

## Efeito da suplementação de betaína em dietas de frangos de corte em condições de termoneutralidade

Nilva K. Sakomura<sup>1</sup>, Nei A. A. Barbosa<sup>2</sup>, Edney P. da Silva<sup>2</sup>,  
Flavio A. Longo<sup>3</sup>, Iris M. Kawauchi<sup>2</sup> & João B. K. Fernandes<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, CEP 14884-900, Jaboticabal-SP, Brasil. E-mail: sakomura@fcav.unesp.br; edneysilva@oi.com.br; iris\_mayumi@yahoo.com.br; jbatista@caunesp.unesp.br

<sup>2</sup> Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane, s/n, CEP 14884-900, Jaboticabal-SP, Brasil. E-mail: neiandre@hotmail.com;

<sup>3</sup> Btech Tecnologias Agropecuárias e Comércio Ltda, Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento, Rua Dr Eraldo Aurélio Franzese, 222, Bairro Paiquere, CEP 13271-608, Valinhos-SP, Brasil. E-mail: flavio@btech.com.br

### RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito da inclusão de betaína em dietas sobre o desempenho e morfometria intestinal de frangos de corte, durante os períodos de 1 a 7 e 8 a 21 dias de idade. Foram utilizados 1.408 pintos de corte machos Cobb, distribuídos aleatoriamente em 4 tratamentos com 16 repetições de 22 aves, em quatro câmaras climáticas. Os tratamentos foram: i) controle positivo - dieta formulada de acordo com as exigências nutricionais da ave; ii) controle negativo - com redução nos níveis de metionina e colina; iii) controle negativo + suplementação de 0,092% de betaína em substituição parcial de metionina e total da colina iv) controle negativo + suplementação de 0,1% de betaína natural em substituição parcial de metionina e total da colina. O consumo de ração, o ganho de peso e a conversão alimentar foram avaliados aos sete e 21 dias de idade. Aos 25 dias avaliaram-se as variáveis altura e profundidade de cripta jejunal, em que os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância e teste de comparação de médias; já os resultados obtidos com a suplementação da betaína nas rações demonstraram efeitos positivos apenas no consumo de ração na fase de 1 a 7 dias e altura dos vilos da mucosa do jejuno na fase de 8 a 21 dias. A suplementação de 0,1% betafin (96% de betaína natural) na ração proporcionou melhorias nas características morfológicas do intestino delgado de frangos de corte.

**Palavras-chave:** aditivos, integridade intestinal, metionina

### *Effect of betaine supplementation in diets for broiler chickens on thermoneutral environment*

### ABSTRACT

The aim of this study was to evaluate the effect of inclusion of betaine in broiler diets on performance and intestinal morphology of broilers during periods 1 to 7 and 8 to 21 days old. Were used 1,408 Cobb male broiler, randomly assigned into 4 treatments with 16 replicates of 22 birds in environmental chambers. The treatments were: i) positive control – diet formulated according to the nutritional requirements of the birds; ii) negative control - with reduction levels of methionine and choline; iii) negative control + 0.092% supplementation of betaine in substitution of methionine and total choline; iv) negative control + 0.1% supplementation of natural betaine to replace partial methionine and total choline. Were evaluated feed intake, weight gain and feed conversion at 7 and 21 days old. At 25 days were evaluated crypt height and depth of jejunum. The results were analyzed by ANOVA and mean comparison test. The results obtained with the supplementation of betaine in the feed only demonstrated a positive effect on feed consumption during 1 to 7 days, and villous height of the jejunum in the period of 8 to 21 days. Supplementation of 0.1% betafin (96% natural betaine) in the diet provided significant improvements in the morphological characteristics of the small intestine of broilers.

**Key words:** additives, integrity of intestinal, methionine

## Introdução

A betaína ( $((\text{CH}_3)_3\text{N}^+\text{CH}_2\text{COO}^-)$ ) é um derivado metilado do aminoácido glicina, definido como um composto de amônio quaternário zwitteriônico (Yancey et al., 1982). Classificada como metilamônia, permite a doação do seu grupamento metil para a síntese de vários compostos fisiologicamente essenciais, tais como a metionina, carnitina, creatina, fosfolípidos, hormônios adrenais, ácido ribonucleico e ácido desoxirribonucleico (Frontiera et al., 1994).

Quantitativamente, a reação de metilação mais significativa em aves ocorre para a síntese de purinas que tem, como principal destino, a formação de moléculas de ácido úrico. Nesta reação para a formação de um mol de ácido úrico, cada nitrogênio da molécula, exige dois moles de grupamento metílicos, conforme Pestiet al. (1979).

Tal como outros animais, as aves também são intolerantes à hiper-homocisteinemia sendo que seus valores plasmáticos e urinários refletem a síntese celular (Neveset al., 2004). Desta forma, a remetilação da homocisteína (homocisteína +  $\text{CH}_3$ ---metionina) é uma reação imprescindível para a saúde animal. Esta etapa requer um aceptor metilado (Panizet al., 2005) que pode ser cedido pela betaína conferindo, a esta molécula, a capacidade de poupar metionina.

Deste modo, a betaína possibilita, como doadora de grupamentos metil na remetilação, que a metionina seja direcionada à síntese proteica poupando, assim, participação desse aminoácido na doação de grupos metil (Metzler-Zebeliet al., 2009).

Outro doador de grupamento metilado é a colina, vitamina essencial na transmissão de impulsos nervosos para as membranas celulares (Kidd, 1997). A demanda constante de grupos metilados conciliado à baixa concentração celular, faz com que ocorra a oxidação mitocondrial da colina à betaína (Remus, 2000). Deriva-se, deste fato que, adicionada às dietas, a betaína sintética pouparia indiretamente a colina na doação de grupos metílicos porém não em outros processos metabólicos vitais, segundo Menten et al. (1997).

Rações à base de milho e farelo de soja para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade, podem limitar a máxima expressão genotípica por serem limitadas em fornecimento de grupamentos metílicos, conforme os achados de Pesti et al. (1979). Esses autores observaram, também, que as aves foram mais responsivas à suplementação de betaína como fonte de grupamentos metil na dieta, dentre outros aditivos testados (DL-metionina, L-cistina,  $2(\text{CaSO}_4) \times \text{H}_2\text{O}$ , Colina e L-serina).

Com isto, o objetivo desta pesquisa foi avaliar o efeito da suplementação de betaína natural em rações com níveis reduzidos de metionina + cistina e colina sobre o desempenho zootécnico e a morfologia intestinal de frangos de corte criados em condições de termoneutralidade.

## Material e Métodos

O experimento foi realizado nas câmaras climáticas do Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias - UNESP, Campus de

Jaboticabal, SP, em cujo ensaio se utilizaram 1.408 pintainhos de corte, machos, com um dia de idade, da linhagem Cobb®.

Os pintos foram vacinados no incubatório contra as doenças de Marek e Bouba aviária e durante o período experimental adotou-se o seguinte programa de vacinação: 7º dia de idade contra Gumboro (cepa fraca) via ocular e no 14º dia de idade vacinação contra New Castle e Gumboro (cepa forte) via água de bebida, sendo utilizado leite em pó como veículo ( $2 \text{ g L}^{-1}$ ); no 3º dia de idade as aves foram vacinadas contra coccidiose, via água de bebida, sendo utilizado corante para observar a eficiência de vacinação; enfim, os bebedouros foram higienizados em dias alternados com o intuito de impor maior desafio ambiental às aves.

Diariamente, a temperatura e a umidade relativa, máxima e mínima foram registradas utilizando-se termohigrômetro digital. As leituras foram realizadas às 8 e às 20 horas. As máximas, mínimas e médias para temperatura foram de 32,53; 27,98 e 30,59 °C, respectivamente. Para a umidade relativa à máxima, mínima e média, foi de 60,01; 39,19 e 49,21%, respectivamente.

Os pintainhos foram distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado com quatro tratamentos e 16 repetições de 22 aves em cada unidade experimental. Os tratamentos experimentais foram: i) controle positivo (CP) ração, atendendo às recomendações de cada fase com suplementação de DL-metionina e cloreto de colina; ii) controle negativo (CN) ração com diminuição dos níveis de metionina e colina, com reduções de DL-metionina sem a suplementação de cloreto de colina; iii) CN +0,092% de betaína natural (BN) em substituição parcial a DL-metionina e total do cloreto de colina; iv) CN + 0,1% betaína natural (BN) em substituição parcial à DL-metionina e total do cloreto de colina.

A fonte de betaína natural (BN) utilizada foi a Betafin S1 (Danisco Animal Nutrition) com 96% de pureza. O tratamento 3, CN + 0,092% de BN, foi formulado conforme as recomendações do programa Betacheck® que consiste em um modelo econômico computacional (Danisco Animal Nutrition) que calcula a quantidade de metionina e de colina que pode ser substituída por Betafin S1 em dietas para frangos de corte. O referido programa considera, como variáveis de entrada idade, sexo, exigência aminoacídica, condições de manejo e desafio ambiental, tendo margem de segurança para aminoácidos sulfurados em função da variação na qualidade dos ingredientes.

O quarto tratamento (CN + 0,1% de BN) foi formulado a partir de compilados científicos de Universidades e de empresas privadas que realizam pesquisas baseadas nas recomendações do Betacheck®.

A ração do tratamento controle positivo foi formulada utilizando-se as recomendações de Rostagno et al. (2005) para composição dos alimentos e níveis nutricionais, salvo algumas adaptações de interesse para o ensaio; para obtenção dos demais tratamentos as recomendações de metionina + cistina e suplementação de colina não foram atendidas. Na fase de um a sete dias e de oito a 21 dias utilizou-se a relação metionina + cistina/lisina de 0,75 e 0,77 para o controle positivo, respectivamente; já para os demais tratamentos das respectivas fases foram utilizadas relações subótimas de 0,67 e 0,68, respectivamente.

As rações, à base de milho e farelo de soja, foram isentas de promotores de crescimento e anticoccidiano. A composição centesimal e os níveis calculados de nutrientes das rações para a fase pré-inicial (1 a 7 dias), inicial (8 a 21 dias de idade) são apresentados nas Tabelas 1 e 2, respectivamente.

**Tabela 1.** Composição centesimal e níveis calculados de nutrientes das dietas experimentais para a fase pré-inicial (1 a 7 dias)

Ingredientes %	CP	CN	CN+0,092% Betafin	CN+0,1% Betafin
Milho	52,366	52,366	52,366	52,366
Farelo de soja 45%	39,660	39,660	39,660	39,660
Óleo de soja	3,253	3,253	3,253	3,253
Fosfato bicálcico	1,853	1,853	1,853	1,853
Calcário	0,958	0,958	0,958	0,958
Sal comum	0,659	0,659	0,659	0,659
Inerte3	0,425	0,589	0,497	0,489
DL-Metionina 99%	0,368	0,266	0,266	0,266
L-Lisina 78%	0,246	0,246	0,246	0,246
Supl. vitamínico <sup>1</sup>	0,100	0,100	0,100	0,100
Cloreto de colina 60%	0,062	0,000	0,000	0,000
Supl. mineral <sup>2</sup>	0,050	0,050	0,050	0,050
Betafin S1 96%	0,000	0,000	0,092	0,100
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Níveis calculados				
Betaina adicionada, %	0,000	0,000	0,088	0,096
Colina total, mg kg <sup>-1</sup>	1,700	1,327	1,327	1,327
EMAn, kcal kg <sup>-1</sup>	2,950	2,950	2,950	2,950
PB, %	23,00	22,94	22,94	23,00
Lis dig, %	1,300	1,300	1,300	1,300
Met dig, %	0,679	0,579	0,579	0,579
Met+Cist dig, %	0,975	0,875	0,875	0,875
Ca, %	0,970	0,970	0,970	0,970
P disponível, %	0,460	0,460	0,460	0,460
Na, %	0,305	0,305	0,305	0,305

CP, controle positivo; PC, positivecontrol; CN, controle negativo; NC, negative control;

<sup>1</sup>Suplemento vitamínico pré-inicial (adição por quilograma do produto): ácido fólico 1000 mg, ácido pantotênico 15000 mg, antioxidante 0,5 g, niacina 40000 mg, selênio 300 mg, biotina 60 mg, vit B1 1800 mg, vit B12 12000 mg, vit B2 6000 mg, vit B6 2800 mg, vit D3 2000000 UI, vit E 15000 mg, vit K3 1800 mg. Inclusão do produto de 1kg<sup>-1</sup>. <sup>2</sup>Suplemento mineral (adição por quilograma do produto): manganês 150000 mg, zinco 100000 mg, ferro 100000 mg, cobre 16000 mg, iodo 1500 mg. Inclusão do produto de 0,5 kg<sup>-1</sup>. <sup>3</sup>Areia lavada \* Obtido a partir da concentração nos ingredientes, anunciada nas tabelas do NRC (1994).

Foram avaliados aos sete e 21 dias de idade, as características de desempenho, o consumo médio de ração (g ave<sup>-1</sup>), o peso médio da ave (g), o ganho de peso (g ave<sup>-1</sup>) e a conversão alimentar corrigida (g g<sup>-1</sup>). Para correção da conversão alimentar considerou-se a data de mortalidade, conforme os procedimentos descritos por Sakomura & Rostagno (2007).

A uniformidade das aves foi avaliada aos sete dias de idade pesando-as individualmente. Calculou-se o coeficiente de variação de cada parcela e, em seguida, cada CV foi transformado usando-se a fórmula

$$\arcsen\sqrt{CV}$$

Aos 25 dias de idade procedeu-se à avaliação da morfometria intestinal, em que uma ave de cada parcela foi sacrificada após 12 horas de jejum (esvaziamento do trato gastrointestinal). De cada ave foram extraídas amostras do segmento intestinal com aproximadamente 2 cm de comprimento.

Coletaram-se amostras do jejuno a partir da porção distal da alça do duodeno até o divertículo de Meckel. O segmento intestinal foi extirpado, aberto longitudinalmente e fixado imediatamente em solução de Bouin, por 24 horas; em seguida,

**Tabela 2.** Composição centesimal e níveis calculados de nutrientes das dietas experimentais para a fase inicial (8 a 21 dias)

Ingredientes	CP	CN	CN+0,092% Betafin	CN+0,1% Betafin
Milho	57,039	57,039	57,039	57,039
Farelo de soja 45%	34,491	34,491	34,491	34,491
Óleo de soja	3,932	3,932	3,932	3,932
Fosfato bicálcico	1,832	1,832	1,832	1,832
Calcário	0,907	0,907	0,907	0,907
Sal comum	0,612	0,612	0,612	0,612
Inerte3	0,425	0,594	0,498	0,494
DL-Metionina 99%	0,328	0,221	0,221	0,221
L-Lisina 78%	0,222	0,222	0,222	0,222
Supl. vitamínico <sup>1</sup>	0,100	0,100	0,100	0,100
Cloreto de colina 60%	0,062	0,000	0,000	0,000
Supl. mineral <sup>2</sup>	0,050	0,050	0,050	0,050
Betafin S1 96%	0,000	0,000	0,096	0,100
Total	100,00	100,00	100,00	100,00
Níveis calculados				
Betaina adicionada, %	0,000	0,000	0,088	0,096
Colina total, mg kg <sup>-1</sup>	1,600	1,229	1,229	1,229
EMAn, kcal kg <sup>-1</sup>	3,050	3,050	3,050	3,050
PB, %	21,000	20,937	20,937	20,937
Lis dig, %	1,160	1,160	1,160	1,160
Met dig, %	0,616	0,511	0,511	0,511
Met+Cist dig, %	0,893	0,788	0,788	0,788
Ca, %	0,930	0,930	0,930	0,930
P disponível, %	0,450	0,450	0,450	0,450
Na, %	0,283	0,283	0,283	0,283

CP, controle positivo; PC, positivecontrol; CN, controle negativo; NC, negative control;

<sup>1</sup>Suplemento vitamínico inicial com cada quilograma do produto contendo: ácido fólico 1000 mg, ácido pantotênico 15000 mg, antioxidante 0,5 g, niacina 40000 mg, selênio 300 mg, biotina 60 mg, vit B1 1800 mg, vit B12 12000 mg, vit B2 6000 mg, vit B6 2800 mg, vit D3 2000000 UI, vit E 15000 mg, vit K3 1800 mg. Inclusão do produto de 1 kg<sup>-1</sup>. <sup>2</sup>Suplemento mineral com cada quilograma do produto contendo: Manganês 150000 mg, Zinco 100000 mg, Ferro 100000 mg, Cobre 16000 mg, Iodo 1500 mg. Inclusão do produto de 0,5 kg<sup>-1</sup>. <sup>3</sup>Areia lavada. \* Obtido a partir da concentração nos ingredientes, anunciada nas tabelas do NRC (1994).

as amostras foram lavadas em álcool 70% para remoção do fixador e desidratadas em série crescente de alcoóis, diafanizadas em xilol e incluídas em parafina.

Cortes histológicos semiseriados de 5 µm de espessura foram avaliados, corados com hematoxilina e eosina, segundo metodologia de Behmer et al. (1976). As lâminas foram confeccionadas com Bálsamo do Canadá e posteriormente, fotografadas em lupa (LEICA DM 2500) com lente objetiva, com capacidade de aumento de 5x, com auxílio do programa LEICA QWin V3. Para a análise morfométrica da mucosa intestinal em microscopia de luz utilizou-se o programa Image J<sup>®</sup> (Rasband, 2004) sendo avaliadas altura de vilos e profundidade de cripta, além de realizadas 30 leituras de cada repetição/região intestinal/variável.

Os dados foram submetidos à análise das pressuposições de homocedasticidade de variância utilizando o teste de Brown-Forsythe e normalidade dos erros o teste de Cramer-von Mises; em seguida, realizou-se a análise de variância utilizando-se o procedimento GLM do SAS (2009); as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

## Resultados e Discussão

Houve diferença significativa em relação ao consumo de ração aos sete dias de idade (Tabela 3). As aves do CN e aquelas submetidas ao CN+0,1% BN apresentaram maior consumo em relação às aves submetidas aos demais tratamentos. No

controle negativo, ocorre redução em 10,2% de metionina + cistina e 21,9% de colina, reduzindo a inclusão de DL-metionina em 27,7% na dieta. Por outro lado, não foi possível detectar diferença significativa em relação ao peso médio, ganho de peso e conversão alimentar nem na uniformidade das aves aos 7 dias de idade.

**Tabela 3.** Médias de consumo de ração (CR), peso corporal (PM), ganho de peso (GP), conversão alimentar (CA) e uniformidade de aves (UNIF) na fase pré-inicial (1 a 7 dias de idade) alimentadas com as dietas experimentais

Tratamentos	CR	PM	GP	CA	UNIF
	kg			kg kg <sup>-1</sup>	%
Controle Positivo	0,117 b	0,147	0,104	1,123	8,647
Controle Negativo	0,122 a	0,151	0,107	1,135	8,835
CN + 0,092% Betafin	0,117 b	0,148	0,106	1,114	8,844
CN + 0,1% Betafin	0,122 a	0,150	0,107	1,144	9,315
Probabilidade	0,007	0,365	0,323	0,346	0,734
CV (%)	4,81	4,30	5,09	4,36	19,09

CN - controle negativo; P - valores associados ao teste F da análise de variância; CV - coeficiente de variação;

Previa-se resposta das aves mais definidas com a suplementação de betaína natural nas rações. Em outros estudos com esta molécula, atividade demonstrada em escala laboratorial foi reproduzida em estudos com humanos (Yancey et al., 1982).

Com animais, vários estudos foram realizados para avaliar a betaína como doadora de radicais metílicos. De modo geral, alguns estudos não conseguiram provar o efeito benéfico da suplementação da betaína sobre as variáveis de desempenho zootécnico, mesmo se aplicando níveis nutricionais subótimos e desafios ambientais (Rostagno & Pack, 1996; Schutte et al., 1997; Esteve-Garcia & Mack, 2000; Mcdevitt et al., 2000; Kermanshahi, 2001).

Na fase de 8 a 21 dias de idade não foi constatada diferença para as variáveis estudadas (Tabela 4). Durante este período as aves do CN, independente da inclusão de betaína, foram alimentadas com rações que apresentavam redução de 11,8% de metionina + cistina e 23,2% de colina, que significando uma redução de 32,6% na suplementação de DL-metionina, equivalente a 1,07 kg t<sup>-1</sup>; porém, isto não implicou em efeito sobre as características de desempenho avaliadas uma vez que as aves que receberam a dieta CN não diferiram daquelas do CP.

**Tabela 4.** Médias do consumo de ração (CR), peso corporal (PM), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) de frangos de corte na fase inicial (8 a 21 dias de idade), alimentados com as dietas experimentais

Tratamentos	CR	PM	GP	CA
	(kg)			
Controle Positivo	1,069	0,807	0,771	1,393
Controle Negativo	1,083	0,821	0,778	1,393
CN + 0,092% Betafin	1,065	0,813	0,768	1,392
CN + 0,1% Betafin	1,077	0,825	0,781	1,382
Probabilidade	0,380	0,730	0,856	0,953
CV (%)	2,81	5,86	5,94	4,81

CN - controle negativo; P - valores associados ao teste F da análise de variância; CV - coeficiente de variação

Para o milho grão a concentração de colina na literatura varia de 640 mg kg<sup>-1</sup> (NRC, 1994) a 219 mg kg<sup>-1</sup> (Zeisel et al., 2003); portanto, a variabilidade da concentração de doadores de radicais metílicos nos ingredientes pode ser

uma das causas na falta de reprodutibilidade dos resultados experimentais.

Miles et al. (1983) observaram efeitos benéficos com a suplementação conjunta de colina, sulfato e metionina, em rações suplementadas com vitamina B12. Tilman & Pesti (1986) não conseguiram reproduzir, em condições experimentais semelhantes, os resultados obtidos por Miles et al. (1983). Em outro experimento, Pesti et al. (1991) controlaram, além da vitamina B12, o ácido fólico, suplementando a ração basal com 2 ppm de ácido fólico e, desta forma, encontraram respostas.

Os doadores clássicos de grupamento metílicos metionina, betaína e colina interagem no metabolismo celular com o ácido fólico. Esta dependência foi bem demonstrada por Ryu et al. (1995a,b). Os experimentos conduzidos pelos referidos autores revelaram que a ausência da suplementação de metionina e colina restringe o desempenho máximo das aves em rações à base de milho e farelo de soja. A máxima resposta foi obtida com a suplementação de 1,45 mg kg<sup>-1</sup> de ácido fólico, concentração equivalente a 2,6 vezes maior que a exigência indicada pelo NRC (1994).

No ensaio de Ryu et al. (1995a) uma correlação entre ácido fólico e a colina pode ser visualizada de forma que, quando se fornecia maior nível de ácido fólico, era necessário menor concentração de colina para maximizar a resposta das aves. Em outro estudo Ryu et al. (1995b) observaram que a exigência de ácido fólico estava ligada à concentração de metionina da ração, de forma que a máxima resposta se verificou com a suplementação de 2,34 ppm de ácido fólico ou 2400 ppm de metionina. No entanto, os dados dos autores sugerem que em rações com alto nível de metionina a exigência de ácido fólico seja minimizada a 0,24 ppm, metade da recomendação do NRC (1994).

Deriva-se, dessas informações, que a ração formulada como controle negativo poderia não ser limitante em ácido fólico, principal metabólito exigido nas reações de transmetilação. A ração do grupo controle negativo continha 2660 ppm de metionina suplementar, concentração suficiente para atender à exigência de ácido fólico (0,24 ppm) segundo Ryu et al. (1995b). Isto explica, em parte, a similaridade das respostas obtidas para os controles positivo e negativo nas variáveis de desempenho zootécnico.

Assim, os diferentes ingredientes nas rações, apesar das pequenas concentrações de doadores de grupamento metílicos, apresentam certa contribuição tornando, portanto, um fator não controlado. Apesar de serem ignorados nas formulações, esses compostos desempenham sua função no metabolismo celular.

Não houve efeito dos tratamentos sobre a profundidade de cripta; por outro lado, a altura do vilo foi afetada pelos tratamentos aplicados. Observou-se que a suplementação de 0,1% ou 1 kg de betaína natural por tonelada de ração proporcionou maior altura de vilo; contudo, ambos os controles não diferiram entre os tratamentos estudados (Tabela 5).

Alguns estudos indicam que a suplementação de betaína pode auxiliar benéficamente o epitélio intestinal (Kettunen et al., 2001) sobretudo mantendo a integridade das vilosidades e promovendo melhora na digestibilidade e absorção dos nutrientes.

**Tabela 5.** Profundidade de cripta (PC) e altura de vilos (AV) do jejuno de frangos de corte aos 25 dias de idade

Tratamentos	Profundidade de cripta (mm)	Altura de vilos (mm)
Controle Positivo	0,348	1,057 AB
Controle Negativo	0,378	1,192 AB
CN + 0,092% Betafin	0,337	1,005 B
CN + 0,1% Betafin	0,358	1,215 A
Probabilidade	ns	*
CV (%)	17,23	17,87

P - valores associados ao teste F da análise de variância; Médias seguidas de mesmas letras, não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; \* p < 0,05; NS, não significativo.

Resultados mais expressivos em aves desafiadas podem ocorrer devido à destruição das vilosidades pelos patógenos realçando o efeito promovido pela betaina na mucosa intestinal. Mesmo sem desafios severos observou-se, neste ensaio que a suplementação de 0,10% de Betafin melhorou a altura dos vilos, característica que permite inferir que melhoras na capacidade digestiva-absortiva sejam alcançadas mas este não foi comprovado pelas variáveis de desempenho, sobretudo na conversão alimentar; deste modo, sugere-se que estudos futuros sejam realizados com maiores níveis de betaina que os utilizados nesta pesquisa.

Klasing et al. (2002) observaram, ao utilizar 0,10% de betaina na ração após 7 dias da inoculação com *Eimeria*, maiores vilosidades porém sem efeitos na profundidade de cripta; já Niang (2005) encontrou, trabalhando com diferentes níveis de betaina em dietas de frangos de corte, apenas diferenças nas características morfométricas após o desafio de coccidiose. A melhoria na altura das vilosidades foi verificada com as aves alimentadas com 0,1% de betaina.

## Conclusões

É possível reduzir a inclusão de DL-metionina e de cloreto de colina na ração com a suplementação de betaina.

## Literatura Citada

- Behmer, A. O.; Tolosa, E. M. C.; Freitas-Neto, A. G. Manual de técnicas para histologia e patológica. São Paulo: Edart, 1976. 256p.
- Esteve-Garcia, E.; Mack, S. The effect of DL-methionine and betaine on growth performance and carcass characteristics in broilers. *Animal Feed Science and Technology*, v.87, n.1, p.85-93, 2000. <[http://dx.doi.org/10.1016/S0377-8401\(00\)00174-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0377-8401(00)00174-7)>. 05 Oct. 2012. [http://dx.doi.org/10.1016/S0377-8401\(00\)00174-7](http://dx.doi.org/10.1016/S0377-8401(00)00174-7)
- Frontiera, M. S.; Stabler, S. P.; Kolhouse, J. F.; Allen, R. H. Regulation of methionine metabolism: Effects of nitrous oxide and excess dietary methionine. *Journal of Nutritional Biochemistry*, v.5, n.1, p.28-38, 1994. <[http://dx.doi.org/10.1016/0955-2863\(94\)90006-X](http://dx.doi.org/10.1016/0955-2863(94)90006-X)>. 10 Oct. 2012.
- Kermanshahi, H. Betaine replacement for DL-methionine in the performance and carcass characteristics of broiler chicks. *Journal of Agriculture Science and Technology*, v.3, n.4, p.273-279, 2001. <[http://jast.journals.modares.ac.ir/?\\_action=articleInfo&article=347](http://jast.journals.modares.ac.ir/?_action=articleInfo&article=347)>. 10 Oct. 2012.
- Kettunen, H.; Tiihonen, K.; Peuranen, S.; Saarinen, M. T.; Remus, J. C. Dietary betaine accumulates in the liver and intestinal tissue and stabilizes the intestinal epithelial structure in healthy and coccidia-infected broiler chicks. *Comparative Biochemistry and Physiology - Part A: Molecular & Integrative Physiology*, v.130, n.4, p.759-769, 2001. <[http://dx.doi.org/10.1016/S1095-6433\(01\)00410-X](http://dx.doi.org/10.1016/S1095-6433(01)00410-X)>. 10 Oct. 2012.
- Kidd, M. T.; Ferket, P. R.; Garlich, J. D. Nutritional and osmoregulatory functions of betaine. *World's Poultry Science Journal*, v.53, n.2, p.125-139, 1997. <<http://dx.doi.org/10.1079/WPS19970013>>. 10 Oct. 2012.
- Klasing K. C.; Adler, K. L.; Remus, J. C.; Calvert C. C. Dietary betaine increases intraepithelial lymphocytes in the duodenum of coccidia-infected chicks and increases functional properties of phagocytes. *The Journal of Nutrition*, v.132, n.8, p.2274-2282, 2002. <<http://jn.nutrition.org/content/132/8/2274.full.pdf+html>>. 10 Oct. 2012.
- Mcdevitt, R. M.; Mack, S.; Wallis, I. R. Can betaine partially replace or enhance the effect of methionine by improving broiler growth and carcass characteristics? *British Poultry Science*, v.41, n.4, p.473-480, 2000. <<http://dx.doi.org/10.1080/713654957>>. 10 Oct. 2012.
- Menten, J. F. M.; Pesti, G. M.; Bakalli, R. I. A new method for determining the availability of choline in soybean meal. *Poultry Science*, v.76, n.9, p.1292-1297, 1997. <<http://ps.fass.org/content/76/9/1292.full.pdf+html>>. 10 Oct. 2012.
- Metzler-Zebeli, B. U.; Eklund, M.; Mosenthin, R. Impact of osmoregulatory and methyl donor functions of betaine on intestinal health and performance in poultry. *World's Poultry Science Journal*, v.65, n.3, p.419-441, 2009. <<http://dx.doi.org/10.1017/S0043933909000300>>. 10 Oct. 2012.
- Miles, R. D.; Ruiz, N.; Harms, R. H. The interrelationships between methionine, choline and sulfate in broiler diets. *Poultry Science*, v.62, n.3, p.495-498, 1983. <<http://dx.doi.org/10.3382/ps.0620495>>. 10 Oct. 2012.
- National Research Council - NRC. Nutrient requirements of poultry. 9.ed. Washington, D.C.: National Academy of Science, 1994. 154p. <<http://www.nap.edu/openbook.php?isbn=0309048923>>. 10 Oct. 2012.
- Neves, L. B.; Macedo, D. M.; Lopes, A. C. Homocisteína. *Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial*, v.40, n.5, p.311-320, 2004. <<http://dx.doi.org/10.1590/S1676-24442004000500006>>. 10 Oct. 2012.
- Niang, T. M. S. Suplementação de betaina em rações de frangos de corte infectados experimentalmente com *Eimeria acervulina* (Tyzzer, 1929). Seropédica: Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 2005. 105p. Dissertação Mestrado.
- Paniz, C.; Grotto, D.; Schmitt, G. C.; Valentini, J.; Schott, K. L.; Pomblum, V. J.; Garcia, S. C. Fisiopatologia da deficiência de vitamina B<sub>12</sub> e seu diagnóstico laboratorial. *Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial*, v.41, n.5, p.323-34, 2005. <<http://dx.doi.org/10.1590/S1676-24442005000500007>>. 10 Oct. 2012.

- Pesti, G. M.; Rowland, G. N.; Ryu, K. S. Folate deficiency in chicks fed diets containing practical ingredients. *Poultry Science*, v.70, n.3, p.600-604, 1991. <<http://dx.doi.org/10.3382/ps.0700600>>. 10 Oct. 2012.
- Pesti, G. M.; Harper, A. E.; Sunde, M. L. Sulfur amino acid and methyl donor status of corn-soy diets fed to starting broiler chicks and turkey poultry's. *Poultry Science*, v.58, n.6, p.1541-1547, 1979. <<http://dx.doi.org/10.3382/ps.0581541>>. 10 Oct. 2012.
- Rasband, W. S. Image J. Bethesda, Maryland, USA: National Institutes of Health, 2004. <<http://rsb.info.nih.gov/ij/>>.
- Remus, J. C.; Quarles, C. L. The effect of betaine on lesion scores and tensile strength of coccidia-challenged broilers. *Poultry Science*, v.79 (suppl. 1), p.118, 2000.
- Rostagno, H. S.; Albino, L. F. T.; Donzele, J. L.; Gomes, P. C.; Oliveira, R. F.; Lopes, D. C.; Ferreira, A. S.; Barreto, S. L. Tabelas brasileiras para aves e suínos: "Composição de alimentos e exigências nutricionais". Viçosa: UFV, Departamento de Zootecnia, 2005. 186p. <<http://www.lisina.com.br/arquivos/Geral%20Portugu%C3%AAs.pdf>>. 10 Oct. 2012.
- Rostagno, H. S.; Pack, M. Can betaine replace supplemental dl-methionine in broiler diets?. *Journal of Applied Poultry Research*. v.5, n.2, p.150-154, 1996. <<http://japr.fass.org/content/5/2/150.full.pdf+html>>. 10 Oct. 2012.
- Ryu, K. S.; Pesti, G. M.; Roberson, K. D.; Edwards Jr., H. M.; Eitenmiller, R. R. The folic acid requirements of starting broiler chicks fed diets based on practical ingredients. 2. Interrelationships with dietary methionine. *Poultry Science*, v.74, n.9, p.1456-1462, 1995b. <<http://dx.doi.org/10.3382/ps.0741456>>. 10 Oct. 2012.
- Ryu, K. S.; Roberson, K. D.; Pesti, G. M.; Eitenmiller, R. R. The folic acid requirements of starting broiler chicks fed diets based on practical ingredients. 1. Interrelationships with dietary choline. *Poultry Science*, v.74, n.9, p.1447-1455, 1995a. <<http://dx.doi.org/10.3382/ps.0741447>>. 10 Oct. 2012.
- Sakomura, N. K.; Rostagno, H. S. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. Jaboticabal: Funep, 2007. 283p.
- SAS Institute. SAS/STAT: user's guide, version 8 ed. Cary, NC: SAS Institute, 2001. Cd Rom.
- Schutte, J. B.; Jong, J.; Smink, W.; Pack, M. Replacement value of betaine for DL-methionine in male broiler chicks. *Poultry Science*, v.76, n.2, p.321-325, 1997. <<http://ps.fass.org/content/76/2/321.full.pdf+html>>. 10 Oct. 2012.
- Tillman, P. B.; Pesti, G. M. The response of male broiler chicks to a corn-soy diet supplemented with Lmethionine, L-cystine, choline, sulfate, and vitamin B12. *Poultry Science*, v.65, n.9, p.1741-1748, 1986. <<http://dx.doi.org/10.3382/ps.0651741>>. 10 Oct. 2012.
- Yancey P. H.; Clark M. E.; Hand, S. C.; Bowlus, R. D.; Somero, G. N. Living with water stress: evolution of osmolyte systems. *Science*, v.217, n.4566, p.1214-22, 1982. <<http://dx.doi.org/10.1126/science.7112124>>. 10 Oct. 2012.
- Zeisel, S. H.; Mar, M. H.; Howe, J. C.; Holden, J. M. Concentrations of choline-containing compounds and betaine in common foods. *The Journal of Nutrition*, v.133, n.5, p.1302-1307, 2003. <<http://jn.nutrition.org/content/133/5/1302.full.pdf+html>>. 10 Oct. 2012.