were evaluated at 1 to 21 and 1 to 42 days of age. At 21 days of age, broilers fed 500 FTU/kg had a similar weight gain (WG) and feed conversion (FC) compared with the control treatment ($P > 0.05$). Phytase supplementation at 1000 and 2000 FTU/kg increased FC and reduced the relative weight of the jejunum. In hemogram, the diet with 2000 FTU/kg increased the total number of red blood cells. There were no effects on immunological parameters. At 42 days the WG, the FC, the parameters of meat quality, blood counts and immunological parameters were not influenced ($P > 0.05$) by the treatments. The feed intake (FI) was higher ($P < 0.05$) at 1000 FTU/kg, compared to the control diet. Phytase provided at 1000 and 2000 FTU/kg the reduction of ileum weight and also the reduction of calcium (Ca) serum. Quadratic regression effects were observed to WG, FI and jejunum weight at 21 days, whereas at 42 days there was a quadratic effect for the FI, a * (-a * = green and + a * = red) and b * (- b * = blue and + b * = yellow) meat color, heterophile (%) and serum Ca. The treatments presented a linear effect to the heart and pancreas weight. The enzyme level at 500 FTU/kg during the initial phase has positive effects on performance, but during the final stage, there were a light answers in serum, immunological and meat quality characteristics. According the costs, the best level of phytase was observed to the the maximum inclusion to the both phases.

Key words: Calcium. Iron. Phytate. Phosphorus. Phytic acid.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Estrutura do ácido fítico	11
Figura 2 – Fitato (ácido fítico na forma ionizada)	11
Figura 3 – Interação do fitato com minerais e aminoácidos	12
Figura 4 – Formação do ânion superóxido (O_2^-), o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e a radical hidroxila (OH^\cdot).....	16
Figura 5 – Formação do radical hidroxila (OH^\cdot)	16

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Composição das rações experimentais	34
Tabela 2 – Ganho de peso (GP), consumo de ração (CR) e conversão alimentar (CA) de frangos submetidos a tratamentos com diferentes concentrações de fitase dietética.....	38
Tabela 3 – Cor (L*, a* e b*), pH e capacidade de retenção de água (CRA) de peitos (<i>Pectoralis major</i>) de frangos submetidos a tratamentos com diferentes concentrações de fitase dietética.....	41
Tabela 4 – Valores do volume globular (VG), concentração de hemoglobina (Hb), número total de hemácias (He), leucócitos (Leuc.), heterófilos (Het.), linfócitos (Linf.) e relação heterófilos/linfócitos (Het./Linf.) em frangos submetidos a tratamentos com diferentes concentrações de fitase dietética.....	43
Tabela 5 – Atividade sérica da fosfatase alcalina (FA) e a concentração de cálcio (Ca), fósforo (P) e ferro (Fe) em frangos submetidos a tratamentos com diferentes concentrações de fitase dietética.....	44
Tabela 6 – Concentração de IgG, IgM, IgA e IgTotal, peso relativo da Bursa de Fabrício e do baço em frangos submetidos a tratamentos com diferentes concentrações de fitase dietética.....	46
Tabela 7 – Peso relativo do coração, fígado, pâncreas, proventrículo mais moela (P+M), duodeno, jejuno íleo e intestino grosso (IG) em frangos submetidos a tratamentos com diferentes concentrações de fitase (valores expressos em g/100g do peso vivo).....	48
Tabela 8 – Custo médio de ração por quilograma de peso vivo (R\$/kgPV), índice de eficiência econômica (IEE) e índice de custo médio (ICM) de acordo com os tratamentos experimentais.....	50

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	9
2 REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1 ÁCIDO FÍTICO E FITATO	11
2.2 FITASE	12
2.3 FITASE E SUA RELAÇÃO COM O DESEMPENHO DE FRANGOS DE CORTE	13
2.4 FITATO, FITASE E QUALIDADE DA CARNE	15
2.5 PARÂMETROS IMUNOLÓGICOS E HEMATOLÓGICOS	17
3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24
4 OBJETIVOS	30
4.1 GERAL	30
4.2 ESPECÍFICOS	30
5 ARTIGO PARA PUBLICAÇÃO	31
5.1 INTRODUÇÃO	32
5.2 MATERIAL E MÉTODOS	33
5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
5.4 CONCLUSÃO	50
5.5 AGRADECIMENTOS	50
5.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51

1 INTRODUÇÃO

A avicultura de corte industrial, por meio do melhoramento genético, tem resultado em avanços significativos com aves de maior crescimento muscular e conseqüentemente maior produção de carne. Paralelamente ao desenvolvimento de novos produtos para a profilaxia e o tratamento de doenças, melhoria nas instalações e equipamentos para garantir um melhor conforto térmico e a identificação de novos recursos alimentares e nutricionais para redução dos custos de produção seguem indissociados no sistema intensivo de criação de frangos de corte.

No Brasil, a avicultura de corte representa uma das atividades agropecuárias mais desenvolvidas e importantes, voltada tanto para atender altos consumos de carne internamente, bem como a exportação, na qual o país ocupa o primeiro lugar no ranking mundial.

Este cenário exige que a cadeia se mantenha competitiva e que preserve elevados padrões de qualidade de seus produtos, ao mesmo tempo em que deve manter baixos os desafios ambientais, além do respeito aos recursos humanos envolvidos no processo.

Com destaque à questão nutricional, as exigências têm aumentado, visto que a cada geração as aves têm apresentado índices de desempenho cada vez mais elevados. Devido ao alto consumo, os principais grãos como o milho e a soja têm apresentado preços progressivamente mais altos, resultando em custos de produção mais elevados, e a demanda por produtos finais de alta qualidade continuam crescentes (BRANDÃO et al., 2007).

No Brasil, as rações avícolas são formuladas basicamente com ingredientes de origem vegetal. Em média estas contêm 65% de milho e 30% de farelo de soja, constituindo os ingredientes mais caros da formulação. O terceiro ingrediente de maior custo é o fósforo, na qual nos vegetais está presente como uma molécula pouco disponível para os animais, denominada fitato.

O fitato tem carga elétrica negativa, com capacidade de complexar-se com alguns nutrientes que tem carga elétrica positiva, como minerais, carboidratos, aminoácidos e enzimas, sendo por isso considerado um fator antinutricional para os frangos. Estes nutrientes, ao ligarem-se ao fitato, podem ter sua biodisponibilidade reduzida, interferindo negativamente na digestibilidade da energia metabolizável, das proteínas, dos aminoácidos e de moléculas de glicose conjugadas dos alimentos (COSTA et al., 2004).

Pelo fato das aves não produzirem a enzima fitase, ou pelo menos não em quantidade suficiente para digerir o fitato, a maior parte do fósforo dos componentes das

rações, juntamente com o excesso de fósforo inorgânico adicionado, é eliminado nas fezes, ocasionando perdas econômicas e agressões ambientais, como a eutrofização da água e do solo (COSTA et al., 2004).

A enzima fitase, produzida por microrganismos como fungos ou bactérias, tem sido utilizada com sucesso como aditivo nutricional nas rações para aves, pois além do fósforo, melhora também a disponibilidade do cálcio, ferro, cobre e zinco, da proteína bruta, da energia digestível ileal (TEJEDOR et al., 2001), melhorando o desempenho zootécnico dos frangos (PILLAI et al., 2006 e RAVIDRAN, COWIESON e SELLE, 2008).

O fitato e a fitase, além do desempenho, podem também influenciar na qualidade da carne. O fitato ao ligar-se com metais, entre estes o ferro, o cobre e o zinco, inibe a produção de radical hidroxila (OH[•]), formando quelatos, deixando-os cataliticamente inativos. Na presença da enzima fitase, estes minerais quelatados são disponibilizados e nos tecidos podem participar dos processos de oxidação lipídica (GRAF; EATON, 1985).

A resposta imune pode também ser influenciada pelo fitato e fitase. Minerais e aminoácidos liberados do fitato pela fitase, fazem parte da constituição de diversas células e enzimas do sistema imune, aumentando assim a resposta dos frangos de corte frente às ameaças dos microrganismos presentes nos aviários (LIU et al., 2008)

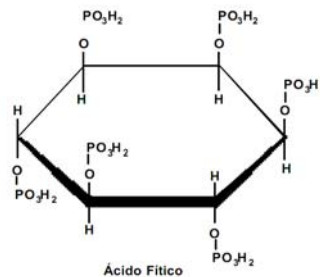
Diante destes fatores, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da adição da enzima fitase em rações de frangos de corte formuladas com milho e farelo de soja, com redução no fósforo disponível, sobre o desempenho, qualidade da carne, componentes sanguíneos, imunológicos, peso relativo de alguns órgãos e sobre os custos de produção.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ÁCIDO FÍTICO E FITATO

O ácido fítico (Figura 1), forma livre do mio inositol hexafosfato (IP₆), é um composto encontrado nos grãos de cereais e de leguminosas, em concentrações variando de 1 a 5% do seu peso (LEE; HENDRICKS, 1995). Possui importante função na fisiologia das plantas, atuando como estoque de fósforo, energia, de grupos fosfatos reativos, fonte de cátions, além de atuar na dormência da semente (QUIRRENBACH et al., 2009).

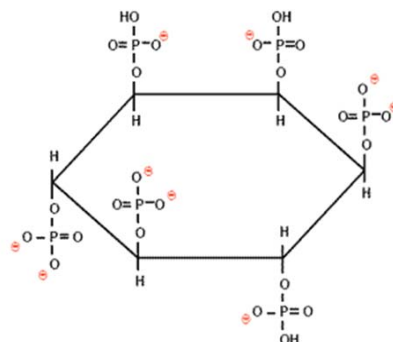
Figura 1 – Estrutura do ácido fítico



Fonte – Pizzolante et al. (2002)

O termo fitato (Figura 2) é designado para o complexo químico formado pela ligação do IP₆, quando está ionizado ou associado com alguns minerais, como o potássio, magnésio e cálcio, formando sais (SELLE; RAVIDRAN, 2007).

Figura 2 – Fitato (ácido fítico na forma ionizada)

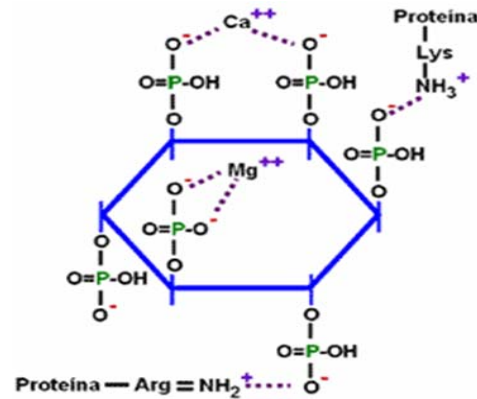


Fonte – Fernández (2011)

Em condições naturais, a molécula do ácido fítico encontra-se eletronicamente negativa (Figura 3), o que lhe confere alto potencial reativo com diferentes moléculas que possuem carga positiva (CHERYAN, 1980), formando o fitato. O fitato reduz

a disponibilidade dos elementos a ele complexados, como minerais, proteínas e aminoácidos (SOHAIL; ROLAND, 1999).

Figura 3 – Interação do fitato com minerais e aminoácidos



Fonte: Fernández (2011)

Nas plantas, a concentração de fitato varia em função da espécie vegetal, idade e estágio de maturação dos grãos e sementes, clima, água e quantidade de fósforo no solo, que é absorvido e armazenado, complexando-se com o inositol, formando o ácido fítico (ASADA; KASAI, 1962).

No milho, o fitato compõe entre 66 a 85% do fósforo total, enquanto no farelo de soja esta quantidade varia de 53 a 68% (SELLE; RAVIDRAN, 2007). De acordo com Rostagno et al. (2005), o milho e o farelo de soja apresentam 0,24 e 0,53% de fósforo total e 0,08 e 0,18% de fósforo disponível (Pd) para aves, respectivamente, indicando apenas 30% de disponibilidade.

2.2 FITASE

A fitase ou mio-inositol hexafosfato fosfohidrolase é uma fosfatase fitato específica que catalisa a hidrólise do fitato, formando inositol e fosfatos (AGOSTINI; IDA, 2006). A classificação desta enzima é definida de acordo com o local em que ocorre a primeira hidrólise da molécula de fitato. Quando o local desta hidrólise ocorre na posição do carbono 3 da molécula ela é denominada 3-fitase ou mio-inositol hexafosfato 3-fosfohidrolase, e quando esta hidrólise inicia sobre o carbono 6 é denominada 6-fitase ou mio-inositol hexafosfato 6-fosfohidrolase (SANTOS, 2011).

Normalmente são disponibilizadas no mercado três tipos de fitases comerciais voltadas para uso nas dietas das aves: a derivada do *Aspergillus niger*, que é uma

3-fitase, e as derivadas do *Peniophora lycii* e da *Escherichia coli*, que são 6-fitase (SELLE; RAVIDRAN, 2007). A 3-fitase é produzida somente por microrganismos, enquanto a 6-fitase também pode ser encontrada nas plantas (KONIETZNY; GREINER, 2002).

A fitase de origem vegetal, encontrada naturalmente nos grãos, não é considerada para efeito nutricional das aves, pois a sua concentração é muito baixa e o pH ótimo para a sua atuação (5,0 a 6,5) é incompatível com a fisiologia digestiva destes animais. O pH encontrado no proventrículo e na moela dos frangos é de aproximadamente 2,7 (BARRIER-GUILLOT et al., 1996). No sistema digestório das aves, a fitase adicionada, produzida por microrganismo, atua no papo, proventrículo e moela, onde o pH é mais apropriado para sua ação (KERR; CLASSEN; NEWKIRK, 2000), variando de 2,0 até 6,5.

A medida utilizada para descrever a capacidade da fitase em hidrolisar o fitato é a unidade de fitase (FTU), que foi definida por Engelen et al. (1994) como sendo a quantidade da enzima que libera 1 μmol de ortofosfato inorgânico por minuto a partir de 5,1 μmol de fitato de sódio, em pH 5,5 e temperatura de 37°C, podendo ser influenciada pela umidade do meio, tempo de armazenamento, tipo de alimento utilizado como substrato, aditivos no alimento e tempo de passagem no trato gastrointestinal (NEWMAN, 1991).

2.3 FITASE E SUA RELAÇÃO COM O DESEMPENHO DE FRANGOS DE CORTE

Alguns nutrientes importantes na nutrição de aves possuem alta capacidade de se ligar a fatores antinutricionais, como o fitato, interferindo no desempenho e na fisiologia. O fitato é um potente agente quelante de nutrientes como proteínas, enzimas, aminoácidos, amido e minerais (RAVINDRAN et al., 1999).

Segundo Caires et al. (2008), existem vários motivos para se utilizar a fitase nas rações de aves, dentre estes o aumento da disponibilidade de nutrientes devido a melhora da digestibilidade das matérias-primas, e a aumento da ação das enzimas endógenas através de um sinergismo, melhorando o valor nutritivo dos alimentos, proporcionando assim melhor desempenho aos animais. Soma-se ao efeito da fitase, o fato de que aves jovens tem menor secreção intestinal enzimática que as aves adultas, o que pode ser melhorado com o uso de enzimas exógenas na alimentação.

Trabalhos clássicos de Nelson (1968, 1971 apud FIREMAN; FIREMAN, 1998) demonstraram um aumento nos teores de cinzas dos ossos de pintos jovens quando à dieta foram adicionadas culturas filtradas de *Aspergillus* contendo fitase ou quando foi adicionada a enzima isolada na dosagem de 1 a 8g/kg de ração, mostrando que a fitase

disponibilizou alguns minerais e que estes foram absorvidos e utilizados na constituição óssea da ave. A hidrólise total do fitato ocorreu quando a concentração de fitase foi de 3g/kg de ração.

Pillai et al. (2006) e Ravidran, Cowieson e Selle (2008) também citaram os benefícios da fitase na melhora da digestibilidade das rações e do desempenho dos frangos.

Pillai et al. (2006) observaram que frangos de corte dos 3 a 42 dias de idade, alimentados com rações com conteúdo de fósforo reduzido, apresentaram redução no consumo de ração quando comparados aos alimentados com ração controle, o que foi revertido com a adição de 1000 FTU/kg, contudo, não observaram diferença no ganho de peso e na conversão alimentar. A adição de 500 FTU/kg reverteu os efeitos negativos do baixo conteúdo de fósforo apenas para o ganho de peso.

A melhora no desempenho dos frangos com a utilização da fitase, segundo Ravidran, Cowieson e Selle (2008) se deve ao aumento da energia metabolizável, da digestibilidade ileal e retenção total de nitrogênio, da disponibilidade ileal de cálcio, fósforo e potássio, e dos aminoácidos aspartato, treonina, serina, glutamato, prolina, glicina, valina, isoleucina, leucina, tirosina, fenilalanina, histidina e lisina.

O uso de 1200 FTU/kg em rações com 15% de farelo de arroz integral, ingrediente rico em fitato, permite uma redução na quantidade suplementar de fósforo inorgânico, ferro, cobre, zinco e manganês nas rações de frangos de 1 a 42 dias de idade, sem comprometer o desempenho produtivo (CONTE et al., 2003). Também a enzima forneceu a redução dos teores dietéticos de cálcio, proteína bruta e energia digestível aparente ileal dos frangos (TEJEDOR et al., 2001).

Para Oliveira et al. (2009), em experimento com frangos de corte com 21 dias de idade alimentados com rações que tiveram as suas concentrações de fósforo não fítico diminuídas em relação às exigências nutricionais, foi observada piora dos índices de desempenho, entretanto, o ganho de peso e o consumo de ração aumentaram quando estas rações foram suplementadas com fitase na quantidade de 25 FTU/kg, o que não aconteceu com a conversão alimentar que não foi beneficiada pela adição da fitase.

Godoy, Hernández e Chicco (2002) afirmaram que a ação da fitase é potencializada quando suplementada em rações que contém baixa concentração de fósforo disponível, e é inibida quando os teores deste mineral estão próximos ou atendem as exigências nutricionais das aves.

2.4 FITATO, FITASE E QUALIDADE DA CARNE

A carne de frango é passível de sofrer processos oxidativos devido ao seu elevado teor de gordura insaturada. Neste sentido, os efeitos benéficos da adição do fitato na prevenção da oxidação lipídica nas carnes das coxas e sobrecoxas de frangos foram relatados por Leal (2000), e sobre os filés de peito por Soares et al. (2004).

A oxidação lipídica das carnes pode ocorrer através de três formas diferentes: enzimática, fotoxidação e autooxidação. A oxidação enzimática ocorre pela ação das lipoxigenases que atuam sobre os ácidos graxos polinsaturados, catalisando a adição de oxigênio à cadeia hidrocarbonada poli-insaturada, formando peróxidos e hidroperóxidos com as duplas ligações conjugadas que podem envolver-se em diferentes reações degradativas (RAMALHO; JORGE, 2006). A fotoxidação é promovida essencialmente pela radiação ultravioleta (UV) em presença de sensibilizadores (clorofila, mioglobina), e envolve a participação de oxigênio como intermediário, reagindo diretamente com as ligações duplas formando hidroperóxidos, diferentes dos que se observam na ausência de luz e de sensibilizadores, e que por degradação posterior originam aldeídos, álcoois e hidrocarbonetos (SILVA; BORGES; FERREIRA, 1999).

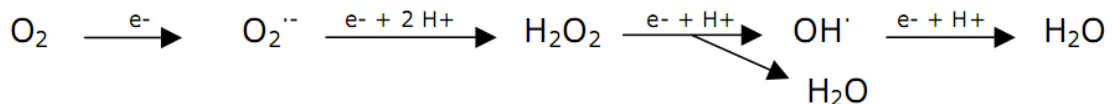
A reação de autooxidação é dividida em três etapas: iniciação, propagação e terminação, e todas se desenvolvem simultaneamente (ORDÓNEZ, 2005). Na iniciação, formam-se radicais livres a partir dos ácidos graxos insaturados, que cedem um próton ao carbono α -metilênico. Para que esta reação ocorra são necessárias temperaturas elevadas e a presença de catalizadores como a luz, os metais (cobre, ferro, níquel, cobalto e manganês) ou as metaloproteínas. Os radicais livres formados combinam-se com o oxigênio produzindo peróxidos lipídicos. A propagação da autooxidação caracteriza-se pelo acúmulo dos peróxidos, e é nessa etapa que ocorre a oxidação da maioria dos lipídeos insaturados. Os radicais livres que são prontamente susceptíveis ao ataque do oxigênio atmosférico são convertidos em outros radicais, atuando como propagadores da reação, resultando em um processo autocatalítico. Na fase de término, os radicais livres procedentes da decomposição dos peróxidos lipídicos associam-se formando produtos estáveis (não radicais) de peso molecular baixo (aldeídos, cetonas, lactonas, ácidos graxos de cadeia curta, etc.), responsável pelo odor de ranço (ORDÓNEZ, 2005).

Devido à capacidade do fitato em formar quelatos com metais, este é considerado um antioxidante natural, pois inibe a peroxidação lipídica, acelerando a autooxidação de íons ferrosos (Fe^{2+}) para férricos (Fe^{3+}), inativando-os cataliticamente

(QUIRRENBACH et al., 2009) e impedindo a formação do radical hidroxila (GRAF; EATON, 1990).

Devido à sua configuração eletrônica, o oxigênio tende a receber um elétron, formando compostos intermediários altamente reativos (Figura 4), como o ânion superóxido (O_2^-), o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e a radical hidroxila (OH^\cdot), que podem ser formados por reações enzimáticas da cicloxigenase, lipoxigenase, aldeído oxidase, além da autoxidação das catecolaminas, flavinas e ferridoxinas e pelas reações catalizadas por metais tais como o ferro e o cobre (RENZ, 2011).

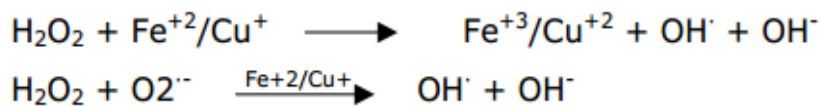
Figura 4 – Formação do ânion superóxido (O_2^-), o peróxido de hidrogênio (H_2O_2) e a radical hidroxila (OH^\cdot)



Fonte: Renz (2011)

A partir do O_2^- e do H_2O_2 , forma-se o radical OH^\cdot , que é um dos mais potentes oxidantes, tendo a capacidade de atravessar a membrana da célula e reagir com os lipídios insaturados e com o ácido desoxirribonucleico (DNA). A radical hidroxila é formada conforme descrito por Renz (2011), (Figura 5).

Figura 5 – Formação do radical hidroxila (OH^\cdot)



Fonte: Renz (2011)

Lee e Hendricks (1995) adicionaram 0,002; 0,02; 0,2; 2 e 20 mM de fitato diretamente na carne bovina e verificaram redução na oxidação lipídica devido à autoxidação ou pela quelação do ferro, que foi inativado. Estes mesmos autores observaram também que o fitato na concentração de 2 mM em pH 7,0 é mais eficiente que o ácido ascórbico, butil-hidroxi-tolueno (BHT) e ácido etilenodiamino tetra-acético (EDTA) na prevenção de oxidação da carne.

A fitase ao romper a estrutura do fitato e disponibilizar elementos químicos, entre estes os metálicos, pode causar alterações organolépticas e de estabilidade dos lipídios das carnes. Ao estudar a qualidade da carne de suínos alimentados com rações contendo

baixas concentrações de cálcio e fósforo disponível, porém suplementadas com fitase, Shelton et al. (2004) verificaram redução no valor de L^* em relação à dieta controle. O valor de L^* reduzido significa uma carne menos brilhante, de coloração vermelha escura. O pigmento mioglobina é o principal responsável pela cor das carnes, tendo a sua estrutura molecular constituída por uma parte proteica (globina) e uma parte não proteica (grupo heme). O grupo heme possui um átomo de ferro na posição central e a sua oxidação ou redução irá determinar a cor da carne. Quando este ferro está na forma reduzida (Fe^{+2}) a cor da carne apresenta-se vermelha (oxiomioglobina) e, na forma oxidada (Fe^{+3}), a sua cor torna-se amarronzada (metamioglobina) (OLIVO, 2011).

Gebert et al. (1999) determinaram que a adição da fitase à dieta proporcionava alterações na coloração das carnes tornando-as mais pálidas, o que atribuíram ao aumento da disponibilidade do cobre e do ferro, sugerindo o surgimento de anormalidades nestas carnes devido à ação da enzima sobre o fitato.

Brunelli (2009), em experimento com frangos, observou efeito linear positivo da adição da enzima fitase (0; 750 e 1500 FTU/kg) nos valores de TBARS (substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico) da carne de peito e de coxa resfriadas, sugerindo que o aumento da disponibilidade de minerais, principalmente do ferro, causado pela ação da fitase, provavelmente tenha influenciado negativamente a estabilidade lipídica destas carnes.

Soares et al. (2009) relataram influência da oxidação lipídica nas anormalidades das cores dos filés do peito de frangos (*Pectoralis major*), demonstrando que estas anormalidades são 27% mais elevadas nas carnes PSE (pálida, flácida e exsudativa) e 41% nas análogas ao DFD (escura firme e seca), quando comparadas às carnes normais.

Alterações no pH e na capacidade de retenção de água, bem como nos valores de L^* (luminosidade), a^* ($-a^*$ = verde e $+a^*$ = vermelho) e b^* ($-b^*$ = azul e $+b^*$ = amarelo), que formam a cor da carne, indicam o aparecimento de duas anormalidades que afetam as suas propriedades funcionais, o PSE, caracterizado pela aparência pálida, flácida e exsudativa, e o DFD, no qual se apresenta escura, firme e seca (LANGER, 2007).

2.5 PARÂMETROS IMUNOLÓGICOS E HEMATOLÓGICOS

O sistema imune das aves pode ser dividido em inato e adaptativo. O sistema inato é a primeira linha de defesa e não apresenta especificidade, sendo reconhecida como barreiras físicas e químicas, como epitélio e substâncias produzidas por algumas células que possam ter alguma atividade antibacteriana, como o ácido estomacal e o muco que reveste

as mucosas. Além disso, fazem parte da imunidade inata às células fagocíticas (macrófagos e heterófilos) e as células Natural Killer (NK), eosinófilos, basófilos e trombócitos (MACARI; FURLAN; GONZALES, 2002). Também fazem parte do sistema imune inato as proteínas do complemento, proteínas de fase aguda e outras moléculas com ação antimicrobiana, como as defensinas.

Os macrófagos compõem a primeira linha de defesa do organismo contra agentes infecciosos e são fundamentais na resposta imune inata e específica, estando presentes por todo o organismo, tendo como função à quimiotaxia, a fagocitose, a morte de bactérias e de células tumorais, bem como a produção de citocinas (QURESHI, 2003).

O leucograma das aves não apresenta neutrófilo, ao invés disso apresenta heterófilos, que são leucócitos polimorfonucleares, essenciais para o funcionamento do sistema imunológico inato (TREVELIN et al. 2009). Os heterófilos desencadeiam a explosão respiratória com consequente produção de reativos de oxigênio que eliminam os patógenos após a fagocitose (KAISER, 2010). Nas aves os heterófilos são destituídos da enzima mieloperoxidase, sendo incapazes de gerar compostos halogenados, o que torna o seu metabolismo oxidativo uma linha de defesa secundária aos microrganismos, quando comparada à liberação de enzimas lisossomais (HARMON, 1998).

Células Natural Killer (NK) são subpopulações de linfócitos capazes de matar células tumorais e de mediar à imunidade contra células infectadas por vírus (GERTNER; SANTIN; SAAD, 2008).

Trombócitos são células que possuem função semelhante à das plaquetas nos mamíferos no processo da coagulação sanguínea, mas sua principal característica é que são células altamente fagocíticas (CARDOSO; TESSARI, 2003).

Os eosinófilos possuem mecanismo desintoxicante e são importantes na regulação do processo inflamatório. Não são propriamente fagócitos, atuam na membrana plasmática da célula infectada e, por degranulação, liberam seus grânulos que contêm histaminase que inibe a ação da histamina encontrada nos basófilos e mastócitos, moderando assim as reações anafiláticas (GERTNER; SANTIN; SAAD, 2008).

Os basófilos das aves são células semelhantes às dos mamíferos e sua atividade equivale à dos mastócitos presentes nos tecidos. Possuem grânulos com grande quantidade de histamina, que podem ser liberados durante a estimulação alérgica e são encontrados em grande número nas fases iniciais da inflamação, liberando seu conteúdo, e também possuem a capacidade de fagocitar partículas estranhas (MACARI; FURLAN; GONZALES, 2002).

A imunidade adaptativa é considerada a imunidade desenvolvida especificamente para um agente, por isso também é denominada de imunidade específica, que tem a capacidade de memória imunológica, de forma que a segunda resposta a esse mesmo agente será ainda mais vigorosa que na primeira exposição. Os componentes desta resposta específica são basicamente os linfócitos T, responsáveis pela imunidade mediada por células, e os linfócitos B, que darão origem a diferentes isotipos de imunoglobulinas (ABBAS; LICHTMAN; PILLAI, 2008).

Existem diferenças entre o sistema imune das aves e o dos mamíferos (JEURISSEN; VERVELDE; JANSE, 1994). A bursa de Fabrício é um órgão linfóide primário encontrado somente nas aves, constituindo o órgão em que os linfócitos B se desenvolvem e se diferenciam. O timo é outro órgão linfóide primário, sendo responsável pelo desenvolvimento e diferenciação dos linfócitos T (MACARI; FURLAN; GONZALES, 2002). Após a maturidade sexual, ocorre involução da bursa de Fabrício e do timo, e os linfócitos B e T passam a ser encontrados no baço (DAVISON; KASPERS; SCHAT, 2008). O baço é um órgão linfóide secundário para onde os linfócitos T e B migram após a diferenciação. No baço os linfócitos interagem entre si e com células acessórias e com antígenos, gerando células efetoras e de memória (CARVALHO; DAEMON; SOUZA-LIMA, 2007).

Os linfócitos T podem constituir duas subpopulações, os linfócitos T CD4+ e os T CD8+. Os linfócitos T CD4+ (linfócitos T auxiliares ou T helper) podem induzir e intensificar a resposta imune, pela produção de moléculas importantes para a ativação de células Natural Killer (NK), heterófilos e linfócitos B (SUMMERFIELD et al., 1996). Linfócitos T CD8+ possuem atividade citotóxica, causando lise de células infectadas com vírus e células tumorais (LIU et al., 2008).

As imunoglobulinas (Ig), também denominadas de anticorpos, constituem glicoproteínas sintetizadas e excretadas pelas células plasmáticas derivadas dos linfócitos B, os plasmócitos, presentes no plasma, tecidos e secreções, que atacam antígenos reconhecidos pelo sistema imune, contribuindo assim para a defesa do organismo. Os anticorpos são produzidos por linfócitos B e são fundamentais na imunidade específica para diversas infecções (MACARI; FURLAN; GONZALES, 2002).

Em mamíferos são cinco as classes de imunoglobulinas (IgM, IgG, IgE, IgA, IgD), classificadas segundo a sua estrutura molecular (TIZARD, 2010). As aves, no entanto, possuem apenas três tipos de imunoglobulinas a IgM, IgA e IgY, sendo que a IgY também é chamada de IgG, devido a sua semelhança com a IgG dos mamíferos, possuindo também características da IgE. A IgY é encontrada em maior quantidade no soro sanguíneo e

constitui o principal componente do mecanismo de defesa contra infecções sistêmicas, podendo também mediar reações anafiláticas (MACARI; FURLAN; GONZALES, 2002). A IgM das aves é funcionalmente e estruturalmente similar à dos mamíferos, causando opsonização (microrganismos ou partículas que são recobertos por anticorpos e sistema complemento), facilitando a fagocitose dos microrganismos pelos fagócitos (TIZARD, 2010).

Os parâmetros imunológicos e hematológicos podem ser influenciados pelo estado nutricional, sexo, idade, estado reprodutivo, trauma e estresse dos animais e também pela estação do ano (THRALL, 2007). Quanto aos efeitos da nutrição, para Thrall (2007) pode-se modular estes parâmetros adequando a quantidade e/ou a qualidade dos ingredientes da ração, permitindo estabelecer um estado ideal de sanidade às aves.

A fitase constitui um importante aditivo nutricional promotor de crescimento para aves, se caracterizando por romper a estrutura do fitato, liberando diversos nutrientes como, proteínas, aminoácidos, carboidratos e minerais (ferro, o cobre e o zinco) (RAVINDRAN et al., 1999), que participam dos mecanismos metabólicos, fisiológicos e de defesa dos frangos.

Com relação ao ferro, devido à sua capacidade de oxidação-redução e de transportar elétrons, a sua função está relacionada, dentre outras, ao transporte de oxigênio na cadeia respiratória mitocondrial e à proliferação celular (SVETLANA, et al., 2008). No organismo animal o mineral se apresenta sob formas complexas, ligadas a proteínas como hemecompostos (hemoglobina ou mioglobina), enzimas heme (citocromos mitocondriais e Pmicrosomais, catalases e peroxidases) ou compostos não-heme (enzimas flavinas-Fe, transferrina e ferritina) (SWENSON; REECE, 1996).

A hemoglobina é a proteína que transporta oxigênio no sangue e a mioglobina é a proteína transportadora de oxigênio nos tecidos musculares esquelético e cardíaco. A hemoglobina encontra-se presente na hemácia (eritrócito ou glóbulo vermelho), sendo constituída por quatro subunidades heme contendo ferro no estado ferroso (Fe^{++}), que se ligam ao oxigênio (MACARI; FURLAN; GONZALES, 2002).

Assim como no transporte do oxigênio, o ferro é um importante mineral para o sistema imune ou para os patógenos presentes no organismo da ave. O citocromo é encontrado nos grânulos específicos dos neutrófilos de mamíferos e é requerido para explosão oxidativa após a fagocitose (ALMEIDA et al., 2007). A deficiência de ferro resulta em atividade reduzida da mieloperoxidase, que é uma enzima presente nos grânulos primários dos neutrófilos e contribui para a sua atividade antimicrobiana (LEE et al., 1998). Como citado anteriormente, as aves não apresentam neutrófilos, ao invés disso possuem heterófilos

(TREVELIN et al. 2009), que são destituídos da enzima mieloperoxidase e incapazes de gerar compostos halogenados, o que torna o seu metabolismo oxidativo uma linha de defesa secundária aos microrganismos quando comparada à liberação de enzimas lisossomais (HARMON, 1998).

A produção de citocinas e interleucinas também é prejudicada pela deficiência de ferro (LEE et al., 1998). Após a invasão por patógenos, os fagócitos liberam interleucinas que aumentam a síntese de proteínas de fase aguda, como fibrinogênio, haptoglobulina, ceruloplasmina e ferritina (estoque de ferro). O aumento da ferritina, durante as reações inflamatórias, diminuí o ferro sérico e o ferro lábil intracelular, diminuindo a disponibilidade de ferro para os microrganismos invasores. A transferrina, uma glicoproteína sintetizada principalmente no fígado é a principal proteína plasmática transportadora de ferro, atua no desenvolvimento e ativação de linfócitos e assim como a ferritina, liga-se ao ferro tornando este indisponível aos patógenos. Almeida et al. (2007) encontraram elevação na ferritina sérica de suínos alimentados com rações contendo quantidade reduzida de fósforo inorgânico, sem suplemento vitamínico-mineral, porém adicionada com fitase na quantidade de 500 FTU/kg.

Paik et al. (2000), trabalhando com frangos, e Shehab et al. (2012), com codornas japonesas alimentadas com rações suplementadas com fitase, encontraram aumento nos níveis de Fe sérico. Atribuíram os autores estes resultados o fato da enzima aumentar a disponibilidade do ferro e diminuir a excreção deste e de outros minerais presentes na dieta.

O zinco é um cofator para a ação de muitas enzimas, como a lactato desidrogenase, fosfatase alcalina e anidrase carbônica. De acordo com Cardoso (2004), este mineral é importante para o desenvolvimento, manutenção e função normal de órgãos do sistema imunológico, e as células a ele associadas, como é o caso do timo, heterófilos e os linfócitos T. A timulina é um peptídeo hormonal que contém zinco e que atua nas células T, B, NK, modulando a proliferação e a diferenciação das células progenitoras da medula óssea (TIZARD, 2010; GARRITANO, 2007).

Hegazy e Adachi (2000), estudando os efeitos de alguns minerais no crescimento e na resposta imune de frangos, verificaram que o zinco sozinho ou associado ao selênio não teve efeito sobre o título de anticorpos e o peso relativo da Bursa de Fabrício, do baço e do timo. No entanto, observaram que o selênio, de forma isolada, foi capaz de aumentar o título de anticorpos, não afetando o peso dos órgãos.

O cobre atua como componente de várias enzimas, sendo que algumas, como a superóxido dismutase, funciona na defesa antioxidante do organismo, ao catalisar a

dismutação (reação química na qual uma parte da molécula é oxidada e a outra é reduzida ou a formação de substâncias diferentes) do ânion superóxido em oxigênio molecular e peróxido de hidrogênio (CARDOSO; TESSARI, 2011).

A adição do cobre na dieta aumentou o título total de imunoglobulinas (TIg), da IgY e o peso dos órgãos linfóides (timo, baço, Bursa e fígado), possivelmente causado pelo aumento na proliferação de células ou por seu acúmulo nestes órgãos (ARSHAMI; HOSSEINI; TORSHIZI, 2010).

Kulkarni et al. (2011) observaram que frangos de corte alimentados com 16 mg de cobre/kg de ração apresentaram maior peso do baço, contudo não foi observada nenhuma alteração para a resposta imune mediada por células, na imunidade humoral e no peso da Bursa de Fabrícus. O aumento no tamanho do baço pode estar ligado a uma maior quantidade de linfócitos presentes, o que contribui para o aumento do seu volume (CARVALHO; DAEMON; SOUZA-LIMA, 2007).

Diversos estudos comprovaram que a fitase desencadeia efeitos sobre o sistema imune das aves. Liu et al. (2008) observaram que frangos de 1 a 28 dias de idade alimentados com rações suplementados com dosagens de até 1000 FTU/kg apresentaram concentrações séricas aumentadas de IgA e de linfócitos T CD4⁺ e CD8⁺.

Zyla et al. (2000) determinaram aumento no peso da Bursa de Fabrícus e na produção de anticorpos séricos em frangos com 21 dias de idade, alimentados com rações com até 1300 FTU/kg. Viveros et al. (2002), ao alimentarem frangos de 1 até 6 semanas de idade, com rações contendo concentrações reduzidas em 0,1 ou 0,23% de fósforo disponível, constataram redução no peso do baço, o que atribuíram à falta deste nutriente, que foi parcialmente corrigida com adição da fitase na quantidade de 500 FTU/kg.

Os heterófilos apresentam fosfatase alcalina que tem como cofator o zinco, que é passível de ser quelatado pelo fitato e disponibilizado pela fitase. Huff et al. (1998) e Tsokova (2006) encontraram redução nos níveis séricos da fosfatase alcalina de frangos alimentados com rações contendo 500 FTU/kg entre 1 a 49 dias de idade e 1500 FTU/kg entre 1 até 60 dias de idade, respectivamente. Huff et al., (1998) inferiram que a diminuição da fosfatase alcalina sérica, advinda da ingestão da fitase dietética, pode ser o reflexo da baixa regulação desta enzima, resultante do aumento na disponibilidade de fósforo, talvez tendo o zinco do fitato pouca ou nenhuma influência sobre a fosfatase alcalina.

Segundo Macari; Furlan e Gonzales (2002), a fosfatase alcalina é uma enzima envolvida nos processos de calcificação óssea e divisão celular, sendo que hormônios

e fatores de crescimento que estimulam a divisão celular reduzem os níveis séricos de fosfatase alcalina e aumentam a atividade da proteína quinase.

Portanto, a fitase, ao ser adicionada às rações, além de participar na liberação do fósforo da estrutura do fitato e disponibilizar nutrientes (minerais, amido e aminoácidos) pode influenciar o desempenho, a qualidade da carne e os parâmetros hematológicos e imunológicos-dos frangos de corte.

3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBAS, A. K.; LICHTMAN, A. H.; PILLAI, S. **Imunologia celular e molecular**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008. 564 p.

AGOSTINI, J. S.; IDA, E. I. Caracterização parcial e utilização da fitase extraída de sementes germinadas de girassol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.6, p.1041-1047, 2006.

ALMEIDA, R. F.; LOPES, E. L.; NUNES, R. C.; MATOS, M. P. C.; FIORAVANTI, M. C. S.; SOBESTIANSKY, J.; BRITO, L. A. B.; RUFINO, L. M. Ferro e imunidade humoral em suínos alimentados com fitase e níveis reduzidos de fósforo. **Revista Eletrônica Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v.8, n.4, p. 767-776, 2007.

ARSHAMI, J.; HOSSEINI, S.; TORSHIZI, M. E. Immunomodulatory effects of graded copper and zinc on SRBC titer and lymphoid organs in broiler chicks. **Journal of Animal and Veterinary Advances**, Faisalabad, v. 9, n.11, p.1650-1653, 2010.

ASADA, K.; KASAI, Z. Formation of myo-inositol and phytin in ripening rice grain. **Plant and Cell Physiology**, Kyoto, v. 3, n. 4, p.397- 406, 1962.

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

BRANDÃO, P. A.; COSTA, F. G. P.; BRANDÃO, J. S.; SILVA, J. H. V. Efeito da adição de fitase em rações de frangos de corte, durante as fases de crescimento e final. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 492-498, 2007.

BRUNELLI, S. R. **Farelo de germen de milho desengordurado e fitase na alimentação de poedeiras e frangos de corte**. Tese (Doutorado em Ciência Animal, área de concentração em produção Animal) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2009.

CAIRES, C. M.; FAGUNDES, N. S.; FERNANDES, E. A.; CARVALHO, A. P. Enzimas na alimentação de frangos de corte. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.5, n.1, p.491-497, 2008.

CARDOSO, A. L. S. P. **Influência de níveis de zinco e vitamina E, isolados e associados, sobre o desempenho e a resposta imunológica humoral em frangos de corte**. Dissertação (Mestrado em Nutrição e Produção Animal) - Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2004.

CARDOSO, A. L. S. P.; TESSARI, E. N. C. Estudo dos parâmetros hematológicos em frangos de corte. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.70, n.4, p.419-424, 2003.

CARDOSO, A. L. S. P.; TESSARI, E.N.C. **Nutrição e imunidade em aves**. Disponível em: <http://www.infobibos.com/Artigos/2010_2/aves/index.htm>. Acesso em: 24 abr. 2011.

CARVALHO, A. R.; DAEMON, E.; SOUZA-LIMA, S. Relação entre o peso do baço e infecção por helmintos em galo da campina Paroaria dominicana (Linnaeus, 1758)

(Passeriformes, Emberizidae) do estado da Bahia, Brasil. **Revista Brasileira de Zoociências**, Viçosa, v. 9, n. 2, p. 219-224, 2007.

CHERYAN, M. Phytic acid interactions in food systems. **CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Boca Raton, v.13, n.4, p.297-335, 1980.

CONTE, A. J.; TEIXEIRA, A. S.; FIALHO, E. T.; SCHOULTEN, N. A.; BERTECHINI, A. G. Efeito da fitase e xilanase sobre o desempenho e as características ósseas de frangos de corte alimentados com dietas contendo farelo de arroz. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.32, n.5, p.1147-1156, 2003.

COSTA, F. G. P.; JÁCOME, I. M. T. D.; SILVA, J. H. V.; ARAÚJO, M. J.; CAMPOS, K. M. F.; BARBOSA, J. G.; PEIXOTO, J. P. N.; SILVA, J. C. A.; NASCIMENTO, G. A. J.; CLEMENTINO, R. H. Níveis de fósforo disponível e de fitase na dieta de poedeiras de ovos de casca marrom. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 5, n. 2, p.73-81, 2004.

DAVISON, F.; KASPERS, B.; SCHAT, K. A. **Avian Immunology**. 1.ed. Londres, 2008. 481p.

ENGELLEN, A. J.; VAN DER HEEFT, F. C.; RANDSNDORP, P. H. G.; SMITH, E. L. C. Simple and rapid determination of phytase activity. **Journal AOAC International**, Gaithersburg, v.77, n.3, p.760-764, 1994.

FERNÁNDEZ, S. R. **Uso de Enzimas Termoestables en la Alimentación Animal**. Disponível em: <<http://www.engormix.com/MA-avicultura/nutricion/articulos/uso-enzimas-termoestables-alimentacion-t1489/141-p0.htm>>. Acesso em: 24 abr. 2011.

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

GARRITANO, C. R. O. Avaliação do uso de extrato de timo (timulina) em pacientes com neoplasia maligna submetidos ao tratamento cirúrgico. **Revista do Colégio Brasileiro de Cirurgiões**, Rio de Janeiro, v.34, n.4, p.225-231, 2007.

GEBERT, S.; BEE, G.; PFIRTER, H. P.; WENK, C. Phytase and vitamin E in the feed of growing pigs: 2. Influence on carcass characteristics, meat and fat quality. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, Hoboken, v.81, n.1, p.20-30, 1999.

GERTNER, L. R. S.; SANTIN, E.; SAAD M. B. Influência da fumonisina sobre a resposta imunológica de aves: revisão bibliográfica. **Revista Acadêmica, Ciências Agrárias e Ambientais**, Curitiba, v. 6, n. 3, p. 401-411, 2008.

GODOY, S.; HERNÁNDEZ, G.; CHICCO, C. Efecto de la suplementación de fitasa microbiana en la utilización de fósforo fítico en pollos de engorde alimentados con dietas a base de maíz – soya. **Revista Científica**, Maracaibo, v. 12, n. 2, p. 519-523, 2002.

GRAF, E., EATON, J. W. Dietary suppression of colonic cancer: fiber or phytate? **Cancer**, Philadelphia, v.56, n.15, p.717-718, 1985.

GRAF, E.; EATON, J. W. Antioxidant functions of phytic acid. **Free Radical Biology & Medicine**, San Diego, v.8, n.1, p.61-69, 1990.

HARMON, B. G. Avian heterophils in inflammation and disease resistance. **Poultry Science**, Savoy, v.77, n.7, p.972-977, 1998.

HEGAZY, S. M.; ADACHI, Y. Comparison of the effects of dietary selenium, zinc and selenium and zinc supplementation on growth and immune response between chick groups that were inoculated Salmonella and Aflatoxin or Salmonella. **Poultry Science**, Savoy, v.79, n.3, p. 331-335, 2000.

HUFF, W. E.; MOORE, JR., P. A.; WALDROUP, P. W.; WALDROUP, A. L.; BALOG, J. M.; HUFF, G. R.; RATH, N. C.; DANIEL, T. C.; RABOY, V. Effect of dietary phytase and high available phosphorus corn on broiler chicken performance. **Poultry Science**, Savoy, v.77, n.12, p.1899-1904, 1998.

JEURISSEN, S. H. M.; VERVELDE, L.; JANSE, E. M. Structure and function of lymphoid tissues of the chicken. **Poultry Science Review**, Maryland, v.5, n.3, p.183-207, 1994.

KAISER, P. Advances in avian immunology - prospects for disease control: a review. **Avian Pathology**, Oxford, v. 39, n. 5, p. 309-324, 2010.

KERR, M.J., CLASSEN, H.L., NEWKIRK, R.W. The effects of gastrointestinal tract microflora and dietary phytase on inositol hexaphosphate hydrolysis in the chicken. **Poultry Science**, Savoy, v.79 (Supplement 1), p.11, 2000.

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

KULKARNI, R. C.; SHRIVASTAVA, H. P.; MANDAL, A. B.; DEB, R. **Assessment of growth performance, immune response and mineral retention in broilers as influenced by dietary copper**. Disponível em: < <http://downloads.mts.hindawi.com/MTS-Files/VS/papers/regular/276162.v1.pdf?AWSAccessKeyId=0CX53QQSTHRYZZQRKA02&Expires=1304311255&Signature=QEZFJeLZlqVNTaw9f%2BMUDIIb4F0%3D>>. Acesso em: 30 abr. 2011.

LANGER, R. O. S. **Efeito do transporte na incidência de PSE (Pale, Soft, Exudative) e análogo ao DFD (Dark, Firm, Dry) em filés de frango**. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2007.

LEAL, E. S. **Extração, obtenção e caracterização parcial do ácido fítico do germe grosso de milho e aplicação como antioxidante**. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2000.

LEE, B. J.; HENDRICKS, D. G. Phytic acid protective effect against beef round muscle lipid peroxidation. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 60, n. 2, p. 241-244, 1995.

LEE, G. R.; BITHELL, T. C.; FORESTER, J.; ATHENS, J. W.; LUKENS, J. N. **Wintrobe: hematologia clínica**. 3. ed. São Paulo: Manole, 1998.

LIU, N.; RU, Y. J.; COWIESON, A. J.; LI, F. D.; CHENG, X. C. H. Effects of phytate and phytase on the performance and immune function of broilers fed nutritionally marginal diets. **Poultry Science**, Savoy, v.87, n.6, p.1105-1111, 2008.

MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. **Fisiologia Aviária Aplicada a Frangos de Corte**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002. 375p.

NEWMAN, K. Fitase: The enzyme, its origin and characteristics impact and potential for increase phosphorus availabilities. In. **Alltech's Annual Symposium**, 7: 1991, Nicholasville. Proceedings... Nicholasville: Alltech, 1991. p.169-177.

OLIVEIRA, M. C.; MARQUES, R. H.; GRAVENA, R. A.; TRALDI, A. B.; GODOY, C. R.; MORAES, V. M. B. Fitase em dietas com níveis reduzidos de fósforo não-fítico para frangos de corte. **Revista Biotemas**, Florianópolis, v. 22, n.4, p. 169-176, 2009.

OLIVO, R. **Fatores que influenciam as características das matéria-primas cárneas e suas implicações tecnológicas**. Disponível em: <
<http://www.globalfood.com.br/site/site/arquivos/03.pdf>>. Acesso em: 31 de maio de 2011.

ORDÓÑEZ, J. A. **Tecnologia de Alimentos: Componentes dos alimentos e processos**. Porto Alegre: Artmed, 2005. 290p.

PAIK, I. K.; UM, J. S.; LEE, S. J.; LEE, J. G. Evaluation of the efficacy of crude phytase preparations in broiler chickens. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, Seoul, v.13, n.5, p.673-680, 2000.

PILLAI, P. B.; O'CONNOR-DENNIE, T.; OWENS, C. M.; EMMERT, J. L. Efficacy of anescherichia coliphytase in broilers fed adequate or reduced phosphorus diets and its effect on carcass characteristics. **Poultry Science**, Savoy, v.85, n.10, p.1737-1745, 2006.

PIZZOLANTE, C. C.; TEIXEIRA, A. S.; SANTOS, C. D.; BERTECHINI, A. G.; FREITAS, R. T. F.; GARCIA, E. A. Níveis de fitase e de cálcio e desempenho de frangos de corte. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.26, n.2, p.418-425, 2002.

QUIRRENBACH, H. R.; KANUMFRE, F.; ROSSO, N. D.; CARVALHO FILHO, M. A. Comportamento do ácido fítico na presença de Fe (II) e Fe (III). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n.1, p. 24-32, 2009.

QURESHI, M. A. Avian macrophage and immune response: an overview. **Poultry Science**, Savoy, v.82, n. 5, p.691-698, 2003.

RAMALHO, V. C.; JORGE, N. Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. **Química Nova**, São Paulo, v. 29, n.4, p. 755-760, 2006.

RAVINDRAN, V.; CABAUG, S.; RAVINDRAN, G.; BRYDEN, L. Influence of microbial phytase on apparent ileal amino acid digestibility of feedstuffs for broiler. **Poultry Science**, Savoy, v.78, n. 5, p.677-688, 1999.

RAVINDRAN, V.; COWIESON, A. J.; SELLE, P.H. Influence of dietary electrolyte balance and microbial phytase on growth performance, nutrient utilization, and excreta quality of broiler chickens. **Poultry Science**, Savoy, v.87, n.4, p.677-688, 2008.

RENZ, S. V. **Oxidação e antioxidantes**. Disponível em: <
http://www6.ufg.br/favet/lacvet/restrito/pdf/oxid_antiox.pdf>. Acesso em: 24 abr. 2011.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L.T. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 186p.

SANTOS, T. T. **Utilização de fitases na suinocultura**. Disponível em: <<http://pt.engormix.com/MA-suinocultura/nutricao/artigos/fitase-suinos-t153/141-p0.htm>>. Acesso em: 22 abr. 2011.

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

SHEHAB, A. E.; KAMELIA, M. Z.; KHEDR, N. E.; TAHIA, E. A.; ESMAEIL, F. A. Effect of dietary enzyme supplementation on some biochemical and hematological parameters of japanese quails. **Journal of Animal Science Advances**, Shabestar Branch, v.2, n.9, p.734-739, 2012.

SHELTON J. L.; SOUTHERN, L. L.; LEMIEUX, F. M.; BIDNER T. D.; PAGE, T. G. Effects of microbial phytase, low calcium and phosphorus, and removing the dietary trace mineral premix on carcass traits, pork quality, plasma metabolites, and tissue mineral content in growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.82, n. 9, p. 2630–2639, 2004.

SILVA, F. A. M.; BORGES, M. F. M.; FERREIRA, M. A. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. **Química Nova**, São Paulo, v. 22, n. 1, p. 94-103, 1999.

SOARES, A. L.; MARCHI, D. F.; MATSUSHITA, M.; GUARNIERI, P.D.; DROVAL, A.A.; IDA, E.I.; SHIMOKOMAKI, M. Lipid oxidation and fatty acid profile related to broiler breast meat color abnormalities. **Brazilian Archives of Biology Technology**, Curitiba, v.52, n.6, p.1513-1518, 2009.

SOARES, A. L.; OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M.; IDA, E. I. Synergism between dietary vitamin E and exogenous phytic acid in prevention of warmed-over flavour development in chicken breast meat, Pectoralis major. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, Curitiba, v.47, n.1, p. 57-62, 2004.

SOHAIL, S. S.; ROLAND, D. A. Influence of supplemental phytase on performance of broilers four to six weeks of age. **Poultry Science**, Savoy, v.78, n.4, p.550-555, 1999.

SUMMERFIELD, A.; RZIHA, H. J.; SAALMLLER, A. Functional characterization of porcine CD4+ CD8+ extrathymic T lymphocytes. **Cellular Immunology**, Mittelhäusern, v.168, n.2, p.291-296, 1996.

SVETLANA, M.; LAZAREVIC, M.; JOKIC, Z.; JOVANOVIC, I.; OLIVERA, P.; DANIJELA, K.; MARINKOVIC, D. The influence of organic and inorganic Fe supplementation on red blood picture, immune response and quantity of iron in organs of broiler chickens. **Acta Veterinaria Hungarica**, Budapest, v.58, n.2-3, p.179-189, 2008.

SWENSON, M. J.; REECE, W. O. **Dukes Fisiologia dos Animais Domésticos**. 11.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan. 1996.

TEJEDOR, A. A.; ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S.; VIEITES, F. M. Efeito da adição da enzima fitase sobre o desempenho e a digestibilidade ileal de nutrientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.30, n.3, p. 802-808, 2001.

THRALL, M. A. **Hematologia e Bioquímica Clínica Veterinária**. 1.ed. São Paulo: Roca, 2007. 592p.

TIZARD, I. R. **Imunologia Veterinária: uma introdução**. 6.ed. São Paulo: Roca, 2010. 532p.

TREVELIN, S. C.; BARBOSA, T.S.; SILVA, V.M.S.; CIARLINI, P.C. Metabolismo oxidativo de heterófilos de avestruzes jovens. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.39, n.7, p. 2099-2104, 2009.

TSOKOVA, L. T. Influence of the enzyme phytase on the clinical status, some plasma macroelements and the histostructure of femur and tibia in chickens. **Bulgarian Journal of Veterinary Medicine**, Stara Zagora, v.9, n.3, p.201-209, 2006.

VIVEROS, A.; BRENES, A.; ARIJA, I.; CENTENO, C. Effects of microbial phytase supplementation on mineral utilization and serum enzyme activities in broiler chicks fed different levels of phosphorus. **Poultry Science**, Savoy, v.81, n.8, p.1172-1183, 2002.

ZYLA, K.; WIKIERA, A.; KORELESKI, J.; SWIATKIEWICZ, S.; PIIRONEN, J.; LEDOUX, D. R. Comparison of the efficacies of a novel aspergillus niger mycelium with separate and combined effectiveness of phytase, acid phosphatase, and pectinase in dephosphorylation of wheat-based feeds fed to growing broilers. **Poultry Science**, Savoy, v.79, n.10, p. 1434-1443, 2000.

4 OBJETIVOS

4.1 GERAL:

Avaliar a inclusão da enzima fitase em rações para frangos de corte com níveis reduzido de fósforo disponível sobre as características de desempenho, qualidade da carne, constituintes sanguíneos, resposta imune, peso relativo de alguns órgãos e avaliação econômica.

4.2 ESPECÍFICOS:

Verificar os efeitos da inclusão da fitase nas rações de frangos considerando:

- O ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar.
- A qualidade da carne de peito através da cor (L^* , a^* , b^*), pH e capacidade de retenção de água.
- O perfil hematológico através do eritrograma (volume globular, hemoglobina e contagem total de hemácias), do leucograma (contagem total e diferencial de leucócitos) e dos componentes bioquímicos (fosfatase alcalina, cálcio, fósforo e ferro).
- As imunoglobulinas séricas IgA, IgG e IgM.
- O peso relativo do coração, fígado, pâncreas, proventrículo + moela, duodeno, jejuno, íleo, ceco + cólon, Bursa de Fabrícus e baço.
- Avaliação econômica através do índice de eficiência econômica (IEE) e o índice de custo médio (ICM).

5 ARTIGO PARA PUBLICAÇÃO

FITASE EM RAÇÕES DE BAIXO FÓSFORO DISPONÍVEL, SOBRE O DESEMPENHO, QUALIDADE DA CARNE, COMPONENTES SANGUÍNEOS E IMUNOLÓGICOS DE FRANGOS DE CORTE.

RESUMO: Foi conduzido um experimento com o objetivo de avaliar a influência da fitase dietética sobre parâmetros de desempenho, qualidade da carne, sanguíneos e imunológicos e o peso dos órgãos de frangos de corte. Foram utilizados 330 pintainhos de corte, machos, da linhagem Cobb, entre 1 a 42 dias de idade, submetidos a seis rações experimentais, sendo uma controle, e cinco formuladas conforme as exigências nutricionais consideradas na ração controle, porém com redução em 30% na concentração do fósforo disponível, sendo suplementadas com 0; 250; 500; 1000 e 2000 unidades fitase por quilograma (FTU/kg). O desenho experimental foi inteiramente casualizado com 6 tratamentos e 5 repetições com 11 aves cada. Aos 21 dias de idade, os frangos alimentados com 500 FTU/kg tiveram o ganho de peso (GP) e a conversão alimentar (CA) iguais ao tratamento controle ($P>0,05$). A suplementação de fitase em 1000 e 2000 FTU/kg piorou a CA e reduziu o peso relativo do jejuno. No hemograma, a dieta com 2000 FTU/kg resultou em aumento do número total de hemácias. Não foram observados efeitos dos tratamentos nos parâmetros imunológicos. Aos 42 dias o GP, a CA, os parâmetros de qualidade da carne, o hemograma e os parâmetros imunológicos não foram influenciados ($P>0,05$) pelos tratamentos. O consumo de ração (CR) foi mais elevado ($P<0,05$) para 1000 FTU/kg, em relação à dieta controle. A fitase fornecida em 1000 e 2000 FTU/kg ocasionou redução no peso do íleo e também do cálcio (Ca) sérico. Houve efeito quadrático de regressão para GP, CR e peso do jejuno aos 21 dias, enquanto que aos 42 dias, houve efeito quadrático para o CR, cor a* (-a*= verde e +a*= vermelho) e b* (-b*= azul e +b*= amarelo), heterófilos (%) e Ca sérico. Para o peso do coração e do pâncreas houve efeito linear negativo. Os resultados demonstram que a fitase é uma ótima opção para ser utilizada em rações para frangos de corte, mesmo com a piora da CA, mas com ótimo custo benefício nas duas fases, com melhor nível na faixa de 500 FTU/kg.

Palavras-chave: Ácido fítico. Cálcio. Ferro. Fitato. Fósforo.

EFFECT OF PHYTASE ON PERFORMANCE, MEAT QUALITY, BLOOD COMPONENTS, IMMUNE RESPONSE AND ORGAN WEIGHTS OF BROILERS.

ABSTRACT: An experiment was conducted to evaluate the influence of dietary phytase on performance parameters, meat quality, and blood and immune organs weight of broilers. Were used 330 broiler, males, Cobb, between 1-42 days of age, subject to six experimental diets, one control and five formulated according to the nutritional requirements considering the control diet. The other rations had a 30% reduction of the available phosphorus being supplemented with 0, 250, 500, 1000 and 2000 units phytase per kilogram (FTU/kg). The experimental design was completely randomized with 6 treatments and 5 replicates of 11 birds each. At 21 days of age, broilers fed 500 FTU/kg had a similar weight gain (WG) and feed conversion (FC) compared to the control treatment ($P>0.05$). Phytase supplementation at 1000 and 2000 FTU/kg increased the FC and reduced the relative weight of the jejunum. In

hemogram, the diet with 2000 FTU/kg increased the total number of red blood cells. There were no effects on immunological parameters. At 42 days the GP, the FC, the parameters of meat quality, blood counts and immunological parameters were not influenced ($P > 0.05$) by treatments. Feed intake (FI) was higher ($P < 0.05$) at 1000 FTU/kg, compared to the control diet. Phytase provided at 1000 and 2000 FTU/kg reduced the ileum and also the calcium (Ca) serum. Quadratic regression effects were observed to WG, FI and jejunum weight at 21 days, whereas at 42 days there was a quadratic effect for the FI, a^* ($-a^* = \text{green}$ and $+a^* = \text{red}$) and b^* ($-b^* = \text{blue}$ and $+b^* = \text{yellow}$) meat color, heterophile (%) and serum Ca. The treatments presented a linear effect to the heart and pancreas weight. The enzyme level at 500 FTU/kg during the initial phase has positive effects on performance been a great option to broilers diets.

Key words: Calcium. Iron. Phytate. Phosphorus. Phytic acid.

5.1 INTRODUÇÃO

A avicultura de corte é uma das atividades agropecuárias brasileira mais desenvolvida, e os nutricionistas de aves têm se empenhado na busca por soluções que atendam às necessidades nutricionais dos frangos que, a cada geração têm apresentado índices de desempenho mais elevados, exigindo alimentos de melhor qualidade, que demandam processamentos adequados e o uso de aditivos nutricionais.

No Brasil, as rações avícolas são formuladas basicamente com ingredientes de origem vegetal, milho e farelo de soja, nos quais em média 2/3 do fósforo está presente na forma de fitato. O fitato complexa-se com cátions e enzimas, sendo considerado um antinutriente, pois reduz a biodisponibilidade de minerais, interfere negativamente na digestibilidade da energia metabolizável, das proteínas, dos aminoácidos e de moléculas de glicose conjugadas dos alimentos (COSTA et al., 2004).

Pelo fato das aves não produzirem a enzima fitase em quantidade suficiente para digerir o fitato, a maior parte do fósforo dos componentes das rações, juntamente com o excesso de fósforo inorgânico adicionado, é eliminado nas fezes, ocasionando perdas econômicas e agressões ambientais, como a eutrofização da água e do solo (COSTA et al., 2004).

A enzima fitase, produzida por fungos ou bactérias, é utilizada com sucesso como aditivo nutricional nas rações para aves (CONTE et al., 2002), pois além do fósforo, melhora a disponibilidade do cálcio, ferro, cobre e zinco, da proteína bruta, da energia digestível ileal (TEJEDOR et al., 2001), melhorando também a resposta imune (LIU et al., 2008).

O fitato e a fitase podem também influenciar a qualidade da carne. O fitato ao ligar-se com metais, entre estes o ferro, o cobre e o zinco, inibe a produção de radical hidroxila (OH^-), formando quelatos, deixando-os cataliticamente inativos. Na presença da enzima fitase estes minerais quelatados são disponibilizados e nos tecidos podem participar dos processos de oxidação lipídica (GRAF; EATON, 1985).

Assim, como o fitato e a fitase podem influenciar na qualidade da carne, também podem influenciar a resposta imune, ao liberar minerais e aminoácidos que fazem parte da constituição de diversas enzimas e células deste sistema, aumentando a resposta dos frangos de corte frente às ameaças dos microrganismos presentes nos aviários.

Devido a estes argumentos, este trabalho tem por objetivo avaliar os efeitos da adição da enzima fitase em rações com redução no fósforo disponível de frangos de corte sobre o desempenho, qualidade da carne, componentes sanguíneos, imunológicos e o peso relativo dos órgãos.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente experimento foi conduzido na Universidade Estadual de Londrina (UEL) no setor de avicultura da Fazenda Escola (FAZESC).

Foi utilizado um total de 330 pintainhos de corte, machos, da linhagem Cobb, com um dia de idade, constituindo seis grupos de 55 aves, divididos em cinco repetições de 11 aves cada.

Os boxes experimentais apresentavam $1,50 \text{ m}^2$ de área e estavam dispostos em duas filas laterais com um corredor central com 1,5 m de largura, sendo forrados com cepilho de madeira e equipados individualmente com um comedouro tubular e um bebedouro pendular. O programa de iluminação utilizado foi o contínuo até os 21 dias e a partir dos 21 até os 42 dias a iluminação foi natural.

Os tratamentos experimentais consistiram de seis rações (Tabela 1), à base de milho e farelo de soja, sendo a ração controle formulada para atender as exigências nutricionais dos frangos em três fases (1 a 7; 8 a 28 e 29 a 42 dias), conforme as recomendações e as composições dos alimentos das Tabelas Brasileiras (ROSTAGNO et al. 2005). As outras cinco rações experimentais continham redução de 30% na concentração de fósforo disponível (Pd) em relação à ração controle, sendo suplementadas com níveis crescentes de fitase: 0; 250; 500; 1000 e 2000 FTU/kg. A fonte de fitase utilizada foi o produto comercial RONOZYME P 10000[®], uma 6-fitase de origem microbiana, fabricada

pela NOVOZYME, que continha 10000 FTU/grama, correspondendo a adição de 0; 0,025; 0,05; 0,10 e 0,20 g/kg de ração. A matriz nutricional da fitase considerada para valoração do fósforo e do cálcio foi de 2521% e 2000%, respectivamente.

Os parâmetros avaliados foram desempenho zootécnico, qualidade da carne, parâmetros hematológicos e imunológicos e peso de alguns órgãos e estruturas do trato digestório dos frangos.

As pesagens dos frangos e das sobras das rações foram determinadas no primeiro, 21º e 42º dias de idade, obtendo-se as médias do lote referentes às características de ganho de peso (GP), consumo de ração (CR) e conversão alimentar (CA). Nestas idades também, após um período de 12 horas de jejum, foram obtidas amostras de sangue de um frango de cada unidade experimental, totalizando 30 aves, através da punção da veia braquial, para avaliação dos parâmetros hematológicos e imunológicos.

Tabela 1 – Composição das rações experimentais.

Ingrediente (%)	Fitase na ração (FTU/kg)																	
	Fase 1 – 7 dias						Fase 8 – 28 dias						Fase 29 – 42 dias					
	Con. ¹	0	250	500	1000	2000	Con. ¹	0	250	500	1000	2000	Con. ¹	0	250	500	1000	2000
Milho grão	57,32	57,89	58,55	59,21	60,52	63,15	60,38	60,91	61,57	62,22	63,54	66,16	66,32	66,52	66,82	67,27	67,93	68,85
Farelo de soja	36,48	36,36	36,00	35,61	34,86	33,35	33,60	33,50	33,12	32,75	31,99	30,48	27,80	27,77	27,68	27,60	27,45	27,30
Óleo de soja	1,83	1,64	1,48	1,32	1,00	0,38	2,08	1,91	1,75	1,59	1,28	0,65	2,60	2,58	2,51	2,30	2,03	1,76
Fosfato bicálcico	1,92	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,78	1,07	1,07	1,07	1,07	1,07	1,17	0,64	0,64	0,64	0,64	0,64
Calcário	0,86	1,35	1,23	1,09	0,84	0,32	0,83	1,29	1,16	1,03	0,77	0,26	0,70	1,08	0,93	0,78	0,53	0,02
Sal comum	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,46	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,44	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Suplemento ^{2,3}	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50	0,50
L – Lisina	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,40	0,22	0,23	0,23	0,23	0,24	0,25	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27
DL – Metionina	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,27	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24

¹ Controle

² Suplemento vitamínico e mineral inicial e crescimento, por quilograma do produto: Ácido fólico 200mg, ácido niconitínico 7000mg, ácido pantotênico 3600mg, etoxiquim 16g, biotina 36mg, colistina 2000g, cobre 3200g, colina 84g, ferro 8400mg, iodo 144mg, manganês 13,6 g, metionina 178,2g, selenio 52mg, salinomicina 12g, vitamina A 2500000UI, vitamina B1 450mg, vitamina B12 3600mg, vitamina B2 1600mg, vitamina B6 1000mg, vitamina D3 500000UI, vitamina E 6000UI, vitamina K3 500mg e zinco 10,8g.

³ Suplemento vitamínico e mineral acabamento, por quilograma do produto: Ácido fólico 120mg, ácido niconitínico 4200mg, ácido pantotênico 2160mg, etoxiquim 25g, biotina 21,6mg, cobre 2400g, colina 91,35g, ferro 6300mg, iodo 108mg, manganês 10,2 g, metionina 158g, selenio 39mg, vitamina A 1500000UI, vitamina B1 270mg, vitamina B12 2160mg, vitamina B2 960mg, vitamina B6 600mg, vitamina D3 300000UI, vitamina E 3600UI, vitamina K3 300mg e zinco 8100mg.

Fitase	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,005	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,02	
	Composição calculada																		
E.M. ¹ (Kca/kg)	2950	2950	2950	2950	2950	2950	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3150	3150	3150	3150	3150	3150
P. B. ² (%)	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	22,00	20,80	20,80	20,80	20,80	20,80	20,80	20,80	18,75	18,75	18,75	18,75	18,75	18,75
Ca. ³ (%)	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68
P. dis. ⁴ (%)	0,47	0,33	0,33	0,46	0,58	0,83	0,44	0,31	0,37	0,44	0,56	0,81	0,32	0,22	0,28	0,35	0,47	0,72	0,72
L. dig. ⁵ (%)	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,33	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
M. + C. dig. ⁶ (%)	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,94	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77	0,77
M. dig. ⁷ (%)	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,66	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,54	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51	0,51
T. dig. ⁸ (%)	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Na ⁹ (%)	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,22	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20

As análises hematológicas foram realizadas de acordo com a técnica descrita por Thrall (2007). O volume globular foi determinado pela técnica de microhematócrito. Após a diluição do sangue em 1:200 em uma solução de Natt-Herrick, as hemácias e os leucócitos foram contados na câmara de Neubauer. As hemácias foram contadas em cinco quadrados centrais da câmara e o resultado foi multiplicado por 10.000, sendo os leucócitos contados em toda a câmara, sendo feita a correção do seu total de acordo com a equação, leucócitos/ $\mu\text{L}^3 = (\text{total de células contadas} + 10\%) \times 200$.

A hemoglobina foi determinada pelo método da cianometahemoglobina. Previamente o sangue foi centrifugado para precipitar os núcleos das hemácias e posteriormente a leitura foi realizada em espectrofotômetro. Os índices hematimétricos foram calculados de maneira semelhante aos hemogramas de mamíferos, e o diferencial realizado em lâminas coradas com panótico rápido.

A determinação dos títulos de anticorpos (IgA, IgM e IgG) foi realizada pelo método de ELISA, utilizando kits comerciais e as técnicas indicadas pela BETHYL®, fabricante dos kits. Foram utilizadas microplacas de titulação com 96 poços. Adicionou-se

¹ Energia metabolizável

² Proteína bruta;

³ Energia metabolizável

⁴ Fósforo disponível

⁵ Lisina digestível

⁶ Metionina + cistina digestível;

⁷ Metionina digestível;

⁸ Triptofano digestível

⁹ Sódio

100 µL de anticorpo de revestimento diluído em cada poço, que foi incubado à temperatura ambiente (20-25 °C) durante uma hora. Em seguida lavou-se a placa cinco vezes. Após a lavagem adicionou-se 200 µL de solução de bloqueio em cada poço. Incubou-se à temperatura ambiente durante 30 minutos. Novamente a placa foi lavada cinco vezes. Em seguida adicionou-se 100 µL da solução padrão e das amostras. Incubou-se à temperatura ambiente durante uma hora. Lavou-se a placa cinco vezes. Após a lavagem adicionou-se 100 µL de anticorpo detecção (HRP) em cada poço. Incubou-se à temperatura ambiente durante uma hora. Em seguida lavou-se a placa cinco vezes. Adicionou-se 100 µL de solução de substrato (TMB) em cada poço. Em seguida deixou-se a placa no escuro à temperatura ambiente durante 15 minutos. Após, adicionou-se 50 µL de H₂SO₄ 1N em cada poço para parar a reação. Por fim procedeu-se a leitura da absorbância num leitor de placas de ELISA a 450 nm.

Após a colheita do sangue os frangos foram abatidos por deslocamento cervical e tiveram retirados a Bursa de Fabrícus, baço, coração, fígado, pâncreas, proventrículo mais a moela, duodeno, jejuno, íleo e intestino grosso (ceco e cólon), que foram pesados em balança de precisão e tiveram seus pesos expressos em g/100g do peso vivo do frango.

Aos 42 dias de idade foram obtidas também amostras do músculo do peito (*Pectoralis major*) para a determinação do pH, cor e capacidade de retenção de água (CRA). Para tanto, estas amostras foram mantidas a 4° C por 24 horas pós abate.

O pH do músculo foi determinado através do uso de um potenciômetro de contato (Testo 205). A cor foi determinada na face ventral do filé, tomando três pontos diferentes de leitura por amostra, através do colorímetro portátil Minolta® CR10. Os valores de L* (luminosidade), a* (-a*= verde e +a*= vermelho) e b* (-b*= azul e +b*= amarelo) foram expressos no sistema de cor CIELAB.

Para a determinação da capacidade de retenção de água (CRA) do músculo, realizada em duplicata, foram utilizados dois gramas da amostra de cada peito, que após serem colocadas entre duas folhas de papel filtro e entre duas placas de vidro receberam pressão de um peso de 10 quilogramas durante 5 minutos. As amostras foram novamente pesadas após a pressão e por diferença foi determinada a perda de água. O resultado obtido foi expresso em percentual de água retida na carne em relação ao peso inicial da amostra (HAMM apud SANFELICE et al.,2010).

Para a avaliação estatística do efeito da fitase sobre os parâmetros estudados foi utilizado o modelo matemático:

$$Y_{ij} = \mu + T_i + E_{ij},$$

onde:

Y_{ij} = variável dependente;

μ = média geral;

T_i = efeito do i -ésimo nível de inclusão de fitase e,

E_{ij} = erro aleatório associado a cada observação.

Para a avaliação econômica, utilizaram-se como referência os preços obtidos dos ingredientes das rações na região de Londrina – PR, no mês de abril de 2013, que foram: milho, R\$ 0,32/kg; farelo de soja, R\$ 0,85/kg; óleo de soja, R\$ 5,60; fosfato bicálcico, R\$ 2,32/kg; calcário, R\$ 0,22/kg; sal comum, R\$ 0,71/kg; suplemento mineral/vitamínico, R\$ 4,90/kg; L-lisina, R\$ 11,38; DL – metionina, R\$ 16,06; fitase, R\$ 11,86. A viabilidade econômica na utilização da fitase foi verificada segundo Bellaver et al. (1985). Foi calculado o Índice de Eficiência Econômica (IEE) e o Índice de Custo Médio (ICM), segundo Barbosa et al. (1992), de acordo com as fórmulas:

$$IEE = MC / CT \times 100$$

$$ICM = CT / MC \times 100, \text{ em que:}$$

MC = menor custo médio observado em ração por quilograma de peso vivo ganho entre os tratamentos;

CT = custo médio do tratamento considerado.

As médias obtidas foram submetidas à análise estatística através do programa SAEG (UFV, 2005), sendo realizadas análises de variância e, quando os valores de F foram significativos ($P < 0,05$), foi aplicado o teste de Dunnett (5%), comparando os resultados dos tratamentos com o grupo controle. Para avaliar os efeitos dos níveis de fitase sobre os parâmetros avaliados, os dados foram submetidos à análise de variância com derivação de polinômios (regressão).

5.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ganho de peso, o consumo de ração e a conversão alimentar aos 21 dias de idade e somente o consumo de ração aos 42 dias foram influenciados pelos tratamentos experimentais (Tabela 2).

Aos 21 dias as médias de ganho de peso dos frangos alimentados com os tratamentos que continham 0 e 250 FTU/kg mostraram-se inferiores ao controle ($P < 0,05$), enquanto que os tratamentos com 500, 1000 e 2000 FTU/kg mostraram-se semelhantes. A

análise de regressão demonstrou resposta quadrática para as inclusões de fitase na ração, expressa pela equação $Y = 789,98 + 0,1645x - 0,00008x^2$, $R^2 = 0,39$.

Tabela 2 – Ganho de peso (GP), consumo de ração (CR) e conversão alimentar (CA) de frangos submetidos a tratamentos com diferentes concentrações de fitase dietética.

Parâmetro	Controle	Níveis de fitase (FTU/kg)					CV%	ER
		0	250	500	1000	2000		
1 - 21 dias de idade								
GP, g	871	807*	810*	877	869	819	4,3	Q
CR, g	1178	1115*	1117	1203	1221	1166	3,5	Q
CA, g/g	1,35	1,38	1,38	1,37	1,41*	1,42*	1,6	L
1 - 42 dias de idade								
GP, g	2768	2689	2677	2800	2820	2707	3,0	ns
CR, g	4478	4447	4375	4594	4679*	4486	2,9	Q
CA, g/g	1,62	1,65	1,63	1,64	1,66	1,66	1,9	ns

FTU/kg = Unidades de fitase por quilograma de ração; *Médias diferem do tratamento controle pelo Teste de Dunnett ($P < 0,05$); CV = Coeficiente de variação; ns = Não significativo; ER = Efeito de regressão.

Os resultados foram semelhantes aos observados por Conte et al. (2003), que verificaram que o ganho de peso dos frangos responde de forma quadrática aos acréscimos da fitase na dieta. Os autores verificaram maiores ganhos de peso para a inclusão de 1105 FTU/kg aos 21 dias, enquanto no presente trabalho os valores obtidos ficaram próximos de 1000 FTU/kg. Shirley e Edwards Junior (2003), Manangi e Coon (2008) também encontraram ótimo desempenho dos frangos alimentados com rações contendo acima de 1000 FTU/kg.

Ao se comparar os resultados obtidos com os valores determinados por Oliveira et al. (2009), observa-se novamente uma semelhança. Os autores observaram redução no ganho de peso dos frangos com 21 dias de idade alimentados com rações deficientes em fósforo, em relação a uma ração controle, o que foi revertido com a suplementação de fitase.

Meneghetti et al. (2011), ao investigarem a suplementação de altos níveis de fitase (1500 a 10000 FTU/kg de ração) em rações para frangos de corte, observaram semelhança no ganho de peso em relação ao controle para todos os tratamentos, inferindo que para esta característica as inclusões elevadas de fitase não trazem benefícios.

Pillai et al. (2006) observaram semelhanças entre o ganho de peso de frangos com 56 dias de idade alimentados com uma ração controle em comparação com uma ração com fósforo reduzido suplementada com 300 FTU/kg de fitase.

As médias de ganho de peso obtidas aos 42 dias confirmaram os dados encontrados por Brandão et al. (2007), que também encontraram efeito não significativo da adição de 100 g/tonelada de fitase na ração de acabamento dos frangos. Da mesma forma que

os achados de Biehl e Baker (1997), que também não observaram efeito da fitase no ganho de peso de frangas fêmeas nesta mesma fase, indicando baixa exigência de fósforo nas idades próximas ao abate.

As variações observadas no ganho de peso sugerem que a adição da enzima fitase foi capaz de disponibilizar nutrientes ligados ao fitato e assim aumentar o ganho de peso. A fitase teve uma melhor atuação na fase inicial, onde o frango tem uma menor produção enzimática com conseqüente menor aproveitamento dos nutrientes, soma-se a isso, o fato de talvez ter ocorrido um sinergismo entre a fitase e as enzimas endógenas acarretando numa melhora da digestibilidade das matérias-primas utilizadas nas rações.

Com relação ao consumo de ração aos 21 dias, as médias obtidas para os tratamentos com 250 FTU/kg ou mais, mostraram-se semelhantes ($P>0,05$) ao tratamento controle, enquanto que a média do tratamento deficiente em fósforo e sem adição da enzima (0 FTU/kg) se mostrou inferior ($P<0,05$). A análise de regressão mostrou comportamento quadrático ($Y = 1087,35 + 0,23978x - 0,00010x^2$, $R^2 = 0,53$).

Aos 42 dias as médias do consumo de ração para o tratamento com 1000 FTU/kg mostraram-se superiores em relação à ração controle ($P<0,05$), não havendo diferença ($P>0,05$) entre os demais tratamentos. Contudo observou-se uma resposta quadrática para esta característica ($Y = 4344,03 + 0,56027x - 0,00024x^2$, $R^2 = 0,35$).

Os resultados observados aos 21 dias se assemelham aos de Pillai et al. (2006) e Oliveira et al. (2009), que também encontraram redução no consumo para as rações deficientes em fósforo, que passaram a ser mais elevados com a adição de fitase.

Também os resultados se identificam com os achados de Conte et al. (2003), que observaram resposta quadrática da fitase no consumo de ração. Ao contrário, para Manangi e Coon (2008), os resultados apontaram um aumento linear no consumo dos frangos alimentados com uma dieta basal (0,7% cálcio; 0,4% fósforo total e 0,12 fósforo disponível) suplementada com 250, 500, 750, 1000, 1500, 2000 e 5000 FTU/kg de fitase.

Assim como o ganho de peso o consumo de ração também foi influenciado pela adição da enzima fitase. Era esperado que o tratamento com 0 FTU/kg tivesse o maior consumo de ração, uma vez que este tinha uma quantidade inferior de fósforo, o que poderia fazer com que o frango consumisse mais ração para atender as suas exigências nutricionais.

Os frangos com 21 dias submetidos aos tratamentos com 1000 e 2000 FTU/kg apresentaram médias de conversão alimentar significativamente pior ($P<0,05$) que o controle. Contudo, observou-se semelhanças ($P>0,05$) entre os tratamentos com 0; 250 e

500FTU/kg. Quanto a regressão houve resposta linear às inclusões de fitase sobre este parâmetro ($Y = 1,375 + 0,00002x$, $R^2 = 0,39$).

A conversão alimentar é obtida da relação entre o consumo de ração e o ganho de peso. A piora linear na conversão alimentar dos frangos aos 21 dias, para o tratamento com 1000 e 2000 FTU/kg, se deve à queda quadrática observada para o consumo de ração e ganho de peso para as inclusões acima de 1000 FTU/kg.

Pode-se inferir semelhança dos resultados obtidos com as observações de Meneghetti et al. (2011), que também verificaram piora na conversão alimentar de frangos com 21 dias, alimentados com rações contendo inclusões elevadas de fitase (1500 e 3000 FTU/kg), em relação a uma ração controle.

Pillai et al. (2006) observaram melhora na conversão alimentar dos frangos quando estes foram alimentados com ração deficiente em fósforo inorgânico (0,13 % de fosforo inorgânico) e suplementados com 250 FTU/kg (níveis testados 250, 500, 750, 1000 e 10000 FTU/kg).

Aos 42 dias as médias de conversão alimentar para todos os tratamentos foram semelhantes ($P > 0,05$) à ração controle, como foi previamente observado por Shirley e Edwards Junior (2003), que ao suplementarem rações de frangos na fase de acabamento com altos níveis de fitase (95,75 a 12000 FTU/kg de ração), também não observaram diferença na conversão alimentar em relação a um controle, demonstrando ausência de efeito da enzima sobre este importante parâmetro zootécnico, nesta fase de desenvolvimento.

A piora na conversão alimentar observada pode ter ocorrido devido à redução no peso do jejuno e do íleo. Esta redução pode ter diminuído a área de absorção o que não permitiu que a mesma quantidade de nutrientes disponibilizados pela fitase fosse utilizada para melhorar o desempenho, sendo por isso muitos dos nutrientes eliminados pelas fezes sem serem aproveitados.

Segundo Tejedor et al. (2001) e Ravindran, Cowieson e Selle (2008), a melhora no desempenho dos frangos alimentados com rações contendo fitase é atribuída a diversos eventos fisiológicos e metabólicos, como o aumento da energia metabolizável (EMAn), da digestibilidade ileal dos nutrientes e da retenção de N; ao aumento da disponibilidade e retenção de minerais, como o cálcio, fósforo, sódio, potássio e cloro; e também aumento na digestibilidade ileal de aminoácidos (aspartato, treonina, serina, glutamato, prolina, glicina, valina, isoleucina, leucina, tirosina, fenilalanina, histidina e lisina).

Conte et al. (2003) determinaram que o melhor nível de inclusão de fitase foi de 1105 e 1023 FTU/kg para otimização do desempenho dos frangos, aos 21 e 42 dias de idade, respectivamente.

A recomendação do nível de fitase (FTU) pela indústria para rações para frangos de corte é de 500 FTU/kg, o qual libera, em média, 0,1% de fósforo disponível (Pd) (DARI, 2004). Neste experimento o tratamento com 500 FTU/kg mostrou-se suficientemente adequado para o ganho de peso e conversão alimentar dos frangos aos 21 dias, mas em excesso para os 42 dias.

Para a qualidade da carne, os tratamentos influenciaram ($P < 0,05$) apenas a coloração da carne, onde a intensidade do amarelo (b^*) do tratamento deficiente em fósforo e sem adição de fitase (0 FTU/kg) foi superior ($P < 0,05$) ao controle (Tabela 3). Para as demais variáveis as médias não diferiram da ração controle ($P > 0,05$). Observou-se resposta quadrática da adição da fitase sobre os tratamentos para a variável b^* ($Y = 13,422 - 0,00278x + 0,000001x^2$, $R^2 = 0,39$).

Tabela 3 – Cor (L^* , a^* e b^*), pH e capacidade de retenção de água (CRA) de peitos (*Pectoralis major*) de frangos submetidos a tratamentos com diferentes concentrações de fitase dietética.

Parâmetro	Controle	Níveis de fitase (FTU/kg)					CV%	ER
		0	250	500	1000	2000		
L^*	48,49	50,91	50,80	51,03	50,02	50,53	4,1	Ns
a^*	1,98	2,57	2,71	1,35	0,87	0,93	78,0	Q
b^*	11,52	13,37*	12,84	12,31	11,55	11,73	8,0	Q
pH	5,87	5,96	5,85	5,95	5,99	5,89	1,9	Ns
CRA (%)	72,62	72,63	74,23	75,83	71,15	71,64	4,7	Ns

FTU/kg = Unidades de fitase por quilograma de ração; *Médias diferem do tratamento controle pelo Teste de Dunnett ($P < 0,05$); CV = Coeficiente de variação; ns = Não significativo; L^* = luminosidade; a^* = (-a (verde) até + a (vermelho)); b^* = (-b (azul) até +b (amarelo)); CRA= Capacidade de retenção de água; ER= Efeito de regressão.

O valor mais elevado de b^* , observado no tratamento deficiente em fósforo, com 0 FTU/kg, indica que as carnes apresentaram uma coloração mais amarelada ou pálida. Como observado por Shelton et al. (2004), não foram encontrados efeitos significativos da adição da fitase nos valores de b^* para as rações com baixo fósforo. Gebert et al. (1999) encontraram carnes pálidas em suínos alimentados com rações contendo fitase, o que atribuíram ao aumento na disponibilidade do cobre e ferro da dieta.

Não foram observados efeitos dos tratamentos experimentais nos valores de L^* , em relação ao tratamento controle. O valor de L^* diz respeito a uma carne mais brilhante ou menos brilhante, com valores que variam de 0 (preto, ausência de luz) a 100 (branco). O

pigmento mioglobina, que é o principal responsável pela cor das carnes, é constituído por uma proteína (globina) e uma parte não proteica (grupo heme). O grupo heme possui um átomo de ferro na posição central. O estado químico deste ferro irá determinar a coloração da carne. Estando o ferro na sua forma reduzida (Fe^{+2}), a cor da carne apresenta-se vermelha (oxiomioglobina) e, na forma oxidada (Fe^{+3}), a cor torna-se marrom (metamioglobina) (OLIVO, 2011). O fato do valor L não ter sido alterado é indicativo de que mesmo sob a liberação de minerais como o ferro pela fitase, não foi observada mudança do estado da mioglobina.

Houve resposta quadrática nos valores de a^* para os acréscimos da fitase na dieta ($Y = 2,828 - 0,002896x + 0,000001x^2$, $R^2 = 0,27$). O valor a^* varia de $-a^*$ (verde) até $+a^*$ (vermelho), o que significa que para as inclusões crescentes de fitase a carne foi se tornando menos vermelha, tendendo a pálido, como confirmado pelo parâmetro b^* .

Os resultados se identificaram aos obtidos por Shelton et al. (2004), que também não encontraram diferenças significativas nos valores a^* das carnes de suínos alimentados com dietas com baixo fósforo, suplementadas ou não com fitase.

Não houve efeito da fitase na capacidade de retenção de água (CRA) das carnes ($P > 0,05$), em relação ao controle. Shelton et al. (2004) também não encontraram benefícios da fitase neste quesito em suínos alimentados com rações de baixo fósforo suplementada ou não com fitase (500 FTU/kg). Os autores discorreram que um provável efeito da fitase sobre a perda de umidade da carne poderia ser devido a uma maior disponibilidade do fosfato na dieta, resultante da ação da fitase sobre o fitato. Fontan et al. (2011) explicaram que os fosfatos são utilizados para aumentar a CRA das carnes durante o cozimento ou o descongelamento, aumentando o rendimento, retendo sabor; reduzindo a queima pelo frio e aumentando a vida de prateleira do produto. O mecanismo básico de ação dos fosfatos envolve a elevação do pH do meio, solubilização das proteínas miofibrilares e ação sequestrante de íons de cálcio, aumentando o número de sítios de ligação da água na proteína (FONTAN et al., 2011).

Alterações nos parâmetros de qualidade da carne podem refletir em produtos de pouco rendimento para a indústria e de baixa aceitação pelos consumidores, principalmente a cor e a capacidade de retenção de água, que são facilmente visualizados, sendo refutados no momento da sua aquisição (LARA et al., 2010). A influência da fitase sobre os valores de a^* e b^* podem ser o motivo para uma recusa por parte dos consumidores ou acentuar as cores das carnes fazendo que estas sejam mais aceitas pelos consumidores, o que depende de qual o mercado consumidor se quer atingir.

Com relação aos parâmetros hematológicos, aos 21 dias somente o número de hemácias apresentou resposta aos tratamentos experimentais ($P < 0,05$), enquanto que aos 42 dias todas as médias dos componentes do hemograma e do leucograma foram semelhantes ($P > 0,05$) às do controle (Tabela 4).

Aos 21 dias, o número de hemácias dos frangos que receberam rações com 2000 FTU/kg foi superior ao grupo controle ($P < 0,05$), sendo observada uma resposta linear crescente para as médias ($Y = 1,7197 + 0,0003X$, $R^2 = 0,47$), indicando aumento no número de hemácias com o aumento de fitase na dieta. As hemácias (eritrócitos) são responsáveis pelo transporte do oxigênio e do gás carbônico no sangue. Segundo Macari, Furlan e Gonzales (2002) há uma relação entre o volume globular, hemácias, hemoglobina e o ferro no sangue. A hemácia é constituída por moléculas de hemoglobina que contém quatro subunidades heme contendo ferro no estado ferroso (Fe^{++}), que se ligam ao oxigênio. O ferro é um mineral que pode ser disponibilizado do fitato pela ação da fitase, aumentando a concentração de hemácias dos frangos.

Com relação ao volume globular, os valores encontrados estão próximos aos citados como normais para frangos sadios por Macari, Furlan e Gonzales (2002) que é de aproximadamente 30%. O volume globular é a porcentagem ocupada pelos glóbulos vermelhos ou hemácias no volume total de sangue, estando relacionadas com o transporte de oxigênio. O baixo índice do volume globular pode ser observado em doenças agudas ou crônicas, septicemias e doenças hemorrágicas (CARDOSO; TESSARI; CASTRO, 2003).

Tabela 4 – Valores do volume globular (VG), concentração de hemoglobina (Hb), número total de hemácias (He), leucócitos (Leuc.), heterófilos (Het.), linfócitos (Linf.) e relação heterófilos/linfócitos (Het./Linf.) em frangos submetidos a tratamentos com diferentes concentrações de fitase dietética.

Parâmetro	Controle	Níveis de fitase (FTU/kg)					CV%	ER
		0	250	500	1000	2000		
1 - 21 dias de idade								
VG (%)	27,0	29,4	27,6	26,6	28,4	29,6	6,9	ns
Hb (g/dL)	5,79	6,26	6,16	6,18	6,28	6,52	12,2	ns
He ($10^6/\mu\text{L}$)	1,80	1,82	1,64	1,87	2,09	2,31*	11,8	L
Leuc. ($10^3/\mu\text{L}$)	3,78	3,61	3,21	3,83	4,22	3,78	39,3	ns
Het. ($10^3/\mu\text{L}$)	2,00	1,84	1,63	1,99	2,44	2,00	47,4	ns
Linf. ($10^3/\mu\text{L}$)	1,59	1,80	1,46	1,74	1,68	1,68	38,6	ns
Het/Linf	1,25	1,18	1,12	1,14	1,61	1,33	43,7	ns
1 - 42 dias de idade								
VG (%)	29,8	29,0	27,8	30,0	30,4	28,4	8,1	ns
Hb (g/dL)	5,66	5,36	5,44	5,63	5,55	5,40	7,1	ns
He ($10^6/\mu\text{L}$)	2,11	2,25	2,14	2,42	2,06	2,12	18,0	ns
Leuc. ($10^3/\mu\text{L}$)	6,38	6,73	5,41	5,76	5,81	5,90	37,8	ns
Het. ($10^3/\mu\text{L}$)	3,93	3,60	3,18	3,83	3,84	3,38	47,2	ns
Linf. ($10^3/\mu\text{L}$)	2,34	2,31	2,06	1,88	1,89	2,42	32,1	ns
Het/Linf	1,67	1,35	1,51	2,03	2,08	1,36	34,1	ns

FTU/kg = Unidades de fitase por quilograma de ração; *Médias diferem do tratamento controle pelo Teste de Dunnett ($P < 0,05$); CV = Coeficiente de variação; ns = Não significativo; ER=Efeito de regressão.

Os resultados foram semelhantes aos observados por Biehl, Emmert e Baker (1997), que não encontraram alterações nos valores do volume globular e na concentração de hemoglobina em frangos com idade de 8 a 22 dias alimentados com rações adicionadas de fitase (1430 FTU/kg). Os autores atribuíram os achados à baixa utilização do ferro liberado do fitato. Ao contrário, Shelton et al. (2004) determinaram que a adição de 500 FTU/kg em rações de suínos contendo baixo cálcio e fósforo disponível proporcionou aumento no valor do volume globular, o que atribuíram a uma maior disponibilidade de ferro.

Não foram observados efeitos dos tratamentos experimentais no número de heterófilos, linfócitos e na relação heterófilos/linfócitos aos 21 e aos 42 dias.

A atividade sérica da fosfatase alcalina (FA) e a concentração de cálcio (Ca), fósforo (P) e ferro (Fe) dos tratamentos experimentais foram semelhantes ($P>0,05$) as do controle (Tabela 5), exceto para o cálcio aos 42 dias ($P<0,05$).

As médias da fosfatase alcalina dos tratamentos experimentais aos 21 e aos 42 dias foram estatisticamente iguais as do tratamento controle ($P>0,05$), possivelmente devido ao elevado coeficiente de variação. Aos 21 dias as médias foram mais elevadas que aos 42 dias, fato este que pode ser explicado em razão dos frangos jovens terem uma elevada taxa de crescimento ósseo. Os osteoblastos secretam grande quantidade de fosfatase alcalina para a formação óssea. Foi observado anteriormente por Minafra et al. (2008), médias mais elevadas para a fosfatase alcalina aos 7 dias, decrescendo até os 21 dias.

Tabela 5 –Atividade sérica da fosfatase alcalina (FA) e a concentração de cálcio (Ca), fósforo (P) e ferro (Fe) em frangos submetidos a tratamentos com diferentes concentrações de fitase dietética.

Parâmetro	Controle	Níveis de fitase (FTU/kg)					CV%	ER
		0	250	500	1000	2000		
1 - 21 dias de idade								
FA (UI/L)	16739	24560	21122	15925	12391	9600	70,6	L
Ca (mg/dL)	11,44	11,72	11,50	11,32	11,72	11,52	2,5	ns
P (mg/dL)	6,97	6,17	5,44	5,52	6,17	5,85	21,7	ns
Fe (μ g/dL)	111,0	113,4	102,4	131,0	132,2	138,4	22,8	ns
1 - 42 dias de idade								
FA (UI/L)	5290	9408	6948	4548	3846	3966	92,8	ns
Ca (mg/dL)	11,86	11,86	11,94	11,92	11,96	11,60*	1,46	Q
P (mg/dL)	5,59	4,48	5,56	5,35	4,73	5,07	16,5	ns
Fe (μ g/dL)	106,4	117,0	117,6	108,6	119,2	112,6	28,1	ns

FTU/kg = Unidades de fitase por quilograma de ração; *Médias diferem do tratamento controle pelo Teste de Dunnett ($P<0,05$); CV = Coeficiente de variação; ns = Não significativo; ER= Efeito de regressão.

Observa-se que aos 21 dias os acréscimos de fitase causaram redução linear nas médias da fosfatase alcalina ($Y = 22079,1 - 7,1459X$, $R^2 = 0,18$). Huff et al. (1998) e

Tsokova (2006), também encontraram diminuição nos níveis séricos da fosfatase alcalina de frangos para as inclusões de fitase na dieta. A diminuição da fosfatase alcalina se explica pela baixa regulação desta enzima pelo organismo, resultante do aumento da disponibilidade de fósforo. A atividade da fosfatase alcalina sérica é inversamente proporcional ao Ca e P da dieta (BOYD et al., 1983), contudo neste trabalho o Ca e o P se mantiveram em níveis estáveis aos 21 dias.

Os valores de cálcio sérico aos 21 dias foram similares ($P > 0,05$) entre as rações contendo fitase e a ração controle. No entanto, aos 42 dias, o tratamento com 2000 FTU/kg causou redução na sua concentração ($P < 0,05$), quando comparada ao controle. O estudo de regressão determinou resposta quadrática para as médias ($Y = 11,86 + 0,0003x - 0,0000002x^2$, $R^2 = 0,39$).

A redução sérica do Ca para o tratamento contendo mais fitase (2000 FTU/kg) pode ser explicada por alguns fatores como os níveis de Ca, P e a sua relação. Contudo os níveis séricos de P não foram alterados significativamente pela ação da fitase. Ao contrário dos resultados obtidos, foram observados anteriormente por Tsokova (2006) aumento nas concentrações do Ca e P séricos de frangos com 30 e 60 dias de idade alimentados com rações suplementadas com fitase.

Outra hipótese que pode explicar a queda do cálcio sérico aos 42 é a baixa quantidade de calcário calcítico na ração. Na medida em que foi se elevando os níveis de fitase foi reduzindo o calcário calcítico de 0,70% (controle) para 0,02% (2000 FTU/kg), que deveria ser suprido pela enzima fitase, uma vez que esta tem a capacidade de liberar até 2000% cálcio da dieta.

Para o ferro sérico, as médias dos tratamentos experimentais, aos 21 e aos 42 dias, não diferiram do controle ($P > 0,05$), sugerindo que a fitase não teve efeito na sua liberação do fitato ou que devido ao alto coeficiente de variação, não foi possível obter diferenças significativas, pois numericamente observa-se aumento do ferro com a adição da fitase nas duas idades.

No entanto, Paik et al. (2000), estudando frangos de corte, e Shehab et al. (2012), codornas japonesas, ambos alimentados com rações adicionadas com fitase, obtiveram resultados diferentes aos verificados neste experimento, quando determinaram aumento nos níveis do Fe sérico. Ambos os pesquisadores atribuíram este resultado ao aumento na disponibilidade deste elemento em decorrência da ação fitase dietética.

No presente estudo, a concentração de IgG, IgM e IgA, anticorpos total, peso relativo da Bursa de Fabrícus e peso relativo do baço, aos 21 e 42 dias não foram

influenciados pelos tratamentos experimentais ($P>0,05$) (Tabela 6), sendo as médias similares às do controle.

Tabela 6 – Concentração de IgG, IgM, IgA e IgTotal, peso relativo da Bursa de Fabrícus e do baço em frangos submetidos a tratamentos com diferentes concentrações de fitase dietética.

Parâmetro	Controle	Níveis de fitase (FTU/kg)					CV%	ER
		0	250	500	1000	2000		
1 - 21 dias de idade								
IgG($\mu\text{g/mL}$)	227,0	306,6	389,6	397,2	498,6	274,8	66,5	ns
IgM($\mu\text{g/mL}$)	211,1	301,3	284,1	204,2	243,4	168,9	57,8	ns
IgA($\mu\text{g/mL}$)	243,2	410,2	391,9	346,8	374,8	266,1	39,4	ns
IgTotal ¹	681,3	1018,1	1065,6	948,3	1111,7	709,7	47,9	ns
Bursa ²	0,276	0,267	0,290	0,289	0,316	0,248	18,5	ns
Baço ²	0,080	0,085	0,087	0,089	0,076	0,069	19,6	ns
1 - 42 dias de idade								
IgG($\mu\text{g/mL}$)	614,4	579,6	508,9	474,2	622,9	497,6	25,3	ns
IgM($\mu\text{g/mL}$)	192,6	120,5	75,1	116,4	123,7	148,7	62,6	ns
IgA($\mu\text{g/mL}$)	326,8	341,4	243,8	210,2	310,7	318,2	54,3	ns
IgTotal ¹	1133,7	1041,5	827,8	800,7	1057,3	964,5	33,9	ns
Bursa ²	0,236	0,213	0,212	0,207	0,172	0,186	30,6	ns
Baço ²	0,123	0,093	0,123	0,101	0,079	0,097	34,0	ns

FTU/kg = Unidades de fitase por quilograma de ração; *Médias diferem do tratamento controle pelo Teste de Dunnett ($P<0,05$); CV = Coeficiente de variação; ns = Não significativo; ER= efeito de regressão;

Com relação às imunoglobulinas, os resultados encontrados neste experimento contrariam as observações de Liu et al. (2008), que demonstraram que a fitase dietética tem efeito na concentração da IgA jejunal em frangos de 14 dias de idade, passando de 3,40 $\mu\text{g/mL}$ para uma ração deficiente em fósforo disponível e sem inclusão de fitase, para 4,74 e 4,35 $\mu\text{g/mL}$ para a adição de 500 e 1000 FTU/kg, respectivamente. Aos 21 dias de idade os autores observaram aumento de 3,85 $\mu\text{g/mL}$ para 4,66 $\mu\text{g/mL}$ com a adição 500 FTU/kg.

Os resultados encontrados se comparam aos obtidos por Almeida et al. (2007), que desenvolvendo pesquisas com suínos, também não encontraram alterações significativas nos níveis de IgG e IgM quando suplementaram as rações deficientes em fósforo com 500 FTU/kg de fitase.

Os resultado obtidos apontam que os valores médios de IgA (243 a 410 $\mu\text{g/mL}$), IgG (227 a 499 $\mu\text{g/mL}$) e IgM (169 a 301 $\mu\text{g/mL}$), aos 21 dias, se mostraram dentro

¹ IgTotal foi calculado pela soma de IgA, IgG e IgM, em $\mu\text{g/mL}$, respectivamente;

² g/100 gPV.

dos valores de referência citados por Zou, Quiao e Xu (2006) para frangos sadios, que foram de 313 µg/mL, 364 a 367 µg/mL e 244 a 286 µg/mL, respectivamente.

Aos 42 dias, as concentrações séricas de IgA variaram entre 210 a 341 µg/mL, se aproximando aos valores obtidos por Zou, Quiao e Xu (2006), que foi de 314 µg/mL, porém inferiores aos encontrados por Mahdavi et al. (2010), que citam entre 464 a 722 µg/mL, mas superiores aos referenciados por Wang et al. (2011), entre 60 e 104 µg/mL. As médias de IgG variaram entre 474 a 623 µg/mL. Zou, Quiao e Xu (2006) determinaram em frangos da mesma idade o valor médio 366 µg/mL, enquanto Wang et al. (2011) determinaram valores entre 82 a 142 µg/mL. Para a IgM as concentrações determinadas oscilaram entre 75 e 193 µg/mL estando próximas às citadas por Wang et al. (2011), entre 93 e 145 µg/mL. Zou, Quiao e Xu (2006) encontraram concentrações de IgM um pouco mais elevadas (217 a 257 µg/mL).

Além da variação existente nos próprios índices de referência (variam de um laboratório para outro), a execução das análises com tecnologias diferentes também determinam variação. Adicionalmente, a idade, o estado prandial, os procedimentos de colheita do sangue, as condições de abrigo e ambientais, além da linhagem genética, podem influenciar nos parâmetros de referência (LEE et al., 1998; WALLACH; KANAAN, 2003).

Com relação aos pesos relativos da Bursa de Fabrícus, as médias obtidas contrariam os resultados publicados por Zyla et al. (2000), que detectaram aumento no seu peso em frangos de 1 a 21 dias alimentados com rações adicionadas de até 1300 FTU/kg. Estes autores enfatizaram que o aumento do tamanho da Bursa é um resultado promissor, indicando possíveis efeitos imunoestimulantes da fitase.

Pesquisas conduzidas por Viveros et al. (2002) demonstraram que rações contendo quantidades reduzidas de fósforo disponível ocasionaram redução no peso do baço, o que foi parcialmente corrigido com adição de fitase na dieta, fato que não foi constatado no presente experimento. O baço é um órgão linfoide secundário, local de remoção e destruição de eritrócitos mortos e órgão do sistema imune, para onde os linfócitos T e B migram após a diferenciação, interagindo entre si e com células acessórias, antígenos, e geram células efetoras e de memória (CARVALHO; DAEMON; SOUZA-LIMA, 2007).

Com relação ao peso relativo dos demais órgãos, somente aos 21 dias para o jejuno foram verificadas respostas aos tratamentos experimentais (Tabela 7), onde 1000 e 2000 FTU/kg proporcionaram menores médias ($P < 0,05$) em relação ao controle. A análise de regressão demonstrou efeito quadrático das inclusões da fitase ($Y = 1,6649 - 0,0005x + 0,0000002x^2$, $R^2 = 0,40$).

Tabela 7 – Peso relativo do coração, fígado, pâncreas, proventrículo mais moela (P+M), duodeno, jejuno íleo e intestino grosso (IG) em frangos submetidos a tratamentos com diferentes concentrações de fitase (valores expressos em g/100g do peso vivo).

Parâmetro	Controle	Níveis de fitase (FTU/kg)					CV%	ER
		0	250	500	1000	2000		
1 - 21 dias de idade								
Coração	0,758	0,797	0,722	0,693	0,751	0,711	9,7	ns
Fígado	2,371	2,431	2,390	2,498	2,323	2,188	7,5	ns
Pâncreas	0,335	0,315	0,343	0,312	0,297	0,283	15,4	ns
P+M	3,285	3,398	3,615	3,512	3,311	3,311	10,3	ns
Duodeno	0,917	0,934	1,076	0,874	0,827	0,816	11,8	ns
Jejuno	1,616	1,641	1,623	1,375	1,337*	1,325*	12,5	Q
Íleo	1,292	1,190	1,300	1,145	1,195	1,110	11,9	ns
IG	0,649	0,634	0,688	0,653	0,624	0,570	17,2	ns
1 - 42 dias de idade								
Coração	0,508	0,570	0,491	0,435	0,414	0,480	14,2	Q
Fígado	1,570	1,686	1,534	1,401	1,470	1,552	13,3	ns
Pâncreas	0,189	0,184	0,179	0,160	0,157	0,161	11,2	Q
P+M	2,168	2,199	2,177	1,895	2,209	2,267	10,7	ns
Duodeno	0,528	0,524	0,510	0,375	0,452	0,443	19,8	ns
Jejuno	1,067	0,989	0,966	0,810	0,902	0,815	18,3	ns
Íleo	0,880	0,760	0,817	0,784	0,696*	0,706*	11,7	ns
IG	0,530	0,501	0,481	0,443	0,469	0,429	13,6	ns

FTU/kg = Unidades de fitase por quilograma de ração; *Médias diferem do tratamento controle pelo Teste de Dunnett ($P < 0,05$); CV = Coeficiente de variação; ns = Não significativo; P+M=Proventriculo + Moela; IG=Ceco+Colon; ER= Efeito de regressão.

O tamanho e o peso das porções dos intestinos podem acarretar aumentos ou reduções das áreas responsáveis pela digestão e absorção de nutrientes, o que se relaciona com a capacidade da fitase em aumentar a digestibilidade. A redução de peso do jejuno observada neste experimento pode em parte explicar a piora na conversão alimentar observada nos tratamentos com 1000 e 2000 FTU/kg.

Aos 42 dias de idade somente o peso relativo do íleo apresentou resposta aos tratamentos experimentais, sendo as médias para os tratamentos 1000 e 2000 FTU/kg inferiores em relação ao controle ($P < 0,05$).

Neste aspecto, Hughes et al. (2009) observaram diminuição somente no peso do duodeno quando alimentaram galinhas com rações com 60% de redução nos níveis de fósforo, corrigido pela adição da fitase. Os autores não encontraram alterações nas demais partes do intestino, e atribuíram que mesmo reduções do fósforo disponível próximas a 30%, com ou sem a adição da fitase, não causaram alterações nos pesos do duodeno, jejuno e íleo.

Foram observados efeitos para o peso relativo do coração ($Y = 0,5606 - 0,0003x + 0,0000001x^2$, $R^2 = 0,43$) e do pâncreas ($Y = 0,1853 - 0,00005x + 0,00000002x^2$, $R^2 = 0,29$), em função dos níveis de fitase, aos 42 dias de idade.

Os resultados se identificam com as observações de Oliveira et al. (2009), que também determinaram o efeito dos níveis de fitase dietética no peso do coração dos frangos e apontaram que, devido à deficiência de fósforo na ração, as aves podem ter desenvolvido um quadro de hipofosfatemia, com menor produção de ATP nas células, levando a uma insuficiência cardíaca, com diminuição do volume sistólico e do peso do coração, o que não foi contornado pela adição de fitase.

Com relação ao pâncreas, semelhante aos achados de Kapica e Puzio (2004), não foram encontradas alterações nos seus pesos ao comparar frangos alimentados com uma ração controle frente aos alimentados com ração deficiente em fósforo adicionada de fitase.

As médias dos pesos relativos do proventrículo mais moela, e também do fígado, foram semelhantes às do controle ($P > 0,05$). Oliveira et al. (2009) detectaram semelhanças entre os pesos destes órgãos ao comparar frangos alimentados com rações deficientes em fósforo e suplementadas ou não com fitase.

Estes aumentos ou quedas no peso dos órgãos podem acarretar em prejuízos econômicos, uma vez que partes dos nutrientes podem ser desviadas para o crescimento de um órgão e não para o do músculo, que gera renda ao produtor. No entanto, órgãos com tamanho muito reduzido pode tornar o frango muito fraco, como no caso o coração, que se tiver seu tamanho muito reduzido pode não ter força o suficiente para bombear o sangue e levar oxigênio e nutrientes por todo o corpo e assim, o frango com alto potencial genético não vai conseguir expressá-lo. O tamanho do sistema digestório também pode ter consequências no desenvolvimento do frango, já que se houver um intestino mais longo o alimento fica mais tempo sobre a ação das enzimas endógena e exógena, aumentando a digestão e a disponibilização dos nutrientes e, também a área de absorção será maior.

Com relação à avaliação econômica dos tratamentos pode-se verificar que os melhores valores de custo de ração por quilograma de peso vivo ganho, independente da fase, foram obtidos com a máxima inclusão de fitase (2000 FTU/kg). Na mesma sequência os índices de eficiência econômica e índice de custo médio ratificaram o resultado (Tabela 8).

Tabela 8 – Custo médio de ração por quilograma de peso vivo (R\$/kgPV), índice de eficiência econômica (IEE) e índice de custo médio (ICM) de acordo com os tratamentos experimentais.

Parâmetro	Controle	Níveis de fitase (FTU/kg)				
		0	250	500	1000	2000
1 - 21 dias de idade						
Custo(R\$/kgPV)	0,981	0,971	0,956	0,937	0,933	0,890
IEE (%)	90,66	91,61	92,94	95,04	94,92	100,00
ICM (%)	110,30	109,16	107,59	105,22	105,36	100,00
1 - 42 dias de idade						
Custo(R\$/kgPV)	1,168	1,167	1,146	1,132	1,120	1,083
IEE (%)	92,71	93,01	94,93	95,83	96,85	100,00
ICM (%)	107,86	107,51	105,34	104,36	103,25	100,00

FTU/kg = Unidades de fitase por quilograma de ração.

Estes resultados econômicos, todavia, devem ser considerados com critério, já que os valores dos ingredientes e da fitase, ao sofrerem alterações de preço, podem mudar este cenário.

5.4 CONCLUSÃO

A adição de níveis crescentes da enzima fitase em rações reduzidas em 30% no fósforo disponível afetou positivamente o desempenho, principalmente na fase inicial de criação. Também houve efeito da fitase sobre as hemácias, fosfatase alcalina, peso do jejuno aos 21 dias e a cor das carnes, cálcio, peso do coração, pâncreas e íleo aos 42 dias de idade.

Estes resultados demonstram que a fitase é uma ótima opção para ser utilizada em rações para frangos de corte, principalmente nas fases iniciais de criação, com melhor nível na faixa de 500 FTU/kg. Preservadas as condições de preço dos ingredientes a melhor relação custo/benefício foi obtida com 2000 FTU/kg.

55 AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) pela disponibilização de bolsa de estudos.

5.6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALMEIDA, R. F.; LOPES, E. L.; NUNES, R. C.; MATOS, M. P. C.; FIORAVANTI, M. C. S.; SOBESTIANSKY, J.; BRITO, L. A. B.; RUFINO, L. M. Ferro e imunidade humoral em suínos alimentados com fitase e níveis reduzidos de fósforo. **Revista Eletrônica Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v.8, n.4, p. 767-776, 2007.
- BARBOSA, F. F.; FERREIRA, A. S.; GATTÁS, G.; SILVA, F. C. O.; DONZELE, J. L.; BRUSTOLINI, P. C.; DARCI CLEMENTINO LOPES, D. C. Níveis de plasma sanguíneo em pó em dietas para leitões desmamados aos 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.36, n.4, p. 1052-1060, 2007.
- BELLAVER, C.; FIALHO, E. T.; PROTAS, J. F. S.; GOMES, P. C. Radícula de malte na alimentação de suínos em crescimento e terminação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.20, n.8, p.969-974, 1985.
- BIEHL, R. R.; BAKER, D. H. Microbial phytase improves amino acid utilization in young chicks fed diets based on soybean meal but not it diets based on peanut meal. **Poultry Science**, Savoy, v. 76, n.2, p. 355-360, 1997.
- BIEHL, R. R.; EMMERT, J. L.; BAKER, D. H. Iron bioavailability in soybean meal as affected by supplemental phytase and 1 α -hydroxycholecalciferol. **Poultry Science**, Savoy, v.76, n.10, p.1424-1427, 1997.
- BOYD, R. D.; HALL, D. Y.; WU, J. F. Plasma alkaline phosphatase as a criterion for determining biological availability of phosphorus for swine. **Journal of Animal Science**, v. 57, n. 2, p. 396-401, 1983.
- BRANDÃO, P. A.; COSTA, F. G. P.; BRANDÃO, J. S.; SILVA, J. H. V. Efeito da adição de fitase em rações de frangos de corte, durante as fases de crescimento e final. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 2, p. 492-498, 2007.
- CARDOSO, A. L. S. P.; TESSARI, E. N. C.; CASTRO, A. G. M. Estudo hematológico em aves inoculadas com salmonella gallinarum. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v.70, n.1, p.35-42, 2003.
- CARVALHO, A. R.; DAEMON, E.; SOUZA-LIMA, S. Relação entre o peso do baço e infecção por helmintos em galo da campina Paroaria dominicana (Linnaeus, 1758) (Passeriformes, Emberizidae) do estado da Bahia, Brasil. **Revista Brasileira de Zoociências**, Viçosa, MG, v. 9, n. 2, p. 219-224, 2007.
- CONTE, A. J.; TEIXEIRA, A. S.; FIALHO, E. T.; SCHOULTEN, N. A.; BERTECHINI, A. G. Efeito da fitase e xilanase sobre o desempenho e as características ósseas de frangos de corte alimentados com dietas contendo farelo de arroz. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v.32, n.5, p.1147-1156, 2003.
- CONTE, A. J.; TEIXEIRA, A. S.; FIGUEIRÊDO, A. V.; VITTI, D. M. S. S.; SILVA FILHO, J. C. Efeito da fitase na biodisponibilidade do fósforo do farelo de arroz em frangos de corte. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 4, p. 547-552, 2002.

COSTA, F. G. P.; JÁCOME, I. M. T. D.; SILVA, J. H. V.; ARAÚJO, M. J.; CAMPOS, K. M. F.; BARBOSA, J. G.; PEIXOTO, J. P. N.; SILVA, J. C. A.; NASCIMENTO, G. A. J.; CLEMENTINO, R. H. Níveis de fósforo disponível e de fitase na dieta de poedeiras de ovos de casca marrom. **Ciência Animal Brasileira**, Goiânia, v. 5, n. 2, p.73-81, 2004.

DARI, R.L. Utilização de fitase na alimentação de aves. In: CONFERÊNCIA APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIAS AVÍCOLAS, 2004, Santos. **Anais...Santos: FACTA**, 2004. p.127-143.

FONTAN, R. C. I.; REBOUÇAS, K. H.; VERÍSSIMO, L. A. A.; MACHADO, A. P. F.; FONTAN, G. C. R.; BONOMO, R. C. F. Influência do tipo de carne, adição de fosfato e proteína texturizada de soja na perda de peso por cocção e redução do tamanho de hambúrgueres. **Alimentos e Nutrição**, Araraquara, v. 22, n. 3, p. 429-434,2011.

GEBERT, S.; BEE, G.; PFIRTER, H. P.; WENK, C. Phytase and vitamin E in the feed of growing pigs: 2. Influence on carcass characteristics, meat and fat quality. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, Hoboken, v.81, n.1, p.20-30, 1999.

GRAF, E., EATON, J. W. Dietary suppression of colonic cancer: fiber or phytate? **Cancer**, Philadelphia, v.56, n.15, p.717-718, 1985.

HUFF, W. E.; MOORE, JR., P. A.; WALDROUP, P. W.; WALDROUP, A. L.; BALOG, J. M.; HUFF, G. R.; RATH, N. C.; DANIEL, T. C.; RABOY, V. Effect of dietary phytase and high available phosphorus corn on broiler chicken performance. **Poultry Science**, Savoy, v.77, n.12, p.1899-1904, 1998.

HUGHES, A. L.; DAHIYA, J. P.; WYATT, C. L.; CLASSEN, H. L. Effect of quantum phytase on nutrient digestibility and bone ash in white leghorn laying hens fed corn-soybean meal-based diets. **Poultry Science**, Savoy, v.88, n.6, p.1191-1198, 2009.

KAPICA, M.; PUZIO, I. Influence of dietary phytase and 1,25-dihydroxycholecalciferol supplementation on the activity of digestive enzymes in chickens. **The Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy**, Lublin, v.48, n.1, p.519-522, 2004.

LARA, J. A. F.; NINOV, K.; BONASSI, C. A.; LEDUR, M. C.; NEPOMUCENO, A. L.; SHIMOKOMAKI, M. **Estresse térmico e incidência de carne PSE em frangos**. Disponível em: <<http://www.cnpsa.embrapa.br/genomafrango/publica/apinco-jorge.pdf>>. Acesso em: 20 jun. 2010.

LEE, G. R.; BITHELL, T. C.; FORESTER, J.; ATHENS, J. W.; LUKENS, J. N. **Wintrobe: hematologia clínica**. 3. ed. São Paulo: Manole, 1998.

LIU, N.; RU, Y. J.; COWIESON, A. J.; LI, F. D.; CHENG, X. C. H. Effects of phytate and phytase on the performance and immune function of broilers fed nutritionally marginal diets. **Poultry Science**, Savoy, v.87, n.6, p.1105-1111, 2008.

MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. **Fisiologia Aviária Aplicada a Frangos de Corte**. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002. 375p.

MAHDAVI, A. H.; RAHMANI, H. R.; NILI, N.; SAMIE, A. H.; SOLEIMANIAN-ZAD, S.; JAHANIAN, R. Effects of dietary egg yolk antibody powder on growth performance,

intestinal Escherichia colicolonization, and immunocompetence of challenged broiler chicks. **Poultry Science**, Savoy, v.89, n. 3, p.484-494, 2010.

MANANGI, M. K.; COON, C. N. Phytate phosphorus hydrolysis in broilers in response to dietary phytase, calcium, and phosphorus concentrations. **Poultry Science**, Savoy, v.87, n. 8, p.1577-1586, 2008.

MENEGHETTI, C.; BERTECHINI, A.G.; RODRIGUES, P.B.; FASSANI, E.J.; BRITO, J.A.G.; REIS, M.P.; GARCIA JR, A.A.P. Altos níveis de fitase em rações para frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v.63, n.3, p.624-632, 2011.

MINAFRA, C. S.; MORAES, G. H. K.; RODRIGUES, A. C. P.; SILVA, F. A.; STRINGHINI, J. H.; REZENDE, C. S. M. Perfil bioquímico e nutricional do ácido glutâmico e da vitamina K no soro e no fígado de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, Viçosa, v.37, n.11, p.1973-1977, 2008.

OLIVEIRA, M. C.; MARQUES, R. H.; GRAVENA, R. A.; TRALDI, A. B.; GODOY, C. R.; MORAES, V. M. B. Fitase em dietas com níveis reduzidos de fósforo não-fítico para frangos de corte. **Revista Biotemas**, Florianópolis, v. 22, n.4, p. 169-176, 2009.

OLIVO, R. **Fatores que influenciam as características das matérias-primas cárneas e suas implicações tecnológicas**. Disponível em: <
<http://www.globalfood.com.br/site/site/arquivos/03.pdf>>. Acesso em: 31 de maio de 2011.

PAIK, I. K.; UM, J. S.; LEE, S. J.; LEE, J. G. Evaluation of the efficacy of crude phytase preparations in broiler chickens. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, Seoul, v.13, n.5, p.673-680, 2000.

PILLAI, P. B.; O'CONNOR-DENNIE, T.; OWENS, C. M.; EMMERT, J. L. Efficacy of anescherichia coliphytase in broilers fed adequate or reduced phosphorus diets and its effect on carcass characteristics. **Poultry Science**, Savoy, v.85, n.10, p.1737-1745, 2006.

RAVINDRAN, V.; COWIESON, A. J.; SELLE, P.H. Influence of dietary electrolyte balance and microbial phytase on growth performance, nutrient utilization, and excreta quality of broiler chickens. **Poultry Science**, Savoy, v.87, n.4, p.677-688, 2008.

ROSTAGNO, H. S.; ALBINO, L. F. T.; DONZELE, J. L.; GOMES, P. C.; OLIVEIRA, R. F.; LOPES, D. C.; FERREIRA, A. S.; BARRETO, S. L.T. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 2. ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005. 186p.

SANFELICE, C.; MENDES, A. A.; KOMIYAMA, C. M.; CAÑIZARES, M. C.; RODRIGUES, L.; CAÑIZARES, G. I. L. Avaliação do efeito do tempo de desossa sobre a qualidade da carne de peito de matrizes pesadas de descarte. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 32, n. 1, p. 85-92, 2010.

SHEHAB, A. E.; KAMELIA, M. Z.; KHEDR, N. E.; TAHIA, E. A.; ESMAEIL, F. A. Effect of dietary enzyme supplementation on some biochemical and hematological parameters of japanese quails. **Journal of Animal Science Advances**, Shabestar Branch, v.2, n.9, p.734-739, 2012.

SHELTON J. L.; SOUTHERN, L. L.; LEMIEUX, F. M.; BIDNER T. D.; PAGE, T. G. Effects of microbial phytase, low calcium and phosphorus, and removing the dietary trace mineral premix on carcass traits, pork quality, plasma metabolites, and tissue mineral content in growing-finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, v.82, n. 9, p. 2630–2639, 2004.

SHIRLEY, R.B.; EDWARDS JUNIOR, J.A. Graded levels of phytase past industry standards improves broilers performance. **Poultry Science**, Savoy, v.82, n.4, p.671-680, 2003.

TEJEDOR, A. A.; ALBINO, L. F. T.; ROSTAGNO, H. S.; VIEITES, F. M. Efeito da adição da enzima fitase sobre o desempenho e a digestibilidade ileal de nutrientes. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.30, n.3, p. 802-808, 2001.

THRALL, M. A. **Hematologia e Bioquímica Clínica Veterinária**. 1.ed. São Paulo: Roca, 2007. 592p.

TSOKOVA, L. T. Influence of the enzyme phytase on the clinical status, some plasma macroelements and the histostructure of femur and tibia in chickens. **Bulgarian Journal of Veterinary Medicine**, Stara Zagora, v.9, n.3, p.201-209, 2006.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA - UFV. **Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas – SAEG**. Versão 8.0. Viçosa, 2005.

VIVEROS, A.; BRENES, A.; ARIJA, I.; CENTENO, C. Effects of microbial phytase supplementation on mineral utilization and serum enzyme activities in broiler chicks fed different levels of phosphorus. **Poultry Science**, Savoy, v.81, n.8, p.1172-1183, 2002.

WALLACH, J.; KANAAN, S. **Interpretação de exames laboratoriais**. Rio de Janeiro: Medsi, 2003. 1067 p.

WANG, C.; WANG, M. Q.; YE, S. S.; TAO, W. J.; DU, Y. J. Effects of copper-loaded chitosan nanoparticles on growth and immunity in broilers. **Poultry Science**, Savoy, v.90, n.10, p.2223-2228, 2011.

ZOU, X. T.; QIAO, X. J.; XU, Z. R. Effect of β -mannanase (hemicell) on growth performance and immunity of broilers. **Poultry Science**, Savoy, v.85, n.12, p.2176-2179, 2006.

ZYLA, K.; WIKIERA, A.; KORELESKI, J.; SWIATKIEWICZ, S.; PIIRONEN, J.; LEDOUX, D. R. Comparison of the efficacies of a novel *aspergillus niger* mycelium with separate and combined effectiveness of phytase, acid phosphatase, and pectinase in dephosphorylation of wheat-based feeds fed to growing broilers. **Poultry Science**, Savoy, v.79, n.10, p. 1434-1443, 2000.