



# Suplementação de fontes vegetais de fosfatidilcolina: efeito no desempenho e características de carcaça de frangos de corte

## Supplementation of plant phosphatidylcholine sources: effects on performance and carcass traits in broiler chickens

Romário Duarte Bernardes\*<sup>1</sup> , Samuel Oliveira Borges<sup>1</sup> , Tiago Goulart Petrolli<sup>2</sup> , Heloisa Pagnussatt<sup>1</sup>   
Larissa Pereira Castro<sup>1</sup> , João Victor de Souza Miranda<sup>1</sup> , Jean Kaique Valentin<sup>1</sup> , Kaique Moreira Gomes<sup>1</sup>   
Arele Arlindo Calderano<sup>1</sup> 

1 Universidade Federal de Viçosa (UFV), Viçosa, Minas Gerais, Brasil.

2 Universidade do Oeste de Santa Catarina (Unioeste), Xanxere, Santa Catarina, Brasil.

\*Autor correspondente: duarteromario040@gmail.com

**Resumo:** A colina é um nutriente importante para frangos de corte e desempenha vários papéis importantes em seu metabolismo. Nos últimos anos, tem-se observado um aumento na utilização de produtos derivados de plantas ricas em colina para atender as necessidades nutricionais das aves. Dada a sua relevância, o objetivo deste estudo foi avaliar o efeito da suplementação de duas fontes vegetais de fosfatidilcolina sobre o desempenho e as características de carcaça de frangos de corte. Mil e duzentos pintos de corte foram distribuídos em cinco tratamentos experimentais, sendo estes: Dieta basal (DB) – dieta sem suplementação com colina; DB + Biocholine (218, 197 e 143 mg/kg de dieta, respectivamente); DB + Biocholine DS1 (146, 131 e 96 mg/kg de dietas, respectivamente); DB + Biocholine DS2 (109, 98 e 72 mg/kg de dietas, respectivamente); DB + Biocholine DS3 (87, 79 e 57 mg/kg de dietas, respectivamente). Os cinco tratamentos experimentais foram compostos por doze repetições e vinte aves cada. Observou-se uma melhora significativa ( $P < 0,05$ ) na conversão alimentar dos animais suplementados com Biocholine e Biocholine DS na fase de 1 a 21 dias. Entretanto, nenhuma melhora foi observada nos demais parâmetros avaliados ( $P > 0,05$ ). Em conclusão, a suplementação de fontes vegetais de fosfatidilcolina melhora a conversão alimentar de frangos de corte de 1 a 21 dias de idade, entretanto não apresenta nenhum efeito sobre as características de carcaça dos animais.

**Palavras-chave:** ganho de peso; composição corporal; conversão alimentar

**Abstract:** Choline is an important nutrient for broiler chickens and plays several important roles in their metabolism. In recent years, there has been an observed increase in the utilization of plant-derived products rich in choline to meet the nutritional requirements of poultry. Given its relevance, the objective of this study was to evaluate the effect of supplementation with two vegetable sources of phosphatidylcholine on the performance and carcass characteristics of broiler chickens. Twelve hundred broiler chicks were distributed among five experimental treatments, as follows: Basal diet (BD)- diet without choline supplementation; BD +

Recebido: 13 de maio, 2024. Aceito: 30 de setembro. Publicado: 11 de novembro, 2024.

Biocholine (218, 197, and 143 mg/kg of diet, respectively); BD + Biocholine DS1 (146, 131, and 96 mg/kg of diets, respectively); BD + Biocholine DS2 (109, 98, and 72 mg/kg of diets, respectively); BD + Biocholine DS3 (87, 79, and 57 mg/kg of diets, respectively). The five experimental treatments were composed of twelve replications and twenty birds each. A significant improvement ( $P < 0.05$ ) in feed conversion was observed in animals supplemented with Biocholine and Biocholine DS during the 1 to 21-day phase. However, no improvement were noted in the other evaluated parameters ( $P > 0.05$ ). In conclusion, supplementation with plant sources of phosphatidylcholine improves feed conversion in broiler chickens from 1 to 21 days of age, however, it does not have any effect on the carcass characteristics of the animals.

**Keywords:** body composition; feed conversion; weight gain

## 1. Introdução

A colina é um nutriente que contribui para vários processos metabólicos, incluindo transporte lipídico, sinalização celular, integridade da membrana celular e biossíntese de compostos metilados <sup>(1,2,3)</sup>. Esse nutriente é essencial para a formação do osso endocondral, permitindo a proliferação adequada dos condrócitos, o alongamento ósseo e a prevenção de distúrbios nas patas, como a perose <sup>(4)</sup>. Além disso, a colina atua com a metionina como fator lipotrópico, melhorando a síntese de lipoproteínas e o transporte lipídico-colesterol, prevenindo a síndrome do fígado gorduroso <sup>(5,6,7)</sup>.

Na nutrição de aves, a necessidade desse nutriente é atendida através da utilização dietética de produtos ricos em colina. Alguns desses produtos são derivados de plantas selecionadas, que apresentam alto teor de colina esterificada, além de biodisponibilidade. Segundo Gupta *et al.* <sup>(8)</sup>, algumas vantagens do uso da colina vegetal, como alternativa ao uso do cloreto de colina, incluem alta eficiência de absorção, baixa higroscopicidade, baixa conversão de colina em trimetilamina (TMA) e alto teor de fosfatidilinositol e fosfatidilcolina (PC).

Em pesquisas com frangos de corte, estimou-se que um produto de origem vegetal com 1,6% de PC apresenta bioequivalência de colina de 2.520 g/kg <sup>(9)</sup>. O presente estudo levantou a hipótese de que outra fonte vegetal com 3,2% de PC pode ser usada e tem pelo menos o dobro da bioequivalência de colina em dietas para frangos de corte. Portanto, objetivou-se avaliar os efeitos da suplementação dietética de duas fontes vegetais de PC sobre o desempenho e características de composição corporal de frangos de corte.

## 2. Material e métodos

Todos os procedimentos adotados no presente estudo foram previamente avaliados e aprovados pelo comitê de ética no uso de animais de produção (Protocolo de registro: 07/2022), e estavam de acordo com os princípios éticos de experimentação animal estabelecidos pelo Conselho Nacional de Controle de Experimentação Animal (CONCEA). Os experimentos foram realizados em Viçosa, Minas Gerais, Brasil (20°45'57,19" S, 42°51'35,42" W e 682 m de altitude).

### 2.1 Design experimental, dietas e animais

Foram utilizados pintos de corte machos (Cobb 500), com um dia de idade e peso inicial de  $46,1 \pm 3,82$  g. As aves foram distribuídas em um delineamento inteiramente casualizado com cinco

tratamentos, doze repetições e vinte aves por unidade experimental. O experimento durou 42 dias. Foram formuladas três dietas basais de milho/farelo de soja para atender às recomendações nutricionais dadas por Rostagno *et al.* <sup>(10)</sup> de acordo com as fases experimentais (1 a 7, 8 a 21 e 22 a 42 dias de idade), exceto para os níveis de colina (Tabela 1). Para a formulação das dietas basais foi considerada uma concentração de colina de 440 mg/kg no milho e 2559 mg/kg no farelo de soja <sup>(11)</sup>. Portanto, o nível total de colina nas dietas basais foi de 550, 496 e 361 mg/kg de colina, respectivamente.

**Tabela 1. Ingredientes e composição nutricional das dietas basais (DB)**

Ingredientes (%)	1-7 dias	8-21 dias	22-42 dias
Milho	48.112	50.468	59.943
Farelo de soja	43.730	41.102	31.685
Óleo de soja	3.919	4.545	5.042
Fosfato Bicálcico	1.898	1.679	1.323
Calcário	0.923	0.840	0.692
Sal	0.533	0.516	0.480
DL-Metionina	0.337	0.321	0.268
L-Lisina HCl	0.134	0.149	0.203
Premix Vitamínico <sup>b</sup>	0.150	0.130	0.120
Premix Mineral <sup>a</sup>	0.140	0.120	0.100
Salinomicina (12%)	0.055	0.055	0.055
L-Treonina	0.055	0.055	0.053
L-Valina	0.004	0.009	0.026
Antioxidante (BHT)	0.010	0.010	0.010
<b>Valores Calculados</b>			
Proteína Bruta, %	24.00	23.00	19.50
Energia Metabolizável, Kcal/kg	2,975	3,050	3,200
Cálcio, %	0.971	0.878	0.705
Fósforo Disponível, %	0.463	0.419	0.341
Lisina Digestível, %	1.307	1.256	1.077
Metionina Digestível, %	0.650	0.624	0.533
Met + Cis Digestível, %	0.967	0.929	0.797
Arginina Digestível, %	1.524	1.45	1.189
Isoleucina Digestível, %	0.942	0.898	0.743
Gli + Ser Digestível, %	1.940	1.854	1.549
Histidina Digestível, %	0.574	0.551	0.471
Treonina Digestível, %	0.863	0.829	0.711
Triptofano Digestível, %	0.278	0.265	0.217
Valina Digestível, %	1.006	0.967	0.829
Leucina Digestível, %	1.807	1.746	1.537
Colina, mg/kg	1,331	1,274	1,075

<sup>a</sup> Níveis de garantia/kg do produto - Mn: 58.36 g; Zn: 54.21 g; Fe: 41.68 g; Cu: 8.31g; I: 0.843g; Jf: 0.250 g. <sup>b</sup> Níveis de garantia/kg de produto - Vitamina A: 9,638,000 IU; Vitamina D3: 2,410,000 IU; Vitamina E: 36,100 IU; Vitamina B1: 2,590 mg; Vitamina B2: 6,450 mg; Vitamina B6: 3,610 mg; Vitamina B12: 15.9 mg; Vitamina K3: 1936 mg; Vitamina B5: 12.95 mg; Vitamina B3: 39.2 mg; Vitamina B9: 903.0 mg; Vitamina B7: 89.8 mg.

As fontes vegetais de PC testadas foram Biocholine e Biocholine DS (mínimo 1,6 e 3,2% PC, respectivamente, Nutriquest, Brasil). Os tratamentos experimentais consistiram de Dietas Basais (DB) - dieta sem suplementação de colina; DB + Biocholine (218, 197 e 143 mg/kg de dieta, respectivamente); DB + Biocholine DS1 (146, 131 e 96 mg/kg de dieta, respectivamente); DB + Biocholine DS2 (109, 98 e 72 mg/kg de dieta, respectivamente); DB + Biocholine DS3 (87, 79 e 57 mg/kg de dieta, respectivamente). Os tratamentos experimentais estão ilustrados na tabela 2. Esses níveis de suplementação dos produtos consideraram a bioequivalência de colina de 2.520 mg/kg para Biocholine e 3.780, 5.040 e 6.300 mg/kg de Biocholine DS1, Biocholine DS2 e Biocholine DS3, respectivamente, e a recomendação de suplementação dada por <sup>(10)</sup> de 550, 496 e 361 mg de colina/kg de dieta, respectivamente. A adição dos produtos às rações experimentais foi feita de forma *on-top*.

**Tabela 2.** Descrição dos tratamentos experimentais

Fases	Fontes de Colina	Tratamentos Experimentais				
		DB	DB + Biocholine	DB + Biocholine DS1	DB + Biocholine DS2	DB + Biocholine DS3
1 a 7 dias	Biocholine (mg/kg)	0	218	0	0	0
	Biocholine DS (mg/kg)	0	0	146	109	87
8 a 21 dias	Biocholine (mg/kg)	0	197	0	0	0
	Biocholine DS (mg/kg)	0	0	131	98	79
22 a 42 dias	Biocholine (mg/kg)	0	143	0	0	0
	Biocholine DS (mg/kg)	0	0	96	72	57

*Biocholine DS1= Nível 1 suplementação com Biocholine DS; Biocholine DS2= Nível 2 de suplementação com Biocholine DS; Biocholine DS3= Nível 3 de suplementação com Biocholine DS.*

Durante a pesquisa foi adotado um programa de luz de 24 horas de 1 a 14 dias e depois 18 horas de luz até o final do experimento. Além disso, a ração e a água foram fornecidas à vontade durante todo o período experimental.

## 2.2 Parâmetros avaliados

### 2.2.1 Desempenho

As aves foram pesadas aos 7, 21 e 42 dias de idade para avaliação dos parâmetros de desempenho. Foram medidos o consumo de ração (CR), o ganho de peso (GP) e a taxa de conversão alimentar (TCA). As mortalidades foram registradas diariamente ao longo do estudo para correções nos parâmetros de desempenho. A diferença entre o peso final e

o peso inicial determinou o GP. O CR foi calculado como a diferença entre toda a ração fornecida nos períodos avaliados e as sobras de ração nos comedouros ao final de cada período. Por fim, a TCA foi calculada como a razão entre CR e GP.

### 2.2.2 Rendimento de carcaça

Aos 42 dias de idade, duas aves por unidade experimental foram abatidas por eletronarcolese para avaliar o rendimento de carcaça (RC, %), o rendimento de partes (%) e o peso relativo de alguns órgãos. O RC foi determinado pela relação entre o peso da carcaça sem vísceras, cabeça, pés e pescoço e o peso vivo antes do abate;  $\%RC = (\text{Peso carcaça} \times 100) / \text{Peso vivo}$ . A relação entre o peso da parte avaliada e o peso da carcaça sem vísceras, pés, cabeça e pescoço determinou o rendimento das partes;  $\%RPart = (\text{Peso da peça} \times 100) / \text{peso da carcaça}$ , sendo avaliado o rendimento de peito (RP, %) e rendimento de coxa mais sobrecoxa (RCS, %). O peso relativo dos órgãos foi determinado como a razão entre o peso do órgão e o peso da carcaça sem vísceras, pés, cabeça e pescoço;  $\text{Peso relativo} = (\text{Peso do órgão} \times 100) / \text{peso da carcaça}$ . Foram avaliados o peso relativo do fígado (PRF) e a gordura abdominal (GA).

### 2.2.3 Composição corporal

A composição corporal das aves foi estimada por Absorciometria de Raios X de Dupla Energia (DXA). Aos 42 dias de idade, foi escolhida uma ave com peso mais próximo do peso médio de cada unidade experimental e abatida por deslocamento cervical. Os valores estimados de tecido adiposo e tecido magro foram utilizados para determinar o percentual de tecido adiposo e tecido magro de acordo com as equações propostas por Schallier *et al.* <sup>(12)</sup>:

1: Porcentagem total de gordura corporal =  $-1.288 + 0.806 \times \text{Porcentagem de gordura (DXA)}$ .

2: Porcentagem do tecido magro total =  $19.95 + 0.805 \times \text{Porcentagem magra (DXA)}$ .

### 2.3 Análise estatística

Os dados foram analisados via ANOVA unidirecional utilizando o procedimento GLM do SAS (Statistical Analysis System, versão 9.4). Além disso, foi realizada uma comparação entre as médias dos tratamentos por meio do teste de Tukey. Foi aplicado um nível de significância de 0,05.

## 3. Resultados e discussão

Não houve efeito dos tratamentos sobre o CR e GP das aves em nenhuma das fases estudadas ( $P > 0,05$ ; Tabela 3). Entretanto, houve efeito dos tratamentos na TCA de 1 a 21 dias de idade, sendo que as aves da dieta basal apresentaram a pior TCA em relação aos demais tratamentos ( $P < 0,05$ ).

**Tabela 3.** Resultados de desempenho observados nas fases de 1 a 7, 1 a 21, e 1 a 42 dias de idade.

Variáveis	DB	DB + Biocholine	DB + Biocholine DS1	DB + Biocholine DS2	DB + Biocholine DS3	EPM	P-valor
	Um a sete dias de idade						
CR (Kg/ave)	0.161	0.159	0.154	0.157	0.158	0.017	0.226
GP (Kg/ave)	0.146	0.149	0.145	0.148	0.147	0.016	0.554
TCA (Kg/ave)	1.100	1.07	1.06	1.06	1.07	0.04	0.153
Um a vinte e um dias de idade							
CR (Kg/ave)	1.305	1.288	1.283	1.292	1.279	0.033	0.499
GP (Kg/ave)	1.036	1.055	1.051	1.059	1.048	0.031	0.416
TCA (Kg/ave)	1.26 b	1.22 a	1.22 a	1.22 a	1.22 a	0.03	0.004
Um a quarenta e dois dias de idade							
CR (Kg/ave)	5.173	5.156	5.125	5.191	5.253	0.018	0.247
GP (Kg/ave)	3.410	3.430	3.386	3.440	3.440	0.014	0.722
TCA (Kg/ave)	1.52	1.50	1.51	1.51	1.53	0.06	0.665

CR: Consumo de ração; GP: Ganho de peso; TCA: Taxa de conversão alimentar; EPM: Erro padrão da média; Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem umas das outras pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância; Biocholine DS1= Nível 1 de suplementação com Biocholine DS; Biocholine DS2= Nível 2 de suplementação com Biocholine DS; Biocholine DS3= Nível 3 de suplementação com Biocholine DS.

Não houve efeito significativo dos tratamentos sobre o rendimento de carcaça e das partes, nem sobre os pesos relativos de gordura abdominal e fígado das aves aos 42 dias de idade. Além disso, não foram observados resultados positivos nos parâmetros de composição corporal com a suplementação de fontes de fosfatidilcolina ( $P > 0,05$ ; Tabela 4).

**Tabela 4.** Rendimento de carcaça, partes, pesos relativos de gordura abdominal e fígado, e composição corporal dos frangos aos 42 dias de idade.

Variáveis	DB	DB + Biocholine	DB + Biocholine DS1	DB + Biocholine DS2	DB + Biocholine DS3	EPM	P-valor
	Peso relativo dos órgãos aos 42 dias (%)						
PRF	1.64	1.69	1.68	1.62	1.66	0.02	0.657
GA	0.97	0.87	0.88	1.00	0.82	0.03	0.212
Rendimento de carcaça e partes aos 42 dias (%)							
RC	77.76	78.15	77.04	77.83	77.74	0.18	0.427
RP	30.47	30.80	30.12	30.22	30.28	0.16	0.704
RCS	21.26	21.03	21.12	20.83	21.39	0.12	0.599
Composição corporal aos 42 dias (%)							
Tecido gordo	10.02	9.63	9.96	9.85	9.94	0.18	0.970
Tecido magro	89.16	89.55	89.22	89.33	89.24	0.18	0.971

PRF: Peso relativo de fígado; GA: Gordura abdominal; RC: Rendimento de carcaça; RP: rendimento de peito; RCS: Rendimento de coxa e sobrecoxa; EPM: Erro padrão da média; Biocholine DS1= Nível 1 de suplementação com Biocholine DS; Biocholine DS2= Nível 2 de suplementação com Biocholine DS; Biocholine DS3= Nível 3 de suplementação com Biocholine DS.

O resultado encontrado para a taxa de conversão alimentar na fase de 1 a 21 dias está de acordo com o esperado, uma vez que a colina atua no metabolismo lipídico, promovendo melhor aproveitamento da energia alimentar<sup>(13,14)</sup> e conseqüentemente levando a melhores resultados de desempenho. Por outro lado, não foi observada melhora no CR e no GP em nenhuma das fases avaliadas. De acordo com Igwe et al.<sup>(1)</sup>, as aves jovens são mais

exigentes em colina, pois é um nutriente essencial para as funções metabólicas necessárias ao crescimento.

Ao contrário da pesquisa atual, Khose *et al.* <sup>(15)</sup> encontraram piora em todos os parâmetros de desempenho quando as dietas eram deficientes em colina; no entanto, suas dietas continham proporções menores de aminoácidos contendo enxofre, o que poderia explicar nosso resultado. Além disso, Khosravinia *et al.* <sup>(13)</sup> encontraram resultados positivos para o GP sem aumento significativo no CR. Eles argumentaram que o efeito lipotrópico da colina pode ter melhorado a utilização de energia na dieta e, conseqüentemente, promovido melhor GP.

Quanto às características da carcaça, esperava-se que animais alimentados com DB apresentassem maiores percentuais de gordura corporal, uma vez que a deficiência de colina pode causar deposição de gordura em órgãos como o fígado e outras partes da carcaça, por ser um nutriente essencial para o transporte lipídico <sup>(13)</sup>. Assim como os resultados para ganho de peso, a explicação para a falta de alterações na composição da carcaça pode ser atribuída à quantidade de aminoácidos sulfurados presentes na dieta, porém, mais estudos são necessários para corroborar nossos achados.

Pesquisas sobre o desempenho de frangos suplementados com colina apresentam resultados controversos, seja a fonte orgânica ou sintética. Estes resultados diferentes podem ser explicados pela ligação entre o metabolismo da colina e o dos aminoácidos sulfurados <sup>(9,5,16,17,18)</sup>. A suplementação não promove nenhum efeito quando os animais são alimentados com dietas com alto teor de aminoácidos sulfurados, uma vez que a metionina pode suprir parcialmente a deficiência de colina, principalmente em dietas ricas em milho e soja. Embora as dietas do presente estudo sejam deficientes em colina, por considerar apenas a colina do milho e do farelo de soja, elas são ricas em metionina + cistina. Isto pode explicar a falta de resultados positivos no GP e no CR.

Na pesquisa realizada por Lima *et al.* <sup>(11)</sup>, estimou-se a partir de equações de regressão quadrática que o nível de colina que otimiza o desempenho dos frangos foi de 1.276 e 1.010 mg/kg para as fases de 1 a 7 e 1 a 21 dias de idade, respectivamente. Como mencionado anteriormente, as dietas de milho e farelo de soja são muito ricas em colina e, embora tenham sido formuladas de acordo com Rostagno *et al.* <sup>(10)</sup>, os níveis de colina na dieta deficiente estão acima dos recomendados por Lima *et al.* <sup>(11)</sup>. Esses dados ajudam a explicar a falta de resultados nas pesquisas atuais e corroboram a hipótese de que a exigência de colina está desatualizada e necessita de mais estudos.

## 4. Conclusão

A suplementação com fontes vegetais de fosfatidilcolina melhora a conversão alimentar de frangos de corte entre 1 e 21 dias de idade. Com base nos resultados de desempenho até os 42 dias de idade, o produto Biocholine DS, que possui uma concentração de fosfatidilcolina duas vezes maior que a do Biocholine, pode ser utilizado com uma matriz de bioequivalência de 5.040 mg/kg em dietas à base de milho e farelo de soja para frangos de corte.

## Declaração de conflito de interesse

Os autores declaram não haver conflito de interesse.

## Contribuição dos autores

*Conceituação:* A. A. Calderano e R. D. Bernardes. *Curadoria de dados:* R.D. Bernardes, A.A. Calderano, T. G. Petrolli e K.M. Gomes. *Análise formal:* A. A. Calderano e S. O. Borges. *Investigação:* R. D. Bernardes, H. Pagnussatt, J. V. S. Miranda e L. P. Castro. *Redação (rascunho original):* R. D. Bernardes. *Redação (revisão e edição):* A. A. Calderano e J.K. Valentin.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à Nutriquest Nutrição Animal pelo apoio financeiro para a realização deste trabalho e ao CNPq pela concessão de bolsa ao primeiro autor.

## Referências

1. Igwe IR, Okonkwo CJ, Uzoukwu UG, Onyenegecha CO. The effect of choline chloride on the performance of broiler chickens. *Annual Research & Review in Biology*. 2015; 8(3):1-8. Disponível em: <https://doi.org/10.9734/ARRB/2015/19372>
2. Gregg CR, Tejada OJ, Spencer LF, Calderon AJ, Bourassa DV, Starkey JD, Starkey CW. Effect of dietary choline chloride supplementation on growth performance and carcass characteristics of broiler chickens reared to 32 days of age. *Poultry*. 2022a; 1(2):66-73. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/poultry1020007>
3. Calderano AA, Nunes RV, Rodrigueiro RJB, César RA. Replacement of choline chloride by a vegetal source of choline in diets for broilers. *Ciência Animal Brasileira*. 2015; 16(1):37-44. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1089-6891v16i127404>
4. Santiago GS, Vieira SL, Stefanello C, Simões CT, Kindlein L, Maria DD, Ibaíro P. Dietary choline affects field performance and broiler leg deviations. *Livestock Science*. 2020; 240. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.livsci.2020.104127>
5. Santana MHM, Costa FGP, Ludke JV, Figueiredo Júnior JP. Interações nutricionais entre aminoácidos sulfurosos, colina e betaína para aves. *Archivos de zootecnia*. 2014; 63:69-83. Disponível em: <https://doi.org/10.21071/az.v63i241.591>
6. Mahmoudi M, Azarfar A, Khosravinia H. Partial replacement of dietary methionine with betaine and choline in heat-stressed broiler chickens. *The journal of poultry science*. 2017; 55(1):28-37. Disponível em: <https://doi.org/10.2141/jpsa.0170087>
7. Dazuk V, Boiago MM, Rosa G, Alba DF, Souza CF, Baldissera MD, Vedovatto M, Mendes RE, Santurio JM, Deolindo GL, da Silva AS. Vegetable biocholine as a hepatoprotectant in laying hens fed with diet contaminated with aflatoxin B1. *World Mycotoxin Journal*. 2021; 14(3): 367-377. Disponível em: <https://doi.org/10.3920/WMJ2020.2592>
8. Gupta M, Mondal T, Lokeshia E, Parthasarathi BC. 'Bio choline'- An alternative to synthetic choline in broiler production. *International journal of livestock research*. 2019; 9(4):1-9. Disponível em: <https://doi.org/10.5455/ijlr.20181015063058>
9. Farina G, Kessler AM, Ebling PD, Marx FR, César R, Ribeiro AML. Performance of broilers fed different dietary choline sources and levels. *Ciência Animal Brasileira*. 2017; 18:1-14. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1089-6891v18e-37633>
10. Rostagno HS, Albino LFT, Hannas MI, Donzele JL, Sakomura NK, Perazzo FG, Saraiva A, Teixeira ML, Rodrigues PB, Oliveira RF, Barreto SLT, Brito CO. *Brazilian tables for poultry and swine: composition of feedstuffs and nutritional requirements*. Viçosa, MG: UF, Animal Science Department. 2017; 4th ed.
11. Lima MB, Silva EP, Pereira R, Romano GG, Freitas LW, Dias CTS, Menten JFM. Estimate of choline nutritional requirements for chicks from 1 to 21 days of age. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 2018; 102:780-788. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jpn.12881>

12. Schallier S, Li C, Lesuisse J, Janssens GPJ, Everaert N, Buyse J. Dual-Energy X-ray absorptiometry is a reliable non-invasive technique for determining whole body composition of chickens. *Poultry Science*. 2019; 98:2652-2661. Disponível em: <https://doi.org/10.3382/ps/pez013>
13. Khosravinia H, Chethen PS, Umakantha B, Nourmohammadi R. Effects of lipotropic products on productive performance, liver lipid and enzymes activity in broiler chickens. *Poultry science jornal*. 2015; 3(2):113-120. Disponível em: <https://doi.org/10.22069/PSJ.2015.2648>
14. Jahanian R, Ashnagar M, Salimi M. Effects of dietary supplementation of choline and carnitine on growth performance, meat oxidative stability and carcass composition of broiler chickens fed diets with different metabolizable energy levels. *British Poultry Science*. 2018; 59(4):470-476. Disponível em: <https://doi.org/10.1080/00071668.2018.1476677>
15. Khose KK, Manwar SJ, Gole MA, Ingole RS, Rathod PR. Efficacy of herbal choline as a replacement of synthetic choline chloride in diets on growth performance of broilers. *International journal of livestock research*. 2018; 8(10):313-322. Disponível em: <https://doi.org/10.5455/ijlr.20180402101714>
16. Pillai PB, Fanatico AC, Beers KW, Blair ME, Emmert JL. Homocysteine remethylation in young broilers fed varying levels of methionine, choline, and betaine. *Poultry Science*. 2006; 85(1):90-95. Disponível em: <https://doi.org/10.1093/ps/85.1.90>
17. Baker DH, Halpin KM, Czarnecki GL, Parsons CM. The choline-methionine interrelationship for growth of the chick. *Poultry Science*. 1982; 62:133-137. Disponível em: <https://doi.org/10.3382/ps.0620133>
18. Gregg CR, Tejeda OJ, Spencer LF, Calderon AJ, Bourassa DV, Starkey JD, Starkey CW. Impacts of increasing additions of choline chloride on growth performance and carcass characteristics of broiler chickens reared to 66 days of age. *Animals*. 2022b; 12(14):1808. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ani12141808>