



Efeito da suplementação de fitase sobre o desempenho e a digestibilidade dos nutrientes em frangos de corte

Ellen Hatsumi Fukayama¹, Nilva Kazue Sakomura², Leilane Rocha Barros Dourado¹, Rafael Neme³, João Batista Kochenberger Fernandes⁴, Simara Márcia Marcato¹

¹ Curso de Pós-graduação em Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP/Jaboticabal.

² Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP/Jaboticabal.

³ Ouro Fino Saúde Animal - Ribeirão Preto/SP.

⁴ Centro de Aquicultura - UNESP/Jaboticabal.

RESUMO - Foram utilizados 520 pintos de corte machos da linhagem Cobb® com 1 dia de idade alimentados com dietas à base de milho, farelo de soja e farelo de arroz desengordurado com o objetivo de avaliar o efeito da suplementação de fitase sobre o desempenho e a digestibilidade dos nutrientes. Foi adotado delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e oito repetições de 13 aves por repetição. A composição percentual dos tratamentos foi: controle positivo (CP) - 3.000 kcal de energia metabolizável por quilo (EM/kg); 21,4% de proteína bruta (PB); 0,42% de fósforo disponível (Pd) e 0,96% de cálcio (Ca); e controle negativo (CN) - 2.940 kcal EM/kg; 21,2% PB; 0,27% Pd e 0,90% Ca. Avaliaram-se três níveis de suplementação de Fitase⁵⁰⁰⁰ Ouro Fino na dieta CN: 500, 750 ou 1.000 unidades de fitase/kg ração (uft/kg) e seus efeitos na uniformidade, no consumo de ração, no ganho de peso, na conversão alimentar, na digestibilidade da matéria seca (MS), da proteína bruta (PB), do Ca, P, da energia digestível (ED), %MS e %MN, nas concentrações de Ca e P e na resistência óssea nas tíbias dos frangos aos 20 dias de idade. A digestibilidade do P das dietas com menores níveis nutricionais foi inferior à da ração controle positivo. A suplementação com fitase melhorou a digestibilidade do P e da ED, uma vez que os coeficientes melhoraram com a adição de 1.000 uft/kg. A redução nos níveis nutricionais da dieta prejudicou o desempenho e a mineralização e resistência óssea das tíbias das aves, no entanto, a suplementação com fitase melhorou estas características. As características do osso das aves alimentadas com ração CN suplementada com 750 uft de fitase foram semelhantes às obtidas com a dieta controle positivo.

Palavras-chave: cálcio, cinza óssea, digestibilidade ileal, fósforo, resistência óssea, tibia

Effect of phytase supplementation on performance and nutrient digestibility in diets of broilers

ABSTRACT - A total of 520 1-d old male broiler chicks (Cobb) was fed a corn-soy-fat-free rice meal diet to evaluate the effect of phytase supplementation on performance and nutrient digestibility. The experiment was analyzed as a completely randomized experimental design with five treatments, eight replications of 13 broilers per replication. The percentage composition of the experimental diets were: positive control (PC) with 3000 kcalME/kg; 21.4% CP; 0.42% Pd and 0.96% Ca and negative control (NC) with 2940 kcalME/kg; 21.2% CP; 0.27% Pd and 0.90% Ca. Three levels of supplementation of Fitase⁵⁰⁰⁰ Ouro Fino to NC diets: 500, 750 and 1,000 phytase units/kg of diet (ftu/kg) and their effects on uniformity, feed intake, weight gain, feed conversion, digestibility of dry matter, crude protein, Ca, P and energy digestible (DE), %DM and % as fed, and the concentration of Ca and P and bone resistance in tight of broilers at 20 days of age. The P digestibility of the diets with lower nutritional levels was inferior to the PC diets. The phytase supplementation improved P and DE digestibility, since the coefficients improved with the addition of 1,000 ftu/kg. Decreasing dietary nutritional levels affected performance, mineralization and bone resistance of tight of broilers, but phytase supplementation improved these traits. The bone characteristics of birds fed NC diet supplemented with of 750 ftu of phytase were similar to that obtained with PC.

Key Words: bone ash, bone resistance, calcium, ileal digestibility, phosphorus, tight tibia

Introdução

Dietas para frangos de corte são constituídas basicamente (mais de 90%) de alimentos de origem vegetal,

nos quais o fósforo (P) está em grande parte complexado e indisponível, em virtude da ausência da enzima fitase no trato digestivo das aves. Normalmente, considera-se que apenas 30% do P dos vegetais seja disponível para

animais monogástricos (NRC, 1994). Segundo Rostagno (2005), a biodisponibilidade do P do milho é de 33%, a do farelo de soja 32% e a do farelo de arroz apenas 20%.

A molécula de ácido fítico contém aproximadamente 28,2% de fósforo (Kornegay et al., 2001) e possui propriedade antinutricional pelo não-aproveitamento do fósforo, além de se complexar a proteínas e aminoácidos (Ravindran et al., 1999), cátions (Maenz, 2001), amido (Angel et al., 2002) e enzimas como pepsina, tripsina e alfa-amilase (Casey & Walsh, 2004). Desse modo, a solubilidade e a digestibilidade da dieta são significativamente reduzidas pela formação de complexos insolúveis entre o ácido fítico e estas substâncias.

O fósforo fítico, juntamente com o excesso de fósforo inorgânico adicionado às rações, é eliminado nas fezes e causa sérios problemas ao meio ambiente, como eutrofização e nitrificação, que provocam diminuição da quantidade de oxigênio nas águas dos rios e lagos, além da contaminação do solo.

A fitase é uma fosfatase que catalisa o desdobramento do ácido fosfórico do inositol, liberando o ortofosfato para ser absorvido. A atividade desta enzima é expressa em ftu ou simplesmente U (unidade de fitase ativa, definida como a quantidade de enzima necessária para liberar um micromol de fósforo inorgânico em um minuto em substrato de sódio fitato a temperatura de 37°C e pH 5,5) (Conte, 2000). A enzima atua hidrolisando o fitato e liberando o P e outros nutrientes, o que permite sua melhor assimilação pelo animal.

Alterar a formulação das dietas para reduzir o custo por tonelada de ração por meio da adição de enzimas digestivas tem sido uma das principais formas de utilização da fitase. Nesse caso, as dietas com níveis reduzidos de minerais, proteína e/ou aminoácidos e energia suplementadas com fitase possibilitam mesmo desempenho que uma dieta com níveis nutricionais adequados (Zanella et al., 1999).

O objetivo nesta pesquisa foi avaliar o efeito da suplementação de fitase em dietas à base de milho, farelo de soja e farelo de arroz sobre a digestibilidade de nutrientes e energia digestível, o desempenho e as características ósseas de frangos de corte aos 20 dias de idade.

Material e Métodos

Foram utilizados 520 pintos de corte machos, linhagem Cobb®, com 1 dia de idade em um delineamento inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e oito repetições de 13 aves. As aves foram mantidas em baterias sob programa sanitário e de luz conforme recomendações do manual da

linhagem. As temperatura (°C) e umidade (%) máximas e mínimas durante o período experimental foram de 38 e 21°C e 71 e 41%, respectivamente.

No início do experimento, as aves foram pesadas individualmente e distribuídas nas parcelas de acordo com o peso médio. Os tratamentos consistiram em avaliar a suplementação de níveis crescentes de Fitase⁵⁰⁰⁰ Ouro Fino (Ouro Fino Saúde Animal), produzida a partir de microrganismos, principalmente da levedura *Pichia Pastoris*, adicionada em rações à base de milho, farelo de soja e 5,5% de farelo de arroz desengordurado com a finalidade de aumentar a quantidade de ácido fítico na dieta.

Foram formuladas duas dietas (Tabela 1), uma controle positivo (CP) e uma controle negativo com redução de 2% na energia metabolizável, 0,93% de PB, 36% de fósforo disponível e 6,25% de cálcio em relação à dieta controle positivo. À dieta controle negativo foram adicionados três níveis de fitase, compondo os seguintes tratamentos: controle positivo (CP); controle negativo (CN); CN + 500; CN + 750; CN + 1000 uft/kg de ração. Os níveis de redução foram estabelecidos em estudo anterior realizado por Santos (2005).

Os parâmetros avaliados foram a uniformidade das aves, o consumo de ração, o ganho de peso, a conversão alimentar, a digestibilidade da matéria seca (DMS), da proteína bruta (DPB), do cálcio (Dca), do fósforo (DP), da energia digestível ileal na matéria seca (EDMS) e da energia digestível ileal na matéria natural (EDMN), a resistência óssea e a concentração de matéria mineral, Ca e P das tíbias de frangos de corte no período de 1 a 20 dias de idade.

Ao final do experimento, todas as aves foram pesadas individualmente para determinação da porcentagem de uniformidade em cada tratamento. Foram consideradas uniformes as aves cujo peso corporal se manteve 10% acima ou abaixo do peso médio obtido para cada parcela. Em todas as dietas, foi adicionado 1% de Celite™ (indicador - fonte de sílica para determinação da cinza insolúvel em ácido, CIA). Aos 20 dias, as aves de cada parcela experimental foram abatidas por deslocamento cervical. Imediatamente após o abate, o íleo foi exposto por incisão abdominal e um segmento de 15 cm terminando a 4 cm da junção íleo-cecal foi removido; seu conteúdo foi recolhido em recipiente plástico devidamente identificado por tratamento e repetição. Após a coleta, as digestas foram congeladas e liofilizadas a vácuo a -40°C por 72 horas. Em seguida, foram determinados os teores de MS, PB, Ca, P (AOAC, 1995), energia bruta (em bomba calorimétrica, Parr) e cinza insolúvel em ácido (Santos, 2005, adaptado de Van Keulen & Young, 1977) nas rações e na digesta ileal. Com os resultados laboratoriais, foram determinados os

Tabela 1 - Composição das dietas experimentais fornecidas na fase de 1 a 20 dias de idade

Item	Controle		Fitase (uft/kg)		
	Positivo	Negativo	500	750	1.000
Ingrediente (%)					
Milho	50,731	53,505	53,505	53,505	53,505
Farelo soja	35,782	34,764	34,764	34,764	34,764
Farelo arroz	5,500	5,500	5,500	5,500	5,500
Óleo de soja	3,558	2,047	2,047	2,047	2,047
Calcário calcítico	0,952	1,473	1,473	1,473	1,473
Indicador Celite®	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
Fitase ⁵⁰⁰⁰ Ouro Fino	-	-	0,010	0,015	0,020
Fosfato bicálcico	1,608	0,811	0,811	0,811	0,811
Premix vit. e min. ¹	0,500	0,500	0,500	0,500	0,500
Sal	0,314	0,314	0,314	0,314	0,314
DL-metionina 99%	0,038	0,040	0,040	0,040	0,040
L-lisina HCl 78%	0,018	0,047	0,047	0,047	0,047
Composição nutricional calculada					
EM (kcal/kg)	3.000	2.940	2.940	2.940	2.940
Proteína bruta (%)	21,40	21,20	21,20	21,20	21,20
Fitase (U)	-	-	50,00	75,00	100,00
Fibra bruta (%)	3,803	3,682	3,682	3,682	3,682
Ca (%)	0,960	0,900	0,900	0,900	0,900
P total (%)	1,005	0,558	0,558	0,558	0,558
P disponível (%)	0,420	0,273	0,273	0,273	0,273
Na (%)	0,170	0,170	0,170	0,170	0,170
Gordura (%)	5,445	4,832	4,832	4,832	4,832
Lisina (%)	1,200	1,200	1,200	1,200	1,200
Met + Cis (%)	0,885	0,885	0,885	0,885	0,885
Metionina (%)	0,550	0,550	0,550	0,550	0,550
Treonina (%)	0,828	0,828	0,828	0,828	0,828
Triptofano (%)	0,283	0,283	0,283	0,283	0,283

uft = unidade de fitase/kg.

¹ Frimix (Fri-Ribe) – Composição por kg do produto: Se - 54,6 mg; ácido nicotínico - 6.930 mg; Cu - 25.000 mg; pantotenato de cálcio - 1.900 mg; biotina - 32 mg; Mn - 15.252 mg; DL-metionina - 340 g; l - 260 mg; coccidiostático - 25.000 mg; antioxidante - 100 mg; colina - 120 g; promotor de crescimento (bacitracina de zinco) - 10.000 mg; vit. A - 1.400.000 UI; vit. B1, 356mg; vit. B12 - 2.000 mcg; vit. B2 - 1.920 mg; vit. B6 - 693 mg; vit. D3 - 600.000 UI; vit. E - 5.000 mg; vit. K - 196,5 mg; Zn - 18.250 mg.

valores de energia digestível (ED) e os coeficientes de digestibilidade (CD) de MS, PB e minerais utilizando-se as fórmulas:

$$ED = \text{energia da dieta} - [\text{energia da digesta} \times (\text{CIA na dieta}/\text{CIA na digesta})]$$

$$CD = \frac{\text{nutriente na dieta}/\text{CIA na dieta} - \text{nutriente na digesta}/\text{CIA digesta}}{\text{Nutriente na dieta}/\text{CIA na dieta}}$$

Para análise da resistência óssea, as tíbias do lado direito dos frangos com 20 dias de idade foram desengorduradas em éter etílico por 24 horas, secas em estufa com ventilação forçada a 68°C por 72 horas e avaliadas por meio do aparelho *Instron Universal Machine*

no modo tensão, no Laboratório de Nutrição Animal do Departamento de Zootecnia da UEM, Campus de Maringá; os valores foram expressos em quilograma força (kgf/cm²).

O conteúdo de matéria mineral, cálcio e fósforo dos ossos foi determinado nas tíbias do lado esquerdo das aves, retiradas após abate, acondicionadas em sacos plásticos identificados de acordo com a parcela experimental e congeladas a -20°C. Depois de descongeladas, as tíbias foram descarnadas, identificadas e fervidas por 15 minutos. Em seguida, foram lavadas em água fria para retirada dos resíduos de carne, cartilagem proximal e fíbula. Depois de secas em estufa de ventilação a 100°C por 24 horas, foram armazenadas em frascos de vidro com éter etílico, trocando-se o éter do frasco até o desaparecimento total de resíduos de gordura no éter. Após a evaporação do éter, procedeu-se a uma nova secagem em estufa a 100°C por 24 horas. Depois de esfriarem em dessecador, as tíbias foram pesadas individualmente em balança de precisão e, em seguida, foram trituradas em moinho tipo bola e enviadas ao Laboratório do Departamento de Tecnologia da UNESP, Campus de Jaboticabal, para determinação da composição em matéria mineral, cálcio e fósforo, expressa em porcentagem (%).

Os dados foram analisados pelo procedimento GLM do SAS (1996) utilizando-se o teste SNK (P<0,05). Os níveis de enzima no controle negativo foram analisados por regressão polinomial, de modo que o melhor nível de inclusão da enzima foi obtido por meio de derivação da equação quadrática.

Resultados e Discussão

Os resultados obtidos para a digestibilidade ileal de MS, PB e Ca na fase de 1 a 20 dias foram semelhantes entre as aves alimentadas com as dietas com níveis nutricionais reduzidos e aquelas alimentadas com a dieta controle positivo (Tabela 2). A semelhança ao controle positivo pode ser atribuída ao fato de a redução da PB e do nível de cálcio das dietas experimentais terem sido leves e não terem causado deficiências que poderiam influenciar a digestibilidade desses nutrientes.

Alguns trabalhos indicam que os níveis elevados de cálcio na ração reduzem a absorção de Ca, P, Zn e Mn, mesmo com a adição da enzima fitase na dieta e com o baixo teor de P total; assim, além da redução de suplementação de fósforo inorgânico nas rações, há também necessidade de reduzir a suplementação de cálcio. Considerando a média das taxas de absorção dos minerais estudados por Shoulten et al. (2001), sugere-se redução para o nível de 0,65% de cálcio na ração para se observarem mudanças na absorção de Ca. Contudo, neste experimento, quando o

Tabela 2 - Digestibilidade dos nutrientes no período de 1 a 20 dias de idade

Item	Digestibilidade (%)				Energia digestível (kcal/kg)	
	MS	PB	Ca	P	%MS	%MN
CP	65,53 ± 1,64	74,14 ± 2,99	81,03 ± 1,83	52,93 ± 2,11C	3.109,58 ± 93,51A	2.758,38 ± 78,69A
CN	63,58 ± 2,35	69,80 ± 3,59	82,04 ± 2,26	46,07 ± 2,86D	2.923,47 ± 135,11B	2.621,91 ± 106,51BC
CN + 500 uft	63,45 ± 2,01	70,79 ± 4,56	80,06 ± 1,82	54,20 ± 5,00C	2.912,54 ± 132,92B	2.592,18 ± 107,08C
CN + 750 uft	64,23 ± 1,74	73,03 ± 3,12	81,93 ± 1,05	62,78 ± 5,70B	2.983,44 ± 104,82AB	2.644,17 ± 85,07BC
CN + 1.000 uft	64,73 ± 1,82	72,28 ± 2,95	80,54 ± 2,32	69,14 ± 5,06A	3.061,48 ± 95,72AB	2.717,15 ± 78,54AB
Média	64,30 ± 0,85	72,01 ± 1,73	81,12 ± 0,86	57,02 ± 9,00	2.998,10 ± 85,95	2.666,76 ± 68,95
P	0,2007	0,1210	0,1915	<0,0001	0,0045	0,0050
CV (%)	2,99	4,85	2,35	7,74	3,79	3,45
Regressão	ns	ns	ns	Linear	ns	ns
P	0,3932	0,1695	0,6820	<0,0001	0,3935	0,2048
CV (%)	3,07	4,98	2,55	8,05	3,95	3,59

CP = controle positivo, CN = controle negativo, uft = unidade de fitase/kg, MS = matéria seca, PB = proteína bruta. Médias com letras diferentes na mesma coluna diferem (P<0,05) pelo teste SNK.

nível de cálcio da ração passou de 0,96% do controle positivo para 0,90% do controle negativo, a redução foi menor que a sugerida por Shoulten et al. (2001) possível explicação para a ausência de diferença estatística na digestibilidade do cálcio.

A digestibilidade do fósforo da ração pelas aves que consumiram a dieta com níveis nutricionais (CN) reduzidos foi inferior à obtida com a dieta controle positivo. A suplementação com fitase melhorou a digestibilidade do fósforo no controle negativo e promoveu aumento linear no aproveitamento do fósforo ($DP = 51,643 + 0,0218X$, $R^2 = 0,9189$). A suplementação com 750 e 1.000 uft/kg proporcionou coeficientes de digestibilidade superiores aos obtidos com a dieta controle negativo. Segundo Sebastian et al. (1996), o fato de a fitase quebrar o complexo fitato-mineral libera minerais para absorção, o que reduz sua excreção e aumenta sua digestibilidade.

A melhora na digestibilidade do P observada nas aves alimentadas com as dietas controle negativo com a suplementação enzimática poderia estar relacionada à melhor eficiência na absorção do fósforo liberado pela fitase em dietas com níveis de P abaixo das exigências das aves. A suplementação de 750 e 1.000 uft/kg de fitase melhorou a energia digestível, mas não foi suficiente para superar a energia digestível da dieta controle positivo.

Os melhores coeficientes foram obtidos com o nível de 1.000 uft/kg, que promoveu aumento de 3,66% na energia digestível na matéria natural, que pode ter decorrido do melhor aproveitamento ou da maior eficiência das reações enzimáticas digestivas a partir da liberação de nutrientes, cátions e enzimas complexados à molécula de fitato pela ação da fitase.

Segundo Cowieson et al. (2006), a presença de ácido fítico na dieta promove alteração no *turnover* das células

do intestino provocando maior produção de mucina e conseqüente aumento na perda de nitrogênio endógeno e nos requerimentos de energia. Portanto, o efeito benéfico da fitase seria sua atuação na alteração das secreções endógenas e na produção de mucina.

Os tratamentos não influenciaram (P>0,05) a uniformidade das aves. O consumo de ração obtido com as rações suplementadas com fitase foi semelhante (P>0,05) ao encontrado com as dietas controle positivo e superior (P<0,05) ao das dietas controle negativo (Tabela 3). A deficiência em fósforo provoca redução no consumo de ração, porém, a adição de fitase em níveis adequados promove a ruptura máxima do complexo P-ácido fítico, liberando esse mineral para ser absorvido e superando o efeito depressor de sua deficiência sobre o consumo de ração (Munaro, 1996b). Essa resposta pôde ser comprovada pelo ensaio de digestibilidade, no qual se observou melhor digestibilidade do P com a suplementação de fitase nas dietas, que melhorou o consumo de ração e, conseqüentemente, os parâmetros zootécnicos.

O ganho de peso das aves alimentadas com as dietas controle positivo foi 10,56% maior (P<0,05) que o daquelas alimentadas com a dieta controle negativo. A suplementação da dieta controle negativo com fitase proporcionou ganhos de peso maiores que o obtido com a dieta controle positivo, independentemente do nível de suplementação (P<0,05). As suplementações de 500, 750 e 1.000 uft/kg ao controle negativo aumentaram em 13,42; 15,14 e 14,95% o ganho de peso e melhoraram em 7,95; 6,62 e 7,95% a conversão alimentar (P<0,05), respectivamente, comprovando a eficiência da fitase em manter a atividade enzimática normal no trato gastrointestinal (TGI) e estimular a disponibilização dos nutrientes complexados à molécula de fitato e o aproveitamento da energia.

Tabela 3 - Desempenho das aves no período de 1 a 20 dias de idade

Item	Uniformidade (%)	Consumo de ração (g)	Ganho de peso (g)	Conversão alimentar (g/g)
CP	63,36 ± 12,97	993,93 ± 34,91A	686,39 ± 22,69B	1,45 ± 0,06AB
CN	58,19 ± 13,53	926,56 ± 52,85B	613,94 ± 26,01C	1,51 ± 0,09B
CN + 500 uft	61,88 ± 12,77	986,71 ± 28,93A	709,12 ± 12,98A	1,39 ± 0,05A
CN + 750 uft	62,42 ± 8,53	1.016,69 ± 40,16A	723,45 ± 16,53A	1,41 ± 0,06A
CN + 1.000 uft	55,64 ± 18,04	999,29 ± 42,24A	721,85 ± 26,65A	1,39 ± 0,09A
Média	60,30 ± 13,13	984,64 ± 49,45	690,95 ± 46,06	1,43 ± 0,08
P	0,7603	0,0012	<0,0001	0,0058
CV (%)	22,40	4,12	3,13	4,91
Regressão	NS	Quadrática	Quadrática	Linear
P	0,5236	0,0159	0,0002	0,0112
CV (%)	22,53	4,23	3,83	5,37

CP = controle positivo, CN = controle negativo, uft = unidade de fitase/kg. Médias com letras diferentes na mesma coluna diferem (P<0,05) pelo teste SNK.

Há evidências de que o uso de fitase em dietas com níveis de fósforo não-fítico (fósforo disponível) correspondentes a até 50% das exigências das aves melhora a conversão alimentar (Ravindran et al., 2001) e o ganho de peso (Brenes et al., 2003). Considerando somente os quatro níveis de enzima (0, 500, 750 e 1.000 uft/kg), obteve-se efeito quadrático para consumo de ração ($CR = 925,27 + 1,9885X - 0,00121X^2$, $R^2 = 0,9602$) e ganho de peso ($GP = 614,11 + 0,2687X - 0,000162X^2$, $R^2 = 0,9996$) e os níveis ótimos de inclusão foram 821,90 e 829,32 uft/kg, respectivamente. Para a conversão alimentar, observou-se efeito linear decrescente ($CA = 1,4918 - 0,00012X$, $R^2 = 0,7873$).

De acordo com Sebastian et al. (1996), a melhora no desempenho das aves alimentadas com dietas suplementadas com fitase pode ter três razões: a liberação dos minerais presentes no complexo fitato-mineral; a utilização do inositol (produto final da desfosforalização do ácido fítico) pelos animais; e o aumento da digestibilidade do amido e da disponibilidade da proteína. Segundo Ravindran et al. (2001), é possível haver efeito indireto da suplementação

com fitase, impedindo que ocorra reação de saponificação entre os lipídeos e os minerais do complexo fitato-mineral.

Na análise da composição em matéria mineral, cálcio e fósforo dos ossos das tíbias (Tabela 4), observaram-se resultados coerentes da composição química das rações em relação ao Ca (0,960 e 0,900%) e ao P (0,420 e 0,273%) dos grupos controle positivo e controle negativo, respectivamente. No grupo controle negativo, houve menor deposição de matéria mineral (MM), Ca e P nas tíbias dos frangos e maior deposição (P<0,05) desses nutrientes com a suplementação de 500 e 750 uft/kg da ração controle negativo.

Os resultados obtidos para a resistência óssea refletiram os de mineralização óssea. As aves alimentadas com a dieta controle negativo apresentaram teor de matéria mineral e resistência óssea inferiores em comparação àquelas alimentadas com a dieta controle positivo, porém, com a suplementação da enzima fitase no controle negativo, houve melhora da resistência óssea, que apresentou resultados semelhantes aos obtidos com as dietas controle positivo.

Tabela 4 - Resistência óssea (RO) e teores médios de matéria mineral (MM), Ca e P nos ossos das tíbias dos frangos de corte aos 20 dias de idade

Item	RO (kgf/cm ²)	MM	Ca (%)	P
CP	24,09 ± 3,08AB	51,81 ± 0,77AB	18,72 ± 0,65B	11,13 ± 1,54A
CN	21,88 ± 3,26B	45,75 ± 2,10C	17,47 ± 0,51C	8,80 ± 0,76C
CN + 500 uft	26,51 ± 4,86A	52,86 ± 0,93AB	20,05 ± 0,45A	10,41 ± 0,28AB
CN + 750 uft	25,78 ± 3,24A	53,24 ± 1,95A	20,60 ± 0,36A	10,10 ± 0,38AB
CN + 1.000 uft	26,48 ± 5,14A	51,01 ± 1,32AB	15,38 ± 0,65D	9,56 ± 0,43BC
Média	24,95 ± 4,33	50,93	18,44	10,00
P	0,0003	<0,0001	<0,0001	<0,0001
CV (%)	16,10	2,97	2,91	8,20
Regressão	NS	Quadrática	Quadrática	Quadrática
P	0,5236	<0,0001	<0,0001	0,0004
CV (%)	22,53	4,09	3,12	6,38

CP = controle positivo, CN = controle negativo, uft = unidade de fitase/kg. Médias com letras diferentes na mesma coluna diferem (P<0,05) pelo teste SNK.

Considerando que o Ca e o P são os minerais em maior proporção na estrutura óssea, a maior disponibilidade desses minerais pela adição da fitase foi, sem dúvida, a principal causa de melhora na porcentagem de cinzas e resistência à quebra. Outros pesquisadores (Broz et al., 1994; Sebastian et al., 1996; Ahmad et al., 2000; Lan et al., 2002) também verificaram aumento nas cinzas ósseas das tíbias de frangos decorrente da suplementação com fitase. Denbow et al. (1998) verificaram que a suplementação com fitase nos níveis de 400, 800 e 1.200 uft/kg melhorou a resistência à quebra das tíbias de frangos de corte aos 21 dias de idade.

Segundo Maynard et al. (1984), citado por Munaro et al. (1996a), a prolongada ausência de fósforo ou a forte alteração na proporção Ca:P na dieta animal causa raquitismo nos animais jovens (ossos moles e flexíveis com juntas dilatadas) e osteoporose (ossos duros, mais esponjosos) nos animais adultos.

A melhor digestibilidade do fósforo com a suplementação de 1.000 uft de fitase não refletiu em melhor deposição de fósforo nos ossos, provavelmente em virtude da utilização do fósforo em outros processos vitais do organismo do animal. Segundo Lesson & Summers (2001), o fósforo é fundamental para coordenação muscular, metabolismo de energia, aminoácido, gordura e tecidos nervosos e transporte de ácidos graxos e outros lipídios, além de síntese de ácidos nucléicos. O aumento da digestibilidade do fósforo com a adição de 1.000 uft à ração está relacionado à melhora no metabolismo energético do animal, como verificado nos resultados de desempenho.

Conclusões

A melhora na digestibilidade do fósforo e na energia digestível só foi possível com a suplementação de fitase nos níveis de 750 e 1.000 uft/kg de ração. A adição 750 uft/kg de ração proporcionou os melhores resultados de mineralização e resistência óssea das tíbias das aves. A adição da Fitase⁵⁰⁰⁰ Ouro Fino, em todos os níveis utilizados, melhorou o desempenho das aves. Entre os níveis testados, o de 750 uft/kg de ração possibilitou o máximo desempenho das aves, além de boas características de mineralização óssea e de digestibilidade.

Agradecimento

À Ouro Fino Saúde Animal, Ribeirão Preto, SP, pelo financiamento da pesquisa.

Literatura Citada

- AHMAD, T.; RASOOL, S.; SARWAR, M. et al. Effect of microbial phytase produced from a fungus *aspergillus niger* on bioavailability of phosphorus and calcium in broiler chickens. **Animal Feed Science and Technology**, v.83, p.103-114, 2000.
- ANGEL, R.; TAMIM, N.M.; APPLGATE, T.J. et al. Phytic acid chemistry: influence on phytin-phosphorus availability and phytase efficacy. **Journal of Applied Poultry Research**, v.11, n.4, p.471-480, 2002.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of the association of the agricultural chemists**. 16.ed. Washington, D.C.: 1995. 1230p.
- BRENES, A.; VIVEIROS, A.; ARIJA, I. et al. The effect of citric acid and microbial phytase on mineral utilization in broiler chicks. **Animal Feed Science and Technology**, v.110, n.1-4, p.201-219, 2003.
- BROZ, J.; OLDALE, P.; PERRIN-VOLTZ, A.H. et al. Effect of supplemental phytase on performance and phosphorus utilization in broiler chickens fed a low phosphorus diet without addition of inorganic phosphates. **British Poultry Science**, v.35, p.273-280, 1994.
- CASEY, A.; WALSH, G. Identification and characterization of a phytase of potential commercial interest. **Journal of Biotechnology**, v.110, n.3, p.313-322, 2004.
- CONTE, A.J. **Valor nutritivo do farelo de arroz integral em rações para frangos de corte, suplementadas com fitase e xilanase**. Lavras: Universidade Feral de Lavras, 2000. 164p. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, 2000.
- COWIESON, A.J.; ACAMOVIC, T.; BEDFORD, M.R. Phytic acid and phytase: implications for protein utilization by poultry. **Poultry Science**, v.85, p.878-885, 2006.
- DENBOW, D.M.; GRABAU, E.A.; LACY, G.H. et al. Soybeans transformed with a fungal phytase gene improve phosphorus availability for broilers. **Poultry Science**, v.77, n.6, p.878-88, 1998.
- KORNEGAY, E.T. Digestion of phosphorus and other nutrients: the role of phytases and factors influencing their activity. In: BEDFORD, M.R.; PARTRIDGE, G.G. (Eds.) **Enzymes in farm animal nutrition**. Wallingford: Cab Publishing, 2001. 432p.
- LAN, G.Q.; ABDULLAH, N.; JALALUDIN, S. et al. Efficacy of supplementation of a phytase-producing bacterial culture on the performance and nutrient use of broiler chickens fed corn-soybean meal diets. **Poultry Science**, v.81, n.10, p.1522-1532, 2002.
- LEESON, S.; SUMMERS, J.D. **Nutrition of the chicken**. 4.ed. Guelph: University Books, 2001. 601p.
- MAENZ, D.D. Enzymatic characteristics of phytases as they relate to their use in animals feeds. In: BEDFORD, M.R.; PARTRIDGE, G.G. (Eds.) **Enzymes in farm animal nutrition**. Wallingford: Cab Publishing, 2001. 406p.
- MUNARO, F.A.; LÓPEZ, J.; TEIXEIRA, A.S. et al. Efeito da fitase em rações com 15% de farelo de arroz desengordurado no desempenho de frangos de corte. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.25, n.5, p.910-920, 1996a.
- MUNARO, F.A.; LÓPEZ, J.; TEIXEIRA, A.S. et al. Aumento da disponibilidade do fósforo fítico pela adição de fitase a rações para frangos de corte. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.25, n.5, p.921-931, 1996b.
- NATIONAL RESEARCH COUNCIL - NRC. **Nutrient requirements of poultry**. 9.ed. Washington, D.C.: National Academy of Science, 1994. 155p.
- RAVINDRAN, V.; SELLE, P.H.; BRYDEN, W.L. Effects of phytase supplementation, individually and in combination with glycanase, on the nutritive value of wheat and barley. **Poultry Science**, v.78, n.11, p.1588-1595, 1999.

- RAVINDRAN, V.; SELLE, P.H.; RAVINDRAN, G. et al. Microbial phytase improves performance, apparent metabolizable energy, and ileal amino acid digestibility of broilers fed a lysine-deficient diet. **Poultry Science**, v.80, n.3, p.338-344, 2001.
- ROSTAGNO, H.S. **Tabelas brasileiras para aves e suínos** (composição de alimentos e exigências nutricionais). 2.ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2005. 186p.
- SANTOS, F.R. **Efeito da suplementação com fitase sobre o desempenho e digestibilidade de nutrientes para frangos de corte**. Jaboticabal: Universidade Estadual Paulista, 2005. 99p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, 2005.
- STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM - SAS. **SAS/STAT: user's guide**, version 6.11. ed. Cary, 1996. 842p.
- SEBASTIAN, S.; TOUCHBURN, S.P.; CHAVEZ, E.R. et al. The effects of supplemental microbial phytase on the performance and utilization of dietary calcium, phosphorus, copper and zinc in broilers chickens fed corn-soybean diets. **Poultry Science**, v.75, n.6, p.729-736, 1996.
- SHOULTEN, N.A.; TEIXEIRA, A.S.; CONTE, A.J. et al. Efeito dos níveis de cálcio da ração suplementada com fitase, sobre a absorção de minerais em frangos de corte aos 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, suplemento 3, p.15, 2001.
- Van KEULEN, J.; YOUNG, B.A. Evaluation of acid-insoluble ash as natural marker in ruminant digestibility studies. **Journal of Animal Science**, v.44, n.9, p.282-287, 1977.
- ZANELLA, I.; SAKOMURA, N.K.; SILVERSIDES, F.G. et al. Effect of enzyme supplementation of broiler diets based on corn and soybeans. **Poultry Science**, v.78, p.561-568, 1999.