









Efeitos da alta dosagem de fitase no desempenho de frangos de corte e na digestibilidade de nutrientes

Effects of high phytase dosage on broiler performance and nutrient digestibility

Márcia das Neves Soares^{*1} , Hallef Rieger Salgado² , Isabelle Naemi Kaneko³ , Rodrigo de Freitas Jacob² , Sarah Gomes Pinheiro⁴ , Thamires da Silva Ferreira⁴ , Luiz Fernando Teixeira Albino² 

1 Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, Minas Gerais, Brasil

2 Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, Minas Gerais, Brasil

3 Universidade Federal de Rondônia (UNIR), Porto Velho, Rondônia, Brasil

4 Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Areia, Paraíba, Brasil

*autor correspondente: marciazootec10@gmail.com

Resumo: O estudo avaliou o efeito de diferentes doses de fitase e duas dietas (milho e farelo de soja, e farinha de carne e ossos) no desempenho de frangos de corte e na digestibilidade de nutrientes das rações. Foram utilizados 1320 frangos de corte Cobb 500 para o experimento de desempenho, 216 frangos de corte Cobb 500 para o ensaio de metabolismo, e 252 pintos de corte para a determinação dos coeficientes de digestibilidade aparentes e estandardizados dos aminoácidos das dietas. As aves foram pesadas individualmente e distribuídos em delineamento inteiramente casualizado, totalizando seis tratamentos divididos em esquema fatorial 2x3 (duas dietas e três níveis de fitase compondo os tratamentos): dietas vegetais com 500, 1000 e 1500 FTU de fitase (T1, T2, T3); e dietas com farinha de carne e ossos com 500, 1000 e 1500 FTU de fitase (T4, T5, T6). O ganho de peso médio final e ganho de peso dos animais que consumiram dietas com farinha de carne e ossos e fitase a 500 FTU/kg foi similar com os que consumiram 1000 FTU/kg de fitase. E a digestibilidade dos aminoácidos para os animais que consumiram dietas com milho e farelo de soja e fitase com 500 FTU/kg foi similar com os que consumiram 1000 FTU/kg, e estatisticamente o nível de 1500 FTU/kg foi igual ao nível de 500 FTU/kg. Altas doses de fitase não promoveram melhora no desempenho e digestibilidade dos nutrientes, bem como nos valores de EMAn, com isso, recomenda-se a suplementação de fitase a 500 FTU/kg.

Palavras-chaves: ácido fítico; digestibilidade; enzima

Abstract: The study evaluated the effect of different doses of phytase and two diets (corn and soybean meal, and meat and bone meal) on the performance of broiler chickens and the digestibility of nutrients in feed. A total of 1320 Cobb 500 broilers were used for the performance experiment, 216 Cobb 500 broilers for the metabolism test, and 252 broiler chicks to determine the apparent and standardized digestibility coefficients of amino acids in the diets. The birds were individually weighed and distributed in a completely randomized design, comprising six treatments divided into a 2x3 factorial scheme (two diets and three levels of phytase composing the treatments): vegetable diets with 500, 1000, and 1500 FTU of phytase (T1, T2, T3); and meat and bone meal diets with 500, 1000, and 1500 FTU of phytase (T4, T5, T6). The average final weight gain and weight gain of animals that consumed diets with meat and bone meal and phytase at 500 FTU/kg were similar to those that consumed 1000 FTU/kg of

Recebido: 11 de março, 2024. Aceito: 05 de junho, 2024. Publicado: 03 de setembro, 2024.

phytase. The digestibility of amino acids for animals that consumed diets with corn and soybean meal and phytase at 500 FTU/kg was similar to those that consumed 1000 FTU/kg; statistically, the level of 1500 FTU/kg was equal to that of 500 FTU/kg. High doses of phytase did not promote improvements in performance and nutrient digestibility, as well as EMAn values; therefore, phytase supplementation at 500 FTU/kg is recommended.

Keywords: digestibility; enzyme; phytic acid

1. Introdução

As rações de frangos de corte no Brasil são formuladas a base de ingredientes de origem vegetal (milho e farelo de soja), o que representa 90% de toda a dieta, contribuindo para o fornecimento de energia, proteína, vitaminas e minerais. Esses são ingredientes que representam altos custos na alimentação ⁽¹⁾. O uso de enzimas contribui para a melhora da digestibilidade e disponibilidade de certos nutrientes como por exemplo, o fósforo.

Os ingredientes de origem vegetal das dietas das aves apresentam alguns compostos antinutricionais, como o fitato ou ácido fítico, uma molécula que contém principalmente fósforo, que forma sais insolúveis com aminoácidos e minerais de importância, levando a diminuição da disponibilidade, por ser mal digerido pelos monogástricos. A hidrólise do fitato é feita pela enzima fitase e, assim, sua adição na dieta tem sido uma alternativa nas formulações atuais, uma vez que, as aves não conseguem produzir de forma suficiente ^(2,3).

A suplementação de fitase objetiva disponibilizar o fósforo contido nas moléculas de ácido fítico, possibilitando a redução de inclusão de ingredientes que contenham esse mineral. Não só a disponibilização de fósforo, mas também outros nutrientes, pois o ácido fítico possui carga eletronegativa que em condições intestinais (pH e temperatura) é capaz de reduzir a solubilidade e a digestibilidade do Ca, Fe, Zn e proteína, levando a cascatas deletérias ⁽⁶⁾.

A superdosagem de fitase pode contribuir para melhorar os coeficientes de digestibilidade da matéria mineral e da proteína. Essa melhoria na digestibilidade pode estar relacionada à degradação do fitato e ao aumento da disponibilidade de mioinositol⁽⁴⁾. Assim, o uso da enzima fitase, tanto nos níveis recomendados pelos fabricantes quanto em superdosagem, é de grande interesse para a sustentabilidade da cadeia produtiva avícola. Essa enzima pode ajudar a maximizar a digestão dos componentes naturais das rações e reduzir as excreções para o ambiente ⁽⁵⁾.

Walters *et al.* ⁽⁷⁾ ao avaliar superdoses de fitase (2.000 e 3.000 FTU/kg) observou uma melhoria no desempenho das aves, bem como na digestibilidade dos nutrientes.

Além disso, o uso de fitase pode diminuir a poluição ambiental, uma vez que aproximadamente 30% da excreção do P é diminuída pelas aves e suínos com a inclusão de fitase nas dietas, e a digestibilidade de outros nutrientes ligados ao ácido fítico é aumentada com a hidrólise da molécula de fitato ⁽⁸⁾.

Outra forma de disponibilizar fósforo para os animais tem sido a inclusão de farinha de carne e ossos nas rações, ingrediente de origem animal que não possui a molécula de ácido fítico. Dentro desse contexto, a suplementação de cerca de 5% de farinha de carne e ossos pode reduzir ou até mesmo eliminar a necessidade de suplementar o fósforo inorgânico, e

com isso reduzir os custos da alimentação. O fósforo presente na farinha de carne e ossos, em função da inexistência de associação com o ácido fítico, é considerado mais disponível do que o fósforo dos ingredientes de origem vegetal ⁽⁹⁾.

O presente estudo foi realizado a partir da hipótese que a fitase melhora o desempenho das aves e a digestibilidade de nutrientes, contribuindo para a diminuição da poluição ambiental. Com isso, objetivou-se avaliar o efeito de diferentes doses de fitase e duas dietas, milho e farelo de soja, e farinha de carne e ossos sobre o desempenho de frangos de corte e a digestibilidade de nutrientes das rações.

2. Material e Métodos

2.1 Localização, instalações e manejo experimental

Este experimento foi submetido à Comissão de Ética no Uso de Animais de Produção da Universidade Federal de Viçosa (CEUAP/UFV) - protocolo nº021/2019. Foi realizado na Unidade de Ensino, Pesquisa e Extensão em Produção e Nutrição de Aves do Departamento de Zootecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Viçosa (UFV), no período de setembro a outubro de 2019.

Alimento e água foram fornecidos *ad libitum*. Os boxes foram monitorados ao longo do dia para avaliar a condição dos animais, disponibilidade de ração e de água, controle de temperatura e qualquer outra condição adversa. Animais encontrados mortos durante experimento foram retirados e pesados. Os pesos, a data e o boxe eram anotados regularmente para realização das correções do consumo de ração e da conversão alimentar ao final de cada fase experimental, segundo Sakamura & Rostagno ⁽¹⁰⁾.

2.2 Tratamentos experimentais

O estudo incluiu dois experimentos com os mesmos seis tratamentos divididos em esquema fatorial 2x3 (duas dietas e três níveis de fitase 500, 1000 e 1500 FTU): T1- Dieta fosfato bicálcico com 500 FTU; T2 – 1000 FTU; T3 – 1500 FTU; T4 – Dieta Farinha de Carne e ossos com 500 FTU; T5 – 1000 FTU e T6 – 1500 FTU. Foram utilizadas 10 repetições e 22 aves por unidade experimental (Tabela 1).

Tabela 1 Tratamentos experimentais.

Teste de superdosagem	
Tratamentos	Níveis
1	Dieta fosfato bicálcico (com 500 FTU)
2	T1 + 500 FTU (total 1000 FTU)
3	T1 + 1000 FTU (total 1500 FTU)
4	Dieta Farinha de carne e ossos (com 500 FTU)
5	T4 + 500 FTU (total 1000 FTU)
6	T4 + 1000 FTU (total 1500 FTU)

As dietas foram formuladas seguindo as recomendações de Rostagno et al. ⁽¹¹⁾, considerando o desempenho de frangos de corte regular médio. As dietas, com milho e farelo de soja e milho e farelo de soja e farinha de carne e ossos tiveram a inclusão de 500 FTU de fitase (50g/t) levando em conta uma valorização de 0,15% de Fósforo disponível 0,15 de Cálcio e 50 kcal/kg de EM por parte da fitase. Nas Tabelas 1 e 2 estão a composição das rações experimentais.

Tabela 2 Composição das rações experimentais para a fase de 1 a 21 dias.

Ingredientes / Tratamentos	Inicial de 01 a 21 dias de idade					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Milho	54,97	54,97	54,97	56,04	56,04	56,04
Farelo de soja	39,70	39,78	39,70	36,84	36,84	36,84
Óleo de soja	1,79	1,79	1,79	1,15	1,15	1,15
Calcário	1,00	1,00	1,00	0,46	0,46	0,46
Fosfato bicálcico	0,98	0,98	0,98	---	---	---
Sal comum	0,51	0,51	0,51	0,54	0,54	0,54
DL-metionina, 99%	0,31	0,31	0,31	0,32	0,32	0,32
Lisina HCl, 76%	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
L-treonina, 98%	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Suplemento vitamínico ²	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Suplemento mineral ¹	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
Cloreto de colina, 60%	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Salinomicina,	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Antioxidante (BHT)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Fitase Comercial	0,005	0,010	0,015	0,005	0,010	0,010
Farinha de carne e ossos 43%	---	---	---	4,000	4,000	4,00
Total	100	100	100	100	100	100
Ener.metabolizavel,kcal/kg	305	305	305	305	305	305
Proteína Bruta%	23,12	23,12	23,12	23,62	23,62	23,62
Cálcio %	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93
Fósforo disponível %	0,44	0,44	0,44	0,47	0,47	0,47
Sódio %	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
Arginina digestível %	1,43	1,43	1,43	1,46	1,46	1,46
Glicina + Serina digestível %	1,85	1,85	1,85	2,05	2,05	2,05
Isoleucina digestível %	0,90	0,90	0,90	0,88	0,88	0,88
Lisina digestível %	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25	1,25
Met.+ cist. Digestível %	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92	0,92
Metionina digestível %	0,62	0,62	0,62	0,63	0,62	0,63
Treonina digestível %	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82	0,82
Triptofano digestível %	0,26	0,26	0,26	0,25	0,25	0,25
Valina digestível %	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96	0,96

¹Suplemento Vitamínico - Níveis de garantia por kg de ração: Vit. A - 9375 UI; Vit. D3 - 2375 UI; Vit E - 35 UI; Vit B1 - 2,50 mg; Vit B2 - 6,25 mg; Vit B6 - 3,5 mg; Vit B12 - 0,015 mg; Ácido nicotínico - 37,5 mg; Ác. Pantotênico - 12,5mg; Vit. K3 - 1,88mg; Ác. Fólico - 0,875mg; Biotina - 0,088 mg.

²Suplemento mineral - Níveis de garantia por kg de ração: Selênio - 0,375 mg; Manganês- 88 mg; Ferro -62,5 mg; Zinco - 81,3 mg; Cobre- 12,5 mg; Iodo- 1,25 mg. ³Anticoccidiano.

Tabela 3 Composição das rações experimentais para a fase de 22 a 42 dias.

Ingredientes / Tratamentos	Crescimento/terminação 21 a 42 dias de idade					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Milho	59,53	59,53	59,53	60,38	60,38	60,38
Farelo de soja	33,74	33,74	33,74	30,91	30,91	30,91
Óleo de soja	3,86	3,86	3,86	3,29	3,29	3,29
Calcário	0,80	0,80	0,80	0,62	0,62	0,62
Fosfato bicálcico	0,67	0,67	0,67	---	---	---
Sal comum	0,48	0,48	0,48	0,42	0,42	0,42
DL-metionina, 99%	0,27	0,27	0,27	0,28	0,28	0,28
Lisina HCL, 76%	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17	0,17
L-treonina, 98%	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
Suplemento vitamínico ²	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Suplemento mineral ¹	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Cloreto de colina 60%	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10	0,10
Salinomicina	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Amido	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Antioxidante (BHT)	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Fitase Comercial	0,005	0,010	0,015	0,005	0,010	0,015
Farinha de carne e ossos 43%	---	---	---	4,00	4,00	4,00
Total	100	100	100	100	100	100
Ener. Metabolizável, Kcal/kg	315	315	315	315	315	315
Proteína Bruta %	20,76	20,76	20,76	21,25	21,25	21,25
Cálcio %	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
Fósforo disponível %	0,37	0,37	0,37	0,46	0,46	0,46
Sódio %	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20	0,20
Arginina digestível %	1,26	1,26	1,26	1,29	1,29	1,29
Glicina + Serina digestível %	1,65	1,65	1,65	1,85	1,85	1,85
Isoleucina digestível %	0,79	0,79	0,79	0,78	0,78	0,78
Lisina digestível %	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12
Met.+ cist. Digestível %	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83
Metionina digestível %	0,55	0,55	0,55	0,56	0,56	0,56
Treonina digestível %	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74	0,74
Triptofano digestível %	0,23	0,23	0,23	0,22	0,22	0,22
Valina digestível %	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86	0,86

¹Suplemento Vitamínico - Níveis de garantia por kg de ração: Vit. A - 9375 UI; Vit. D3 - 2375 UI; Vit E - 35 UI; Vit B1 - 2,50 mg; Vit B2 - 6,25 mg; Vit B6 - 3,5 mg; Vit B12 - 0,015 mg; Ácido nicotínico - 37,5 mg; Ác. Pantotênico - 12,5mg; Vit. K3 - 1,88mg; Ác. Fólico - 0,875mg; Biotina - 0,088 mg.

²Suplemento mineral - Níveis de garantia por kg de ração: Selênio - 0,375 mg; Manganês- 88 mg; Ferro -62,5 mg; Zinco - 81,3 mg; Cobre- 12,5 mg; Iodo- 1,25 mg. ³Anticoccidiano.

2.3 Experimento de desempenho

No experimento de desempenho foram utilizados 1320 frangos de corte Cobb 500 machos de um dia de idade. As aves foram pesadas individualmente e distribuídos nos tratamentos para garantir que os animais tivessem pesos corporais médios semelhantes. Os

animais foram manuseados em galpões de alvenaria de 3m de altura com telhas de fibrocimento. Os parâmetros de desempenho avaliados foram o consumo de ração (CR, g/ave), o ganho de peso (GP, g/ave), e conversão alimentar (CA, kg/kg) aos 21 e aos 42 dias de idade e a viabilidade (VIAB, %). A mortalidade foi registrada diariamente para posterior correção do consumo de ração de acordo com Sakomura e Rostagno ⁽¹⁰⁾. A ração e a água foram fornecidas à vontade durante todo o período experimental. A cama dos frangos consistia de serragem nova.

2.4 Experimento de metabolismo

No experimento de metabolismo 216 frangos de corte Cobb machos foram distribuídos a partir de um delineamento inteiramente casualizado com seis tratamentos e 6 repetições com 6 aves por unidade experimental, alojados em gaiolas contendo bandejas forradas com plástico para a coleta total das excretas, criados no período de 14 a 23 dias. Cada gaiola foi equipada com comedouro e bebedouro tipo *Nipple*, com ração e água *ad libitum*. As aves foram inicialmente alimentadas com ração comercial à base de milho e farelo de soja por 13 dias e posteriormente introduzidas nas rações experimentais.

As excretas totais foram coletadas para determinar a energia metabolizável aparente (EMA) aparente corrigida para balanço de nitrogênio (EMAN). Após um período de adaptação de quatro dias (dias 14-18) as excretas foram coletadas duas vezes ao dia (às 8h e às 18h) por quatro dias consecutivos (dias 19-23). Ao final do período de coleta das excretas, as amostras foram descongeladas em temperatura ambiente e homogeneizadas, e as subamostras foram colocadas em recipientes plásticos e armazenadas em freezer a -18 °C até a análise.

Excretas e amostras de ração foram secas a 55°C em estufa de ventilação forçada por 72h. As amostras foram moídas em moinho com tela de 1mm. O teor de matéria seca (MS) foi determinado por secagem das amostras durante a noite em estufa de 105°C ⁽²¹⁾. O método de Kjeldahl foi usado para determinar o teor de nitrogênio nas amostras de excretas e de ração de acordo com o protocolo padrão ⁽²¹⁾. O nitrogênio

excretado (NE) foi calculado multiplicando-se a quantidade total excretada na MS pela porcentagem de nitrogênio nas excretas, também na MS. O mesmo método foi aplicado para o cálculo do nitrogênio consumido (NC).

A retenção de nitrogênio (NR) foi determinada como a quantidade de NC menos NE. O conteúdo bruto de energia foi medido com um adiabático C5001 bomba calorimétrica (IKA-Werke GmbH & Co.KG, Staufen, Alemanha). Os valores de EMAN foram calculados com base na análise de dietas e excretas de acordo com Sakomura e Rostagno ⁽¹⁰⁾.

2.5 Experimento de digestibilidade

Para a digestibilidade 252 frangos de corte machos Cobb 500 foram alojados em gaiolas e distribuídos em um delineamento inteiramente casualizado, com sete tratamentos, seis repetições e seis aves por unidade experimental. Para obter os coeficientes de digestibilidade ileal

padronizada (CSIDs) de aminoácidos, utilizou-se uma dieta isenta de proteínas para determinar a excreção endógena de aminoácidos (Tabela 3). As aves receberam a dieta experimental dos 16 aos 20 dias de idade. Celite® (Celite Corp., Lompoc, CA, EUA), uma fonte de cinzas insolúveis em ácido (AIA), foi adicionada a todas as dietas a 10 g kg⁻¹ como marcador indigestível, e as concentrações de AIA foram determinadas pelo método de Van Keulen e Young ⁽¹²⁾.

Após um período de adaptação de cinco dias, todas as aves foram mortas por deslocamento cervical e a cavidade abdominal foi aberta imediatamente para expor o trato digestivo. As aves tiveram a cavidade abdominal aberta para a retirada de todo o conteúdo intestinal que estiver a 40 cm da porção do íleo terminal, anterior à junção íleo-cecal.

As amostras ileais foram congeladas e armazenadas a -20°C até o processamento. Em seguida, foram liofilizadas por 72 h a -40°C em um liofilizador (LH 0401, Terroni, São Carlos, Brasil).

Análise da matéria seca das dietas e digesta ileal foi realizada para cálculos de digestibilidade. A análise laboratorial para determinar o teor de aminoácidos das dietas e excretas foi realizado pelo CBO - Análises Laboratoriais (Campinas, São Paulo, Brasil) usando HPLC (cromatografia líquida de alta eficiência). A digestibilidade dos aminoácidos foi calculada com base na análise de dietas e digesta ileal de acordo com Sakomura e Rostagno ⁽¹⁰⁾.

2.6 Estatística

Todos os dados foram submetidos a análise de variância (ANOVA). Para estimar o efeito dos fatores em estudo (níveis e fontes), bem como suas interações, as médias foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de significância. As análises foram realizadas pelo programa estatístico R v. 3.5.1 ⁽¹⁹⁾.

3. Resultados

3.1 Experimento de desempenho

Os resultados de consumo de ração (CR), de peso médio final (PM), de ganho de peso (GP) e de conversão alimentar (CA) de um a 21 e um a 42 dias de idade encontram-se nas Tabelas 3 e 4, respectivamente.

Não houve efeito ($P>0,05$) significativo para o consumo de ração e conversão alimentar na fase de 1 a 21 dias de idade entre os tratamentos. Entretanto, foi observado efeito da interação fitase x dieta para peso médio final diário e ganho de peso ($P<0,05$). As aves que receberam dietas formuladas com farinha de carne e ossos apresentaram melhor peso médio e ganho de peso quando suplementadas com 1000 FTU de fitase comparadas ao nível de 1500.

Tabela 3 Desempenho de frangos de corte de 1 a 21 dias recebendo as dietas experimentais.

Variáveis	Enzimas	Alimento			Probabilidade			CV %
		M.FJ	F.Carne e ossos	Médias	Dietas	Enzimas	E*D	
CR (kg/ave)	500	1,23	1,25	1,24				
	1000	1,25	1,26	1,25	0,34	0,27	0,87	6,52
	1500	1,27	1,30	1,28				
Média		1,25	1,27					
PM (kg/ave)	500	0,98B	1,02Aab	1,00				
	1000	1,00	1,03 ^a	1,01	0,10	0,34	0,01	3,18
	1500	1,01	0,99b	1,00				
Média		1,00	1,01					
GP (kg/ave)	500	0,94B	0,98Bab	0,96				
	1000	0,95	0,98 ^a	0,97	0,08	0,38	0,01	3,32
	1500	0,96	0,94b	0,95				
Média		0,95	0,97					
CA (kg/kg)	500	1,31	1,28	1,30				
	1000	1,30	1,27	1,29	0,91	0,20	0,21	7,74
	1500	1,31	1,38	1,34				
Média		1,31	1,31					

Cv = coeficiente de variação. Médias seguidas de letras diferentes, maiúsculas nas linhas e minúsculas nas colunas, diferem entre si pelo teste Tukey.

M.FJ = Milho e farelo de soja.

E*D = Efeito da interação enzima x dieta.

Não houve interação ($P > 0,05$) para as variáveis avaliadas, consumo de ração, ganho de peso médio, ganho de peso no desempenho dos animais de 1 a 42 dias de idade. Houve efeito significativo entre as dietas para conversão alimentar.

Tabela 4 Desempenho de frangos de corte de 1 a 42 dias recebendo as dietas experimentais.

Variáveis	Enzima	Alimento			Probabilidde			CV %
		M.FJ	F.Carne e ossos	Médias	Dietas	Enzima	E*D	
CR (kg/ave)	500	5,02	5,11	5,07				
	1000	4,96	5,07	5,02	0,23	0,55	0,91	5,14
	1500	5,09	5,13	5,11				
Média		5,02	5,10					
PM (kg/ave)	500	3,27	3,22	3,25				
	1000	3,32	3,26	3,29	0,07	0,23	0,64	2,91
	1500	3,30	3,29	3,29				
Média		3,30	3,25					
GP (kg/ave)	500	3,23	3,17	3,20				
	1000	3,27	3,21	3,24	0,08	0,25	0,65	2,96
	1500	3,25	3,24	3,24				
Média		3,25	3,20					

	500	1,55	1,61	1,54				
CA (kg/kg)	1000	1,51	1,58	1,57	0,03	0,36	0,66	5,17
	1500	1,56	1,58	1,58				
Média		1,54B	1,59B					

CV= coeficiente de variação. Médias seguidas de letras diferentes, maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas, diferem entre si pelo teste Tukey.

M.FJ = Milho e farelo de soja.

E*D = Efeito da interação enzima x dieta.

3.2 Experimento de metabolismo

Não houve efeito ($P>0,05$) significativo dos níveis de inclusão da EM para os valores de energia metabolizável aparente e energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio, (Tabela 5).

Tabela 5 Valores médios de energia metabolizável aparente (EMA) e energia metabolizável aparente corrigida por balanço de nitrogênio (EMAn).

Variáveis	Enzima	Alimento			Dieta	Probabilidde		
		M.FJ	F.Carne e ossos	Médias		Enzima	E*D	CV %
EMA	500	3264,83	3253,37	3259,09	0,18	0,06	0,61	2,78
	1000	3330,99	3301,62	3316,30				
	1500	3393,17	3309,59	3351,38				
Média		3329,66	3288,19					
EMAn	500	3089,41	3089,45	3089,43	0,25	0,05	0,46	2,59
	1000	3147,19	3132,00	3139,59				
	1500	3212,91	3134,46	3173,68				
Média		3149,83	3118,63					

CV= coeficiente de variação. Médias seguidas de letras diferentes, maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas, diferem entre si pelo teste Tukey.

M.FJ = Milho e farelo de soja.

E*D = Efeito da interação enzima x dieta.

3.3 Experimento de digestibilidade

Nas Tabelas 6 e 7 estão descritos os resultados da digestibilidade dos aminoácidos essenciais e não essenciais, metionina (Met), cistina (Cys), lisina (Lys), treonina (Thr), valina (Val), arginina (Arg), isoleucina (Ile), leucina (Leu), tirosina (Tyr), serina (Ser), prolina (Pro), fenilalanina (Phe), alanina (Ala), asparagina (Asp), glicina (Gly), histidina (His) e glutamina (Glu) a média do coeficiente de digestibilidade ileal aparente dos aminoácidos essenciais (CAE), não essenciais (CANE), aminoácidos totais (CAT), metionina + cistina (Met+Cist), fenilalanina + tirosina (Fen+Tir) e glicina + serina (Gli+Ser) das dietas experimentais.

Avaliando a digestibilidade ileal aparente e estandardizada dos aminoácidos essenciais e não essenciais sobre a inclusão de diferentes níveis de fitase e duas dietas, milho e farelo de soja e farinha de carne e ossos, observou-se uma maior digestibilidade dos

aminoácidos quando os animais consumiram rações com milho e farelo de soja e fitase a 500 FTU e 1000 FTU/kg.

A suplementação de 500 e 1000 FTU/kg de fitase apresentaram os melhores resultados quando os animais consumiram milho e farelo de soja para CAE, CAT e gli+ser e para CANE e Fen+Tir o nível de 1500 FTU foi estatisticamente igual ao de 500 FTU/kg (Tabelas 6 e 7).

Tabela 6 Coeficientes de digestibilidade ileal aparente dos aminoácidos essenciais (CAE), não essenciais (CANE), aminoácidos totais (CAT), metionina + cistina (Met+Cist), fenilalanina + tirosina (Fen+Tir) e glicina + serina (Gli+Ser) das dietas experimentais.

Variáveis	Alimento				Probabilidde			
	Enzima	M.FJ	F.Carne e ossos	Médias	Dietas	Enzima	E*D	CV %
CAE	500	85,94Aa	81,56B	83,75				
	1000	86,42Aa	83,03B	84,73	0,01	0,24	0,08	2,80
	1500	82,28b	83,92	83,10				
Média		84,88	82,84					
CANE	500	83,99Aab	79,85B	82,42				
	1000	84,51Aa	80,72B	82,61	0,02	0,26	0,41	3,49
	1500	80,00b	81,41	80,71				
Média		83,17	80,66					
CAT	500	84,92Aa	80,64B	82,78				
	1000	85,41Aa	81,79B	83,60	0,01	0,26	0,02	3,15
	1500	81,08b	82,57	81,83				
Média		83,80	81,6					
Met+cis	500	91,73	93,04	92,15A				
	1000	89,23	89,56	89,43AB	0,54	0,03	0,90	4,11
	1500	87,15	88,32	88,07B				
Média		89,51	90,26					
Fen+Tir	500	84,21Aab	80,00B	82,10				
	1000	85,00Aa	81,47B	83,24	0,03	0,23	0,01	3,24
	1500	80,44b	82,29	81,36				
Média		83,22	81,26					
Gli+Ser	500	78,59Aa	73,46B	76,03				
	1000	79,57Aa	74,36B	76,96	0,01	0,16	0,02	4,31
	1500	73,54b	75,20	74,37				
Média		77,23	74,34					

CV= coeficiente de variação. Médias seguidas de letras diferentes, maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas, diferem entre si pelo teste Tukey.

M.FJ = Milho e farelo de soja.

E*D = Efeito da interação enzima x dieta.

Tabela 7 Coeficientes de digestibilidade ileal estandardizada dos aminoácidos essenciais (CAE), não essenciais (CANE), aminoácidos totais (CAT), metionina + cistina (Met+Cist), fenilalanina + tirosina (Fen+Tir) e glicina + serina (Gli+Ser) das dietas experimentais.

Variáveis	Enzima	Alimento			Probabilidde			
		M.FJ	F.Carne e ossos	Médias	Dietas	Enzima	E*D	CV %
CAE	500	86,11Aa	81,73B	83,92				
	1000	86,58Aa	83,20B	84,89	0,01	0,24	0,008	2,79
	1500	82,45b	84,08	83,26				
Média		85,04	83,00					
CANE	500	84,14Aab	80,00B	82,07				
	1000	84,65Aa	80,86B	82,75	0,02	0,26	0,41	3,48
	1500	80,15b	81,55	80,85				
Média		82,98	80,80					
CAT	500	84,99Aa	80,72B	82,86				
	1000	85,495Aa	81,86B	83,68	0,01	0,26	0,02	3,14
	1500	81,166b	82,64	81,90				
Média		83,886	81,74					
Met+cis	500	94,263	95,20	94,50A				
	1000	91,765	91,72	91,78AB	0,75	0,03	0,90	4,00
	1500	89,68	90,49	90,42B				
Média		92,04	92,43					
Fen+Tir	500	86,44Aab	82,26B	84,35				
	1000	87,24Aa	83,73B	85,48	0,03	0,23	0,01	3,15
	1500	82,67b	84,54	83,61				
Média		85,45	83,51					
Gli+Ser	500	82,37Aa	76,78B	79,57				
	1000	83,35Aa	77,67B	80,51	0,004	0,16	0,02	4,12
	1500	77,32b	78,51	77,92				
Média		81,02	77,65					

CV= coeficiente de variação. Médias seguidas de letras diferentes, maiúscula nas linhas e minúsculas nas colunas, diferem entre si pelo teste Tukey.

M.FJ = Milho e farelo de soja.

E*D = Efeito da interação enzima x dieta.

4. Discussão

4.1 Experimento de desempenho

A suplementação de fitase objetiva disponibilizar o fósforo contido nas moléculas de ácido fítico, possibilitando a redução de inclusão de ingredientes que contenham esse mineral. Não só a disponibilização de fósforo, mas também outros nutrientes, pois o ácido fítico possui carga eletronegativa que em condições intestinais (pH e temperatura) é capaz de reduzir a solubilidade e a digestibilidade do Ca, Fe, Zn e proteína, levando a cascatas deletérias ⁽⁶⁾.

Altas doses de fitase não proporcionaram resultados positivos no desempenho dos animais, diferindo de Walters et al. ⁽⁷⁾ que ao suplementarem altas doses de fitase (≥ 1.500 FTU / kg), obtiveram melhorias adicionais no desempenho dos animais ao comparar-se com as taxas de inclusão normalmente feitas. A utilização de uma superdose de fitase não demonstra efeitos negativos no desempenho de crescimento, utilização de nutrientes, mineralização óssea e índices plasmáticos de frangos de corte alimentados com dietas contendo o nível de 2.000 FTU/kg ⁽¹³⁾.

Apesar dos benefícios expostos em vários trabalhos relacionados a utilização da sobredosagem de fitase, é necessário estar atento a alguns fatores essenciais, como concentração de fitato, a energia e a densidade de aminoácidos, a idade dos animais e o equilíbrio dos íons da dieta ⁽⁶⁾. A concentração de fitato relaciona-se a quantidade de substrato que a dieta fornece para que a enzima possa atuar, assim altas doses de fitase podem não ser benéficas quando não existe substrato suficiente.

Liu et al. ⁽¹⁴⁾ observaram que os animais tiveram uma piora na conversão alimentar (CA) e ganho de peso ao consumir dietas com farinha de carne e ossos na fase inicial. No entanto, foi observado, na fase final, melhora de 4,4% na conversão alimentar.

Na fase de 1 a 21 dias de idade Meneghetti et al. ⁽¹⁵⁾, estudando a suplementação de superdoses de fitase (1.500 até 10.000 FTU/kg), não encontraram diferença para consumo de ração e ganho de peso, mas teve piora na conversão alimentar (CA) para aves alimentadas com os níveis de 1.500, 3.000 e 6.000 FTU/kg de fitase, diferindo desse estudo que não encontrou diferença entre as variáveis ao suplementar superdoses. E na fase de 1 a 35 dias de idade encontrou uma melhora para a CA no nível de 1500 e 3.000 FTU/kg, diferindo desse trabalho onde as dietas suplementadas com fitase não influenciaram nenhuma das variáveis estudadas na fase de 1 a 42 dias de idade.

Na fase de 1 a 42 dias a suplementação de dietas a base de farinha de carne e ossos contendo fitase não afetou as variáveis estudadas. A potencialização da atividade de enzimas exógenas se dá pelo uso de estratégias, como a redução dos nutrientes da dieta, retirada de fontes de fósforo da dieta ⁽⁶⁾, no entanto, neste estudo não houve ausência nos tratamentos de fontes de fósforo, até o tratamento três era fornecido o fosfato bicálcico e nas demais a farinha de carne e ossos que é fonte de fósforo, o que poderia explicar os resultados não benéficos da superdose de fitase. Supõe-se que a interação entre a proteína da dieta e o fitato ocorre principalmente no intestino a uma faixa de pH abaixo do ponto isoelétrico da proteína, além do pH, depende também da concentração de fitato e proteína no meio ⁽⁶⁾.

Os resultados deste estudo sugerem que, na fase de 1 a 42 dias de idade, a suplementação de dietas contendo farinha de carne e ossos com fitase não afetou significativamente as variáveis de desempenho. A presença de fontes de fósforo na dieta, como fosfato bicálcico e farinha de carne e ossos, pode ter influenciado os resultados, não favorecendo os benefícios da superdosagem de fitase. Portanto, é importante ajustar a dieta e considerar a interação entre fitato e proteínas, além de outros fatores dietéticos, para otimizar a eficácia da fitase e garantir um desempenho adequado dos animais.

4.2 Experimento de metabolismo

Meneghetti et al. ⁽¹⁵⁾ não encontraram diferença nos valores de EMAn com a suplementação de superdoses de fitase em dietas para frangos de corte, o que se assemelha aos resultados encontrados neste estudo. Assim também, Litz et al. ⁽¹⁶⁾, ao suplementarem dietas contendo fitase (50g /t) e farinha de carne e ossos, não encontraram diferença entre os tratamentos nos valores de energia metabolizável aparente e energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio, resultados que são corroborados por este estudo.

A suplementação com fitase, mesmo em altas doses, em dietas contendo farinha de carne e ossos, e milho e farelo de soja não mostrou impacto nos valores de energia metabolizável aparente e energia metabolizável aparente corrigida para balanço de nitrogênio. Esses achados sugerem que a eficácia da fitase em melhorar a energia disponível na dieta pode ser limitada em certos contextos dietéticos, indicando a necessidade de uma avaliação cuidadosa das condições específicas de cada dieta para otimizar o uso dessa enzima.

4.3 Experimento de digestibilidade

Na ausência de enzimas para degradação do fitato o mesmo pode se complexar a proteínas e formar o complexo fitato-proteína. Além das proteínas o mesmo também pode se ligar a outros substratos e enzimas, ocasionando uma diminuição na ação dessas, bem como redução da digestão das proteínas e aumento das perdas endógenas de aminoácidos, e a utilização da enzima fitase consegue amenizar esses efeitos prejudiciais do fitato ⁽¹⁷⁾.

Superdoses de fitase não promoveram melhora do desempenho e digestibilidade dos nutrientes. Quando eficazes as superdoses possibilitam a redução de aminoácidos na dieta, levando a uma valorização dos nutrientes do milho e da soja, bem como maior digestibilidade e redução das perdas endógenas ⁽¹⁸⁾. A suplementação de fitase proporciona uma maior digestibilidade dos aminoácidos, o que pode estar ligada aos benefícios da ruptura do fitato e consequente liberação de nutrientes, ou também, em função de menores perdas de aminoácidos endógenos ⁽⁷⁾. Resultados semelhantes foram encontrados por Cowieson et al. ⁽²⁰⁾ no qual, o aumento da concentração de inclusão acima de 1000 FYT/kg não resultou em alterações adicionais na digestibilidade dos aminoácidos, tanto essenciais quanto não essenciais.

Em estudo realizado por Liu et al. ⁽¹⁴⁾ avaliando dietas contendo farinha de carne e ossos e fitase observaram que, a digestibilidade ileal da maioria dos aminoácidos não foi afetada pela adição de fitase. No entanto, a glicina que teve maior digestibilidade em dietas com adição de fitase e 60g/kg de farinha de carne e ossos. De forma oposta, neste estudo, embora tenha havido suplementação de fitase, a digestibilidade dos aminoácidos essenciais e não essenciais foram menores com a utilização da farinha de carne e ossos, quando comparado a dietas convencionais.

A ausência de enzimas específicas para a degradação do fitato resulta na formação de complexos fitato-proteína, além de se ligar a outros substratos e enzimas, prejudicando a digestão das proteínas e aumentando as perdas endógenas de aminoácidos. A utilização

de fitase é eficaz em mitigar esses efeitos negativos, melhorando a digestibilidade dos aminoácidos devido à quebra do fitato e à liberação de nutrientes. No entanto, doses excessivas de fitase não apresentam melhorias adicionais no desempenho e na digestibilidade dos nutrientes, embora possam reduzir a necessidade de aminoácidos na dieta e valorizar os nutrientes presentes no milho e na soja. Estudos indicam que a inclusão de fitase em dietas contendo farinha de carne e ossos pode não melhorar a digestibilidade de todos os aminoácidos, destacando a variabilidade dos efeitos da fitase dependendo da composição da dieta. Assim, a suplementação de fitase deve ser cuidadosamente ajustada para maximizar seus benefícios na nutrição animal.

5. Conclusão

Altas doses de fitase não promoveram melhora no desempenho e digestibilidade dos nutrientes, bem como nos valores de EMAn, com isso, sugere-se a suplementação de fitase a 500 FTU/kg. Dietas baseadas em milho e farelo de soja são mais eficientes em termos de digestibilidade de aminoácidos, tanto essenciais quanto não essenciais, especialmente quando suplementadas com fitase.

Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflitos de interesse.

Contribuições do autor

Curadoria de dados: Soares NS. Análise formal: Soares NS. Investigação: Soares NS, Salgado HR. Administração do projeto: Soares NS, Salgado HR, Albino LFT. Visualização: Soares NS, Salgado HR, Pinheiro SG, Ferreira TS. Redação – versão original: Soares NS. Redação – revisão e edição: Soares NS, Kaneko IN, Pinheiro SG, Ferreira TS. Supervisão: Salgado HR, Kaneko IN, Jacob RF, Albino LFT. Validação: Kaneko IN. Programas: Jacob RF. Recursos: Albino LFT. Aquisição de financiamento: Albino LFT.

Agradecimentos

Este estudo foi realizado com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CnpQ).

Referências

1. Costa FGP, Brandão PA, Brandão JS, Silva, JHV. Efeito da enzima fitase nas rações de frangos de corte, durante as fases pré-inicial e inicial. *Ciênc. Agrotec.* 2007; 31 (3): 865-870. doi: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542007000300037>.
2. Woyengo TA, Nyachoti CM. Review: Supplementation of phytase and carbohydrases to diets for poultry. *Can. J. Anim. Sci.* 2011; 91 (2): 177-192. doi: <https://doi.org/10.4141/cjas10081>.
3. Abreu MT, Fassani EJ, Silveira MMBM, Viveiros MP. Complexo enzimático à base de xilanase, β -glucanase e fitase em rações para poedeiras comerciais leves em pico de produção. *B. Indústr. Anim.* 2018; 75:17-24. doi: <https://doi.org/10.17523/bia.v75n1p17>.
4. Fernandes JIM, Horn D, Ronconi EJ, Buzim R, Lima FK, Pazdiora DA. Effects of phytase superdosing on digestibility and bone integrity of broilers. *J. Appl. Poult. Res.* 2019; 28:390-398. doi: <https://doi.org/10.3382/japr/pfz001>.
5. Franceschina CS, Pires PGS, Franceschi CH, Mendes JV. A utilização de fitase na dieta de poedeiras. *Nutritime Revista eletrônica.* 2016; 13 (1): 1983-9006.

6. Cowieson AJ, Nji FF. Phytate-free nutrition: A new paradigm in monogastric animal production. *Animal Feed Science and Technology*. 2016; 222: 180-189. doi: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.10.016>.
7. Walters HG, Coelho M, Coufal CD, Lee JT. Effects of Increasing Phytase Inclusion Levels on Broiler Performance, Nutrient Digestibility, and Bone Mineralization in Low-Phosphorus Diets. *Journal of Applied Poultry Research*. 2019; 28 (4): 1210-1225. doi: <https://doi.org/10.3382/japr/pfz087>.
8. Kies AK, Hemert KHV, Sauer WC. Effect of phytase on protein and amino acid digestibility and energy utilisation. *World's Poultry Science Journal*. 2007; 57: 109-116. doi: <https://doi.org/10.1079/WPS20010009>.
9. Selle PH, Cowieson AJ, Ravindran V. Consequences of calcium interactions with phytate and phytase for poultry and pigs. *Livestock Science*, 2009; 124 (1-3), 126-141. doi: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2009.01.006>.
10. Sakamura NK, Rostagno HS. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. 2ª ed., Jaboticabal:Funep; 2016. 262p.
11. Rostagno HS, Albino L FT, Hannas MI, Donzele JL, Sakomura NK, Perazzo FG, Saraiva A, Teixeira MV, Rodrigues PB, Oliveira RF, Barreto SLT, Brito CO. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais. 4a ed. Minas Gerais: Viçosa; 2017. p.488.
12. Van Keulen J, Young BA. Evaluation of acid-insoluble ash as natural marker in ruminant digestibility studies. *Journal of Animal Science*. 1977; (4): 282-287.
13. Babatunde OO, Cowieson AJ, Wilson JW, Adeola O. Influence of age and duration of feeding low-phosphorus diet on phytase efficacy in broiler chickens during the starter phase. *Poult. Sci.* 2019; 0:1-10. doi: <https://doi.org/10.3382/ps/pez390>.
14. Liu SY, Cowieson AJ, Selle PH. The influence of meat-and-bone meal and exogenous phytase on growth performance, bone mineralisation and digestibility coefficients of protein (N), amino acids and starch in broiler chickens. *Anim. Nutr.* 2016; 2(2): 86-92. doi: <https://doi.org/10.1016/j.aninu.2016.03.003>.
15. Meneghetti C, Bertechini AG, Rodrigues PB, Fassani EJ, Brito JAG, Reis MP, Garcia Jr AAP. Altos níveis de fitase em rações para frangos de corte. *Arq. Bras. Med. Vet. Zootec.* 2011; 63 (3): 624-632.
16. Litz FH, Fernaandes EA, Bueno JPR, Silva MCA, Carolino ACXG, MARTINS JMS, Fagundes NS, Nascimento JR, DV. Digestibility, Determination of Metabolizable Energy and Bone Mineralization of Broilers Fed with Nutritionally Valued Phytase. *Brazilian Journal of Poultry Science*. 2017; 19. doi: <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2016-0325>.
17. Pereira AA, Junqueira OM, Alva JCR, Sgavioli S, Praes MFFM, Griep Júnior DN. Utilização de rações de poedeiras comerciais formuladas com fitase e níveis de proteína bruta sobre a excreção de fósforo, nitrogênio e cálcio. *Ars Veterinaria*. 2010; 26 (3): 178-183.
18. Siegert W, Zuber T, Sommerfeld V, Krieg J, Feuerstein D, Kurrle U, Rodehutschord M. Prececal amino acid digestibility and phytate degradation in broiler chickens when using different oilseed meals, phytase and protease supplements in the feed. *Poultry Science*. 2019; 1 (98): 5700-5713. <https://doi.org/10.3382/ps/pez355>
19. R Core Team (2018). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
20. Cowieson, AJ, Ruckebush JP, Sorbara JOB, Wilson JW, Guggenbuhl P, Ross FF. A systematic view on the effect of phytase on ileal amino acid digestibility in broilers. *Animal Feed Science and Technology*. 2017; 225: 182-194. doi: <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2017.01.008>
21. Detmann E, Souza MA, Valadares Filho, SC. et al. Métodos para análise de alimentos. Suprema: Visconde do Rio Branco. 2012. 214p.