



Importância dos aminoácidos na nutrição de frangos de corte. Revisão de Literatura

Importance of amino acids in the nutrition of broilers. Literature Review

Renata Aparecida Martins¹, Andrey Sávio de Almeida Assunção¹

Revisão

Resumo: A evolução do melhoramento genético das linhagens de frangos de corte, permitiu ganhos expressivos no ganho de peso, rendimento de peito e conversão alimentar, tornando a avicultura industrial uma das cadeias produtivas mais competitivas do país. Considerando que a nutrição é responsável pela maior parcela dos custos de produção, a formulação de dietas balanceadas é de extrema importância para proporcionar máxima eficiência alimentar e melhor desempenho produtivo. O surgimento dos aminoácidos industriais a preços acessíveis, permitiu a elaboração de rações com base no conceito de proteína ideal, que tem como objetivo reduzir o teor de proteína bruta das rações e fornecer um perfil de aminoácidos que mais se aproxime as necessidades das aves, melhorando dessa forma, o aproveitamento dos nutrientes e diminuindo a excreção de nitrogênio dietético no ambiente. Tais efeitos, proporcionam maiores benefícios econômicos para os produtores e menor poluição ambiental. No entanto, para que os objetivos do conceito de proteína ideal sejam alcançados, é importante ter conhecimento preciso das exigências dos aminoácidos, atender a ordem de limitação dos mesmos, além de fornecer um balanço adequado entre os aminoácidos nutricionalmente essenciais e não essenciais. Sendo assim, o objetivo dessa revisão foi demonstrar a importância dos aminoácidos na formulação das dietas para frangos de corte, bem como uma abordagem dos aspectos gerais dos primeiros aminoácidos limitantes para aves, sendo eles a metionina e a lisina.

Palavras-chave: *Gallus gallus domesticus*, lisina, metionina, proteína ideal

Abstract: The evolution of the genetic improvement of broiler strains allowed significant gains in weight gain, breast yield and feed conversion, making the poultry industry one of the most competitive production chains in the country. Considering that nutrition is responsible for the largest portion of production costs, the formulation of balanced diets is of utmost importance to provide maximum food efficiency and better productive performance. The emergence of industrial amino acids at affordable prices, allowed the elaboration of rations based on the concept of ideal protein, which aims to reduce the crude protein content of rations and provide an amino acid profile that more closely meets the needs of poultry, thus improving nutrient utilization and decreasing the excretion of dietary nitrogen in the environment. These effects provide greater economic benefits to producers and less environmental pollution. However, in order for the objectives of the ideal protein concept to be achieved, it is important to have accurate knowledge of amino acid requirements, to meet the order of limitation, and to provide an adequate balance between nutritionally essential and non-essential amino acids. Therefore, the objective of this review was to demonstrate the importance of amino acids in the formulation of broiler diets, as well as an approach to the general aspects of the first limiting amino acids for birds, being methionine and lysine.

Keywords: *Gallus gallus domesticus*, lysine, methionine, ideal protein

Autor para correspondência: E-mail: renata.martins_02@hotmail.com

Recebido em 10.4.2018. Aceito em 30.12.2018

<http://dx.doi.org/10.5935/1981-2965.20180050>

¹Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados – UFGD – Dourados/MS – Brasil.

Introdução

Nos últimos anos, a avicultura industrial tem-se destacado pela alta produtividade de carne de frango, alcançada graças aos avanços observados em todos os fatores envolvidos com a produção, como o melhoramento genético, manejo, sanidade e nutrição, tornando-a um dos segmentos mais desenvolvidos do agronegócio brasileiro. Dentre estes fatores, a nutrição é a que possui o maior impacto na rentabilidade da atividade, uma vez que representa aproximadamente 70% do custo total de produção, onde a proteína destaca-se como um dos ingredientes mais onerosos que compõe as rações (CANCHERINI et al., 2005; TAVERNARI et al., 2014). Desta forma, a maximização do desempenho associada com a redução dos custos com alimentação, tem sido um dos principais objetivos do nutricionista animal.

As formulações de rações para as aves, sempre foram baseadas em um nível mínimo de proteína bruta, para garantir que as exigências de todos os aminoácidos essenciais fossem atendidas. No entanto, dietas formuladas com base no conceito de proteína bruta, resulta no desbalanceamento aminoacídico e no fornecimento de excesso de aminoácidos, o

que pode comprometer o desempenho das aves, além do gasto de energia adicional para excretar o nitrogênio residual na forma de ácido úrico e a consequente poluição ambiental (ALETOR et al., 2000; GOMIDE et al., 2007; GHAHRI et al., 2010).

Tendo em vista que as aves apresentam exigências nutricionais para aminoácidos essenciais e não para proteína bruta em si, atualmente, tem sido recomendada a elaboração de rações com base no conceito de proteína ideal. O conceito de proteína ideal é antigo e foi proposto por Mitchell (1964) citado por Costa et al. (2014), onde é definida como o balanço exato de aminoácidos capazes de atender sem excesso ou deficiência, os requerimentos de todos os aminoácidos necessários para a manutenção e máxima deposição proteica.

As vantagens da aplicação do conceito de proteína ideal, consiste em reduzir os custos com a formulação de ração, pois o equilíbrio perfeito entre os aminoácidos permite a redução sistemática do nível proteico da dieta, bem como a redução da quantidade de nitrogênio excretado no ambiente, visto que o objetivo é que todos os aminoácidos fornecidos sejam aproveitados pelo animal. Considerando que a proteína é o nutriente

que representa maior incremento calórico, a redução do teor proteico das rações mantendo-se os níveis ideais de aminoácidos, reduz o calor produzido durante o metabolismo dos nutrientes, auxiliando no conforto térmico em situações de estresse por calor (MUSHARAF & LATSHAW, 1999; CHALOVA et al., 2016).

O surgimento dos aminoácidos sintéticos produzidos em escala comercial, como a DL-metionina, L-lisina, L-treonina e L-triptofano, possibilitou a formulação das dietas com base no conceito de proteína ideal. Com a disponibilidade econômica desses aminoácidos industriais, a suplementação de metionina, lisina, treonina e triptofano, tem sido uma prática incorporada na rotina das fábricas de rações para aves (COSTA et al., 2014).

Na nutrição de monogástricos, propõe-se que cada aminoácido essencial, seja expresso em relação a porcentagem de um aminoácido referência, permitindo estimar rapidamente a exigência de todos os aminoácidos quando a exigência do aminoácido referência estiver estabelecida. Apesar da lisina ser o segundo aminoácido limitante para aves, ela é utilizada como aminoácido referência na formulação de rações, uma vez que é utilizada quase que exclusivamente para deposição proteica.

Além disso, sua análise laboratorial para determinação dos seus níveis nos ingredientes, rações e tecidos é relativamente simples e menos dispendiosa e sua suplementação é economicamente viável (EMMERT & BAKER, 1997; COSTA et al., 2001; MENDOZA et al., 2001). Desta forma, muitos trabalhos foram conduzidos afim de determinar as exigências dos frangos de corte em lisina, nas mais diversas fases e condições de produção, dado que as quantidades dos demais aminoácidos são determinadas com base na relação aminoácido/lisina.

Em razão dos benefícios apresentados pela redução do teor proteico nas rações com a suplementação de aminoácidos sintéticos, esta revisão teve como objetivo, demonstrar a importância dos aminoácidos na formulação das dietas para frangos de corte, bem como uma abordagem dos aspectos gerais dos primeiros aminoácidos limitantes para aves, sendo eles a metionina e a lisina.

Desenvolvimento

Aminoácidos

Os aminoácidos são unidades básicas que compõe as proteínas e apresentam em sua molécula um grupamento amino ($-NH_3$) e um grupamento carboxila ($-COOH$), ligados ao mesmo átomo de carbono (o carbono α) e

diferem entre si através de suas cadeias laterais ou grupamento R, que variam em estrutura, tamanho e carga elétrica (NELSON & COX, 2014).

Todos os aminoácidos apresentam o carbono α assimétrico (exceto a glicina), podendo existir dessa forma, pelo menos duas configurações estereoquímicas, a D e a L. Os L-aminoácidos são aqueles com o grupo α -amino projetado para a esquerda e os D-aminoácidos com este grupo direcionado para a direita. Apenas os aminoácidos com a configuração L são encontrados em proteínas (Nelson & Cox, 2014). Segundo Beitz (2006), a sequência de aminoácidos geneticamente controlada pelo DNA, determina as propriedades físicas, químicas e biológicas das proteínas. Com isso, o valor biológico da proteína de um alimento dependerá do seu perfil e digestibilidade de aminoácidos.

Na natureza existem mais de 700 aminoácidos, mas somente 20 destes são utilizados na síntese de proteínas. Ao contrário dos vegetais, as aves não conseguem sintetizar todos os aminoácidos que precisam. Diante disso, os aminoácidos podem ser classificados em essenciais e não essenciais. Os aminoácidos essenciais são aqueles não sintetizados ou sintetizados em quantidades ou velocidade inadequada as

necessidades metabólicas dos animais e por isso, precisam obrigatoriamente serem suplementados nas rações. Por outro lado, os aminoácidos não essenciais, são sintetizados pelo organismo em quantidades suficientes a partir da amônia e de esqueletos de carbono, não havendo a necessidade de serem adicionados na dieta (NELSON & COX, 2014; WU et al., 2014). Rutz et al. (2017) salientam que essa classificação é puramente dietética, tendo em vista que a nível metabólico, todos os aminoácidos são essenciais.

Ainda existe outros aminoácidos que podem ser classificados como condicionalmente essenciais. Isso quer dizer que, estes aminoácidos podem ser essenciais em determinadas condições, que vai depender da idade, do estado fisiológico (gestação, lactação e estresse térmico), do estado sanitário (infecções, queimaduras e lesões), da disponibilidade de substrato para conversão ou da capacidade absorptiva do animal (SILVA et al., 2014; WU et al., 2014).

Assim como nos mamíferos, as aves necessitam de 9 aminoácidos essenciais e mais um exigido pela espécie, a arginina (Tabela 1). A arginina precisa ser adicionada nas rações dos frangos, pois esses animais não possuem a enzima carbamoil-fosfato-sintetase, responsável

por catalisar a primeira reação do ciclo da ureia envolvendo a amônia e o CO₂, tornando o ciclo da ureia não funcional (D’MELLO, 2003; SILVA et al., 2014).

Os aminoácidos desempenham diversas funções essenciais nos animais, sendo fundamentais para manutenção, ou seja, renovação de tecidos (perdas

intestinais endógenas, perdas de epiderme, pelos, penas, escamas, síntese de outros compostos e ainda perdas urinárias no caso dos mamíferos) e para produção de proteína de elevado valor nutricional para alimentação humana (produção de carne, ovos, leite, etc.) (MOREIRA & POZZA, 2014).

Tabela 1. Classificação nutricional dos aminoácidos.

Essenciais	Exigidos/espécie	Condicionalmente essenciais	não essenciais
Metionina	Arginina (aves, gatos e peixes)	Cisteína/cistina	Glutamato
Lisina	Taurina (gatos)	Tirosina	Glutamina
Treonina		Arginina	Cistina
Triptofano		Prolina	Glicina
Valina			Serina
Fenilalanina			Alanina
Leucina			Aspartato
Isoleucina			Asparagina
Histidina			

Adaptado de D’Mello (2003)

Dessa forma, é extremamente importante fazer um balanceamento ideal dos aminoácidos essenciais e não essenciais, de modo que todos estejam presentes em quantidades adequadas no organismo para um ótimo desempenho. Caso um ou mais aminoácidos essenciais,

não estejam em quantidades suficientes na dieta, haverá comprometimento da síntese proteica e consequentemente do desempenho animal. Assim, os aminoácidos podem ser considerados como limitantes, quando estão presentes na ração em uma concentração inferior à exigida

pelos animais para desenvolverem seu potencial de produção (COSTA et al., 2014).

A composição dos ingredientes presentes nas rações e as exigências nutricionais, são fatores determinantes na ordem de limitação dos aminoácidos essenciais. No Brasil, as formulações de ração para frangos de corte, se baseiam principalmente em milho e farelo de soja como fontes de energia e proteína, respectivamente. No entanto devido a deficiência de alguns aminoácidos nesses ingredientes, a metionina torna-se o primeiro aminoácido limitante, seguido da lisina e posteriormente a treonina (Domingues, 2015). Para Tavernari (2010), na grande maioria das dietas práticas, a valina constitui o quarto aminoácido limitante para frangos de corte, enquanto que a isoleucina geralmente ocupa a quinta posição.

Com o avanço da biotecnologia aplicada a produção de aminoácidos sintéticos, foi possível suplementar as rações com os L-aminoácidos disponíveis necessários para a síntese proteica, atendendo dessa maneira, as exigências nutricionais dos frangos de corte para manutenção e produção. Os aminoácidos sintéticos proporcionam melhoria na eficiência produtiva, com redução do teor

de proteína bruta nas rações e consequentemente redução da poluição ambiental, devido ao melhor aproveitamento do nitrogênio dietético. Além disso, a menor inclusão de ingredientes proteicos como a soja, permite aumentar a inclusão de ingredientes energéticos, como o milho ou sorgo, diminuindo a quantidade de óleo a ser adicionado e consequentemente o custo da ração, principalmente em regiões que apresentam preços elevados de matérias-primas provenientes de oleaginosas (NOGUEIRA et al., 2014).

De acordo com Rigueira (2005), a partir do momento que se reduz o teor proteico das rações com a introdução dos aminoácidos industriais, o ajuste da relação ideal dos aminoácidos se torna cada vez mais importante. Em alguns casos, a redução da proteína bruta da dieta, podem causar deficiência dos aminoácidos essenciais, com consequente redução no desempenho produtivo dos frangos de corte (COSTA et al., 2014). Tal fato está relacionado com o déficit de nitrogênio para a síntese de aminoácidos não essenciais, fazendo com que ocorra a síntese de aminoácidos não essenciais a partir dos aminoácidos essenciais, o que reduz a concentração deste último, levando a limitação da síntese proteica e queda no

desempenho (D'MELLO, 2003).

Nesse contexto, Cole & Van Lunen (1994) sugeriram que para formular dietas com base na proteína ideal, seria necessário fornecer uma mistura balanceada com aminoácidos essenciais e com nitrogênio suficiente para a síntese dos aminoácidos não essenciais. Além dos aminoácidos essenciais, recomenda-se a formulação de dietas com um nível mínimo de aminoácidos não essenciais. A presença de quantidade adequadas de aminoácidos não essenciais na dieta reduz a necessidade de sintetizá-los a partir dos aminoácidos essenciais (NRC, 1994).

Além de considerar o balanço de aminoácidos essenciais e não essenciais, para obter melhores resultados produtivos, recomenda-se formular dietas com base em aminoácidos digestíveis. Segundo Tavernari (2010), a formulação de rações com base em aminoácidos totais, tem sido reavaliada em diversas pesquisas, uma vez que nem toda a fração aminoacídica é digerida e diferentes alimentos apresentam diferentes coeficientes de digestibilidade de proteína e aminoácidos, tornando estas dietas antieconômicas e poluentes devido ao menor aproveitamento do nitrogênio dietético. Para o autor, elaborar dietas com dados de aminoácidos digestíveis, principalmente com o uso de alimentos alternativos ou subprodutos de origem

animal, resultam em melhor desempenho das aves e maiores benefícios econômicos em relação a formulação com base em aminoácidos totais.

Portanto, o equilíbrio entre os aminoácidos essenciais e não essenciais é de suma importância na nutrição de frangos de corte e a sua suplementação através dos aminoácidos sintéticos deve respeitar a ordem de limitação, além de exigir o conhecimento preciso das exigências das aves, bem como a composição e digestibilidade dos aminoácidos presentes nas fontes proteicas das dietas, de modo que os objetivos do conceito de proteína ideal sejam atendidos.

Metionina+cistina

Entre os 20 aminoácidos proteicos existentes, a metionina e cisteína são os únicos aminoácidos que contém um átomo de enxofre em sua composição e por este motivo, são classificadas como aminoácidos sulfurados (LEWIS, 2003). A Metionina, cujo o nome é derivado do seu nome químico (2-amino-4-metilol ácido butírico) é considerada um aminoácido nutricionalmente essencial para todas as espécies animais (LEWIS, 2003; NRC, 2012). Já a cisteína é sintetizada a partir da metionina, sendo considerada um aminoácido não essencial, na condição de que a metionina está presente em quantidades suficientes para sua formação

(MOREIRA & POZZA, 2014). Por ser muito instável em soluções, a cisteína é facilmente oxidada em seu dímero, a cistina. Assim quando as proteínas são hidrolisadas, a cistina é produzida e por isto, o termo aminoácidos sulfurados normalmente são expressos em metionina+cistina (LEWIS, 2003).

A metionina é o primeiro aminoácido limitante para as aves, devido a alimentação ser baseada em milho e farelo de soja e também por esse aminoácido ser requerido em grandes quantidades para produção de penas (NETO, 2014; WEN et al., 2017). A metionina consiste em um aminoácido fundamental para deposição proteica, além de ser uma importante doadora de grupos metil (CH₃) necessários para síntese de colina, betaína, carnitina, poliaminas, epinefrina e melatonina no organismo (CORZO et al., 2006; TESSERAUD et al., 2011).

A metionina está relacionada com o metabolismo lipídico, estimulando o catabolismo oxidativo dos ácidos graxos por meio da síntese de carnitina, e também atua como precursora da glutathione, um importante antioxidante celular que protege as células contra o estresse oxidativo (CORZO et al., 2006; LI et al., 2007; BUNCHASAK, 2009; NUKREAW et al., 2011). Por outro lado, de todos os

aminoácidos, a cistina contribui substancialmente na síntese de colágeno e queratina, atuando na manutenção de penas (CORZO et al., 2005). Juntamente com a metionina, a cistina é essencial para a síntese de taurina, além promover a produção de anticorpos e respostas imunes mediadas por células em frangos de corte (SWAIN & JOHRI, 2000; WU & DAVIS, 2005; BROSNAN & BROSNAN, 2006).

As pesquisas realizadas com o objetivo de determinar a exigência de metionina+cistina ideal para frangos de corte em diferentes fases de produção, vem de longa data. Esse fato está relacionado com as mudanças das exigências dos frangos de corte ao longo dos anos, devido aos avanços produtivos das linhagens modernas que foi proporcionado pelo melhoramento genético, sendo necessário atualizações constantes nas exigências (TAVERNARI et al., 2014).

Albino et al. (1999), testando níveis de metionina+cistina em frangos de corte da linhagem Hubbard e Ross de ambos o sexo, verificaram que a exigência desses aminoácidos de 1 a 21 dias, foi de 0,886 e 0,896% para machos e fêmeas Hubbard, enquanto que para machos e fêmeas Ross foi de 0,890 e 0,868%, respectivamente. Já no período de 22 a 42 dias, as exigências diminuíram, sendo 0,795 e 0,802% para machos e fêmeas Hubbard, e 0,810 e

0,792% para machos e fêmeas Ross. Em contraste com o estudo anterior, Rodrigueiro et al. (2000), sugeriram a utilização de 0,896 e 0,856% de metionina+cistina total durante o período de 22 a 42 dias para machos e fêmeas, respectivamente. Na fase posterior (43 a 56 dias), as recomendações foram de 0,764 e 0,740% para machos e fêmeas, respectivamente.

Em um estudo, testando níveis de metionina+cistina digestíveis em frangos de corte machos da linhagem Hubbard, Barbosa et al. (2002) recomendaram o nível de 0,84% para no período de 1 a 21 dias. Trabalhando com frangos de corte machos Ross nos períodos de 22 a 42 e 43 a 49 dias, Júnior et al. (2005), observaram que no período de 22 a 42 dias, o nível de 0,823% de metionina+cistina total (0,739% de metionina+cistina digestível) promoveu o máximo desempenho e rendimento de peito. A partir desse período (43 a 49 dias), foi recomendado um nível de 0,727% de metionina+cistina total (0,655% de metionina+cistina digestível) para o máximo desempenho e menor deposição de gordura abdominal. Em frangos de corte fêmeas Ross, Júnior et al. (2006) estimaram a exigência de metionina+cistina de 0,96% nos períodos de 1 a 21 e 22 a 42 dias de idade.

Goulart et al. (2011), realizaram um experimento avaliando os níveis de metionina+cistina nas dietas de frangos de corte machos da linhagem Cobb, onde recomendaram os níveis de 0,873; 0,755; 0,748 e 0,661% de metionina+cistina para as fases pré-inicial (1 a 7 dias), inicial (8 a 21 dias), crescimento (22 a 35) e final (36 a 42). Estes níveis correspondem as relações de 71, 70, 76 e 72% de metionina+cistina digestível e lisina digestível.

Em um estudo mais recente, Tavernari et al. (2014), trabalhando com frangos de corte Cobb, encontraram a relação de metionina+cistina digestível e lisina digestível de 75,53 e 78,23% para a fase de 11 a 21 dias, e de 78,83% e 79,82% para a fase de 22 a 35 dias para machos e fêmeas respectivamente. Estas recomendações encontram-se acima dos valores estabelecidos no estudo citado anteriormente.

Nas Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos, Rostagno et al. (2011) recomendaram a relação de 72% de metionina+cistina (total e digestível) e lisina digestível para frangos de corte nas fases pré-inicial e inicial (1 a 21 dias), e de 73% para as fases de crescimento e final (22 a 56 dias). Na edição mais recente das Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos

(ROSTAGNO et al., 2017), estas recomendações foram atualizadas para a relação de 74% de metionina+cistina (total e digestível) e lisina, tanto nas fases pré-inicial e inicial quanto nas fases de crescimento e final.

Observa-se que existe variação considerável nas recomendações de metionina+cistina para frangos de corte. Estas variações estão associadas a diversos fatores que podem alterar as exigências nutricionais das aves, como a raça, linhagem, sexo, consumo de ração, nível energético da ração, disponibilidade de nutrientes, temperatura ambiente, umidade do ar e estado sanitário (Rostagno et al., 2017).

De acordo com os estudos apresentados, nota-se que as exigências de metionina+cistina diminui conforme o aumento da idade das aves. Segundo Costa et al. (2014), esta redução ocorre devido a menor taxa relativa de crescimento e do aumento do consumo de ração. Desta forma, torna-se importante realizar estudos com idades intermediárias, possibilitando assim maior conhecimento das necessidades nutricionais dos frangos de corte em fases específicas utilizadas pela indústria avícola (NETO, 2014).

Diante do exposto, pode-se afirmar que ao determinar as exigências tanto dos aminoácidos sulfurosos quanto as de outros

aminoácidos, é necessário levar em consideração todos os fatores e condições envolvidas durante o experimento, afim de se estimar valores confiáveis sem afetar o desempenho produtivo dos animais.

Lisina

A lisina (ácido 2,6 diamino-hexanóico) é considerada um aminoácido essencial para as aves, pois não é sintetizada pelo organismo em quantidades suficientes para atender as exigências destes animais. É classificada como o segundo aminoácido limitante para frangos de corte, alimentados com rações formuladas a base de milho e farelo de soja (DOZIER et al., 2010; SIQUEIRA et al., 2013).

Este aminoácido é utilizado quase que exclusivamente para a deposição de proteína corporal, sendo encontrado em maiores proporções no músculo do peito (*Pectoralis major*) de frangos de corte (TESSERAUD et al., 2001; COSTA et al., 2014). De acordo com Leclercq (1998), a exigência de lisina pode ser determinada de acordo com alguns critérios desejados, onde a exigência para ganho de peso é menor que para rendimento de peito, que por sua vez, é menor que a exigência para melhor conversão alimentar, sendo esta última menor que a exigência para redução da gordura abdominal. Com isso, a deficiência de lisina está associada ao

menor crescimento do músculo do peito, assim como valores acima do requerido pode favorecer um maior rendimento, nas quais as exigências de lisina tornam-se mais elevadas quando o rendimento de peito é priorizado em vez de ganho de peso (LECLERCQ, 1998; TESSERAUD et al., 2001; BERNAL et al., 2014).

A disponibilidade comercial da lisina em sua forma industrial e com preços economicamente acessíveis, estimulou a sua utilização em dietas com baixo teor de proteína bruta. Segundo Domingues (2015), os aminoácidos lisina e metionina+cistina sintéticos, podem ter seus níveis aumentados facilmente pela manipulação dos níveis nutricionais, desde que se respeite o equilíbrio ideal entre os aminoácidos, para não prejudicar o desempenho das aves.

De acordo com Rutz et al. (2017), caso a dieta apresente excesso de lisina, pode ocorrer a toxicidade deste aminoácido e o antagonismo com a arginina. Altas quantidade de lisina na ração aumenta a deficiência de arginina, devido as perdas urinárias causadas pela competição com a lisina para reabsorção tubular renal e o aumento da enzima arginase renal, que promove o catabolismo da arginina no organismo (D'mello, 2003; RUTZ et al., 2017).

Para que a utilização dos aminoácidos industriais surte efeitos positivos no crescimento do animal, é necessário se atentar ao conhecimento preciso das exigências da lisina digestível, uma vez que este aminoácido é utilizado como referência na determinação do perfil de proteína ideal, onde as quantidades de todos os outros aminoácidos, serão estabelecidas com base na relação aminoácido/lisina. Isto significa que qualquer erro na determinação da exigência de lisina, resultará em erros nas exigências de todos os outros aminoácidos e conseqüentemente, queda no desempenho e qualidade da carcaça (COSTA et al., 2014).

Vale ressaltar que ao determinar o requerimento de lisina para frangos de corte, deve-se levar em consideração todos os fatores que podem afetar a exigência deste aminoácido, como fatores nutricionais (nível de proteína, energia e presença de inibidores de proetase), fatores fisiológicos (estado sanitário, estresse térmico e idade) e fatores genéticos (sexo, capacidade de crescimento e deposição de carne magra) (BARKER et al., 2002).

As exigências de lisina para frangos de corte macho são maiores do que para as fêmeas, devido ao maior potencial de deposição proteica verificada nos machos,

principalmente na fase inicial (Barker, 2003). Quando o nível de lisina está abaixo da exigência da ave durante a fase inicial, o rendimento de carcaça e peito serão prejudicados, mesmo se a dieta apresentar os níveis adequados durante a fase de crescimento, resultando em um lote mais heterogêneo e desempenho prejudicado (KIDD & FANCHER, 2001).

Costa et al. (2001) testando seis níveis de lisina pura (0; 0,06; 0,12; 0,18; 0,24 e 0,30%) em frangos de corte da linhagem Ross, recomendaram para melhor ganho de peso e conversão alimentar, 1,183 e 1,129% de lisina digestível para machos e fêmeas respectivamente, na fase inicial (1 a 21 dias). Na fase final (22 a 40 dias), considerando as variáveis de desempenho e carcaça, os autores estimaram uma exigência de 1,044 e 1,023% de lisina digestível para machos e fêmeas, respectivamente.

Resultados semelhantes foram encontrados por Siqueira et al. (2013), onde os autores estimaram 1,361 e 1,187% de lisina digestível para frangos de corte machos da linhagem Cobb 500, nas fases pré-inicial (1 a 8 dias) e inicial (8 a 22 dias), respectivamente. Estes valores encontram-se abaixo dos encontrados por Bernal et al. (2014), em que foi recomendado na fase inicial (10 a 21 dias)

o nível de 1,22% de lisina digestível para frangos machos da mesma linhagem, para máximo desempenho.

Nos estudos citados anteriormente, as exigências de lisina diminuíram conforme o avanço da idade das aves. Tal fato pode estar relacionado, principalmente com o aumento do consumo de ração aliado com o desenvolvimento do trato gastrointestinal e mudanças fisiológicas nas rotas do metabolismo com o aumento da idade (Bertechini, 2006). Isto demonstra que os estudos conduzidos para determinar o requerimento da lisina em várias fases de produção de frangos de corte, são importantes por indicar os níveis ideais de lisina para cada fase, sem prejudicar o desempenho produtivo do animal, assim como reduzir a excreção de nitrogênio dietético em excesso para o ambiente.

Considerações finais

A utilização do conceito de proteína ideal na nutrição de frangos de corte, têm sido a ferramenta mais útil para a elaboração de rações com perfis de aminoácidos que mais se aproxime das exigências das aves, sendo extremamente eficaz na melhora do desempenho produtivo e no aspecto econômico. No entanto, ainda apresenta algumas limitações no que diz respeito a determinação das exigências dos

aminoácidos essenciais. Essas limitações podem ser devido à dificuldade de se controlar diversos fatores que interferem nas necessidades nutricionais dos animais, onde destacam-se sexo, linhagem, fase de produção, bem como a quantidade mínima de nitrogênio ou aminoácidos não essenciais na ração para evitar a deficiência dos essenciais.

Além disso, diferenças nas metodologias utilizadas em diversas pesquisas pode contribuir na variabilidade dos requerimentos recomendados na literatura científica. Dessa forma, ao formular dietas com base no conceito de proteína ideal, é necessário considerar todos os fatores que afetam as exigências de frangos de corte para estimar a exigência precisa dos aminoácidos requeridos pelos animais, tanto para manutenção como para produção.

Referências bibliográficas

1. ALBINO, L.F.T.; SILVA, S.H.M.; JUNIOR, J.G.V.; ROSTAGNO, H.S.; SILVA, M.A. Níveis de metionina + cistina para frangos de corte de 1 a 21 e 22 a 42 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 28, n. 3, p. 519-525, 1999.
2. ALETOR, V.A.; HAMID, II.; NIEB, E.; PFEFFER, E. Low-protein amino acid-supplemented diets in broiler chickens: effects on performance, carcass characteristics, whole-body composition and efficiencies of nutrient utilisation. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 80, p. 547-554, 2000.
3. BAKER, D.H. Ideal amino acid patterns for broiler chick. In: D'MELLO J. P. F. **Amino acids in animal nutrition**. Oxon, UK: CABI publishing, 2003. cap.13, p. 223-236.
4. BAKER, D.H.; BATAL, A.B.; PARR, T. M.; AUGSPURGER, N.R.; PARSONS, C. M. Ideal ratio (relative to Lysine) of tryptophan, threonine, isoleucine and valine for chicks during the second third weeks posthatch. **Poultry Science**, Oxford, v. 81, p. 485-494, 2002.
5. BARBOSA, M.J.B.; JUNQUEIRA, O. N.; ANDREOTTI, M.O.; CANCHERINI, L.C. Níveis de lisina+metionina para frangos de corte na fase inicial. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 24, n. 4, p. 1007-1013, 2002.
6. BEITZ, D.C. Metabolismo de proteínas e aminoácidos. In: REECE, W. O. **Fisiologia dos animais domésticos**. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006. cap. 32, p. 493-509.
7. BERNAL, L.E.P.; TAVERNARI, F.C.; ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T. Digestible Lysine Requirements of Broilers. **Brazilian Journal of Poultry Science**, Campinas, v. 16, n. 1, p. 49-55, 2014.
8. BERTECHINI, A.G. **Nutrição de monogástricos**. Lavras: Editora UFLA, 2006. 301p.
9. BROSNAN, J.T.; BROSNAN, M.E. The sulfur-containing amino acids: an overview. **The Journal of Nutrition**, Oxford, v. 136, n. 6, p. 1636-1640, 2006.
10. BUNCHASAK, C. Role of dietary methionine in poultry production. **The Journal of Poultry Science**, Ibaraki, v. 46, n. 3, p. 169-179, 2009.
11. CANCHERINI, L.C.; JUNQUEIRA, O.M.; OLIVEIRA, M.C.; ANDREOTTI, M.O.; BARBOSA, M.J.B. Utilização de subprodutos de origem animal em dietas formuladas com base em proteína bruta e proteína ideal pra frangos de corte de 22 a 42 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 535-540, 2005.

12. CHALOVA, V.I.; KIM, J.H.; PATTERSON, P.H.; RICKE, S.C.; KIM, W.K. Reduction of nitrogen excretion and emissions from poultry: a review for conventional poultry. **World's Poultry Science Journal**, Cambridge, v. 72, p. 509-519, 2016.
13. COLE, D.J.A.; VAN LUNEN, T.A. Ideal amino acid patterns. In: D'Mello, J.P.F. **Amino Acids in Farm Animal Nutrition**. Wallingford, UK: CAB International, 1994. cap. 5, p. 99-112.
14. CORZO A, KIDD M, DOZIER W, SHACK L, BURGESS, S. Protein expression of pectoralis major muscle in chickens in response to dietary methionine status. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 95, p. 703-708, 2006.
15. CORZO, A.; KIDD, M.T.; THAXTON, J.P.; KERR, B.J. Dietary tryptophan effects on growth and stress responses of male broiler chicks. **British Poultry Science**, Cambridge, v. 46, n. 4, p. 478-484, 2005.
16. COSTA, F.G.; SILVA, J.H.V.; GOULART, C.C.; NOGUEIRA, E.T.; SÁ, L.M. Exigência de aminoácidos para aves. In: Sakamura NK, Silva JHV, Costa FGP, Fernandes JBK, Hauschild L. **Nutrição de não ruminantes**. Jaboticabal: Funep-Unesp, 2014. cap. 4, p. 240-261.
17. COSTA, F.G.P.; ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; GOMES, P.C.; TOLEDO, R.S. Níveis dietéticos de lisina para frangos de corte de 1 a 21 e 22 a 40 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 1490-1497, 2001.
17. D'MELLO, J.P.F. Amino acids as multifunctional molecules. In: D'Mello JPF. **Amino acids in animal nutrition**. Oxon, UK: CABI publishing, 2003. cap. 1, p. 1-14.
18. DOMINGUES, C.H.F. **Lisina e metionina+cistina digestíveis sobre o desempenho, rendimento, qualidade e morfometria do músculo peitoral (*Pectoralis major*) de frangos de corte**. 2015. 74 f. Tese. (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, SP, 2015.
19. DOZIER, W.A.; CORZO, A.; KIDD, M.T.; TILLMAN, P.B.; MCMURTRY, J.P.; BRANTON, S.L. Digestible Lysine requirements of male broilers from 28 to 42 days of age. **Poultry Science**, Oxford, v. 89, p. 2173-2182, 2010.
20. EMMERT, J.L.; BAKER, D.H. Use of the ideal protein concept for precision formulation of amino acid levels in broiler diets. **The Journal of Applied Poultry Research**, Oxford, v. 6, p. 462-470, 1997.
21. GHAHRI, H.; GAYKANI, R.; TOLOIE, T. Effect of dietary crude protein level on performance and lysine requirements of male broiler chickens. **African Journal of Agricultural Research**, v. 5, n. 11, p. 1228-1234, 2010.
22. GOMIDE, E.M.; RODRIGUES, P.B.; FREITAS, R.T.F.; FIALHO, E.T. Planos nutricionais com a utilização de aminoácidos e fitase para frangos de corte mantendo o conceito de proteína ideal nas dietas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 36, n. 6, p. 1769-1774, 2007.
23. GOULART, C.C.; COSTA, F.G.P.; SILVA, J.H.V.; SOUZA, J.G.; RODRIGUES, V.P.; OLIVEIRA, C.F.S. Requirements of digestible methionine+cystine for broiler chickens at 1 to 42 days of age. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 40, n. 4, p. 797-803, 2011.
24. JÚNIOR, R.G.C.S.; LANA, G.R.Q.; RABELLO, C.B.; LANA, S.R.V.; BARBOZA, W.A. Exigências de metionina+cistina em frangos de corte fêmeas de 1 a 21 e de 22 a 42 dias de idade criados em região de clima tropical. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 35, n. 2, p. 497-503, 2006.
25. JÚNIOR, V.S.A.; COSTA, F.G.P.; BARROS, L.R.; NASCIMENTO, G.A.J.; BRANDÃO, P.A.; SILVA, J.H.V.; PEREIRA, W.E.; NUNES, R.V.; COSTA, J.S. Níveis de metionina + cistina para frangos de corte nos períodos de 22 a 42 e de 43 a 49 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 34, n. 4, p. 1195-1201, 2005.

26. KIDD, M.; FANCHER, B.I. Lysine needs of starting chicks and subsequent effect during the growing period. **Journal of Applied Poultry Research**, Oxford, v. 10, p. 385-393, 2001.
27. LECLERCQ, B. Specific effects of lysine on broiler production: comparison with threonine and valine. **Poultry Science**, Oxford, v. 77, n. 1, p. 118-123, 1998.
28. LEWIS, A.J. Methionine-Cystine Relationships in Pig Nutrition. In: In: D'Mello JPF. **Amino acids in animal nutrition**. Oxon, UK: CABI publishing, 2003. cap. 8, p. 143-156.
29. LI, P.; YIN, Y.L.; LI, D.; KIM, S.W.; WU, G. Amino acids and immune function. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v. 98, p. 237-252, 2007.
30. MENDOZA, M.O.B.; COSTA, P.T.C.; KATZER, L.H.; BENETTIS, A.C.; SANTI, Z.B.; WELTER, J.N. Desempenho de frangos de corte, sexados, submetidos a dietas formuladas pelos conceitos de proteína bruta versus proteína ideal. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n. 1, p. 111-115, 2001.
31. MOREIRA, I.; POZZA, P.C. Metabolismo Proteico. In: SAKAMOURA, N.K.; SILVA JHV, COSTA FGP, FERNANDES JBK, HAUSCHILD L. **Nutrição de não ruminantes**. Jaboticabal: Funep-Unesp; 2014. cap. 5, p. 110-126.
32. MUSHARAF, N.A.; LATSHAW, J.D. Heat increment as affected by protein and amino acid nutrition. **World's Poultry Science Journal**, Cambridge, v. 55, p. 233-240, 1999.
33. NELSON, D.L., COX, M.M. **Princípios de Bioquímica de Lehninger**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2014. 1259p.
34. NETO, A.R.O. Metabolismo e exigência de metionina. In: SAKAMOURA, N.K.; SILVA, J.H.V.; COSTA, F.G.P.; FERNANDES, J.B.K.; HAUSCHILD, L. **Nutrição de não ruminantes**. Jaboticabal: Funep-Unesp; 2014. cap. 2, p. 186-217.
35. NOGUEIRA, E.T.; KUTSCHENKO, M.; PESSÔA, G.B.S.; FRANCISCO, L.L.; ISHIKAWA, E.I. Biotecnologia aplicada a produção de aminoácidos. In: SAKAMOURA, N.K.; SILVA, J.H.V.; COSTA, F.G.P.; FERNANDES, J.B.K.; HAUSCHILD, L. **Nutrição de não ruminantes**. Jaboticabal: Funep-Unesp; 2014. cap. 1, p.167-185.
36. NRC - National Research Council. **Nutrient requirements of poultry**. 9.ed. Washington DC: The National Academies Press, 1994. 176p.
37. NRC - National Research Council. **Nutrient requirements of swine**. Eleventh Revised Edition. Washington DC: The National Academies Press, 2012. 379p.
38. NUKREAW, R.; BUNCHASAK, C.; MARKVICHITR, K.; CHOOTHESA, A.; PRASANPANICH, S.; LOONGYAI, W. Effects of methionine supplementation in low-protein diets and subsequent re-feeding on growth performance, liver and serum lipid profile, body composition and carcass quality of broiler chickens at 42 days of age. **The Journal of Poultry Science**, Ibaraki, v. 48, p. 229-238, 2011.
39. RIGUEIRA, L.C.M. **Aplicação do conceito de proteína ideal em dietas com diferentes níveis proteicos para frangos de corte**. 2005. 68 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2005.
40. RODRIGUEIRO, R.J.B.; ALBINO, L.F.T.; ROSTAGNO, H.S.; GOMES, P.C.; POZZA, P.C.; NEME, R. Exigência de metionina + cistina para frangos de corte na fase de crescimento e acabamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 29, n. 2, p. 507-517, 2000.
41. ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; DONZELE, J.L.; GOMES, P.C.; OLIVEIRA, R.F.; LOPES, D.C.; FERREIRA, A.S.; BARRETO, S.L.T.; EUCLIDES, R.F. **Tabelas Brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. 3.ed. Viçosa: Departamento de Zootecnia UFV, 2011. 252p.

42. ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; HANNAS, J.L.; DONZELE, J.L.; SAKOMURA, N.K.; PERAZZO, F.G.; SARAIVA, A.; RODRIGUES, P.B.; OLIVEIRA, R.F.; BARRETO, S.L.T.; BRITO, C.O. **Tabelas Brasileiras Para Aves e Suínos: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais**. 4.ed. Viçosa: Departamento de Zootecnia UFV, 2017. 488p.
43. RUTZ, F.; ROLL, V.F.B.; XAVIER, E.G. Metabolismo intermediário. In: MACARI, M.; MAIORKA, A. **Fisiologia das Aves Comerciais**. Jaboticabal: FUNEP, 2017. cap. 14, p. 339-379.
44. SILVA, J.H.V.; COSTA, F.G.P.; LIMA, R.B. Digestão e absorção das proteínas. In: SAKAMOURA, N.K.; SILVA, J.H.V.; COSTA, F.G.P.; FERNANDES, J.B.K.; HAUSCHILD, L. **Nutrição de não ruminantes**. Jaboticabal: Funep-Unesp; 2014. cap. 4, p. 95-109.
45. SIQUEIRA, J.C.; SAKOMURA, N.K.; DOURADO, L.R.B.; EZEQUIEL, J.M.B.; BARBOSA, N.A.A.; FERNANDES, J.B.K. Diet formulation techniques and lysine requirements of 1- to 22-day-old broilers. **Braslian Journal of Poultry Science**, Campinas, v. 15, n. 2, p. 123-134, 2013.
46. SWAIN, B.K.; JOHRI, T.S. Effect of supplemental methionine, choline and their combinations on the performance and immune response of broilers. **British Poultry Science**, Reino Unido, v. 41, p. 83-88, 2000.
47. TAVERNARI, F.C. **Atualização da proteína ideal para frangos de corte: valina e Isoleucina**. 2010. 75 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 2010.
48. TAVERNARI, F.C.; BERNAL, L.E.P.; ROSTAGNO, H.S.; ALBINO, L.F.T.; VIEIRA, R.A. Relação metionina+cistina/lisina digestível para frangos de corte cobb. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, n. 2, p. 193-201, 2014.
49. TESSERAUD, S.; EVERAERT, N.; BOUSSAID-OM, E.S.; COLLIN, A.; MÉTAYER-COUSTARD, S.; BERRI, C. Manipulating tissue metabolism by amino acids. **World's Poultry Science Journal**, Cambridge, v. 67, n. 2, p. 243-251, 2011.
50. TESSERAUD, S.; TEMIN, S.; LE BIHAN-DUVAL, E.; CHAGNEAU, A.M. Increased responsiveness to dietary lysine deficiency of pectoralis major muscle protein turnover in broilers selected on breast development. **Journal of Animal Science**, Oxford, v. 79, n. 4, p. 927-933, 2001.
51. WEN, C.; JIANG, X.Y.; DING, L.R.; WANG, T.; ZHOU, Y.M. Effects of dietary methionine on growth performance, meat quality and oxidative status of breast muscle in fast- and slow-growing broilers. **Poultry Science**, Oxford, v. 96, n. 6, p. 1707-1714, 2017.
52. WU, G.; BAZER, F.W.; DAI, Z.; LI, D.; WANG, J.; WU, Z. Amino acid nutrition in animals: protein synthesis and beyond. **Annual Review of Animal Biosciences**, Palo Alto, v. 2, p. 387-417, 2014.
53. WU, G.; DAVIS, D.A. Interrelationship among methionine, choline, and betaine in channel catfish *Ictalurus punctatus*. **Journal of the World Aquaculture Society**, v. 36, n. 3, p. 337-345, 2005.