

Artigo Número 73

FATORES QUE INFLUENCIAM AS EXIGÊNCIAS DE METIONINA+CISTINA PARA AVES E SUÍNOS

Gladstone Brumano¹

Introdução

O desequilíbrio aminoacídico em aves e suínos, provocado pelo excesso ou pela deficiência de aminoácidos, causa efeitos negativos sobre o consumo e a taxa de crescimento. Além disso, pode ocasionar acúmulo de gordura no fígado, aumento no catabolismo do aminoácido limitante e, em alguns casos, levar à deficiência de vitaminas. Contudo, os avanços no conhecimento do metabolismo protéico e o surgimento de novos aminoácidos sintéticos, com produção em grande escala comercial e a preços compatíveis, tem permitido aos nutricionistas formulações de dietas mais próximas da exigência animal, resultando em melhor aproveitamento da proteína dietética, com menores custos e produção de resíduos menos nocivos ao meio ambiente. Outra vantagem do uso de aminoácidos sintéticos é a possibilidade de se estabelecer uma melhor relação entre os aminoácidos da dieta, através do conceito de proteína ideal. A proteína ideal pode ser definida como o balanceamento exato dos aminoácidos, sem deficiências ou sobras, com o objetivo de satisfazer os requisitos absolutos de todos os aminoácidos para manutenção e para ganho máximo de proteína corporal, reduzindo o uso de aminoácidos como fonte de energia e diminuindo a excreção de nitrogênio. O aminoácido lisina foi escolhido pelos pesquisadores como referência (padrão = 100). Atualmente é recomendada a formulação de dietas com base na proteína ideal, e para uma proteína ser considerada ideal, todos os aminoácidos devem estar presentes na dieta em níveis exatos para manutenção e para máxima deposição de proteína.

Em condições comerciais, as aves e os suínos são continuamente expostos a vários fatores estressantes que podem interferir nas exigências de metionina+cistina, assim como nos demais aminoácidos, podendo-se dividi-los em fatores dos próprios animais e fatores externos. Dentre eles podemos citar: dietéticos, temperatura, desafio sanitário, manejo, idade e sexo, que atuam influenciando o consumo de alimento ou reduzindo a eficiência de utilização dos aminoácidos, o que pode fazer com que os requerimentos sejam diferentes dos observados em condições ideais (Geraert et al., 2002).

Dentre os fatores dietéticos que influenciam o requerimento de aminoácidos podem ser incluídos a concentração de energia metabolizável, o desequilíbrio de aminoácidos e o nível de proteína bruta e de lisina da dieta. O tipo de fibra e a presença de fatores antinutricionais são outros fatores que influenciam na digestibilidade dos aminoácidos. No caso da fibra e particularmente dos polissacarídeos não amiláceos solúveis, estes incrementam a viscosidade da digesta resultando em aumento da taxa de passagem e na redução do processo físico de mistura na digestão e do transporte dos produtos até a borda das vilosidades intestinais; conseqüentemente haverá diminuição na possibilidade de contato entre o substrato e a enzima (Lesson & Summers, 2001).

¹ gbrumano@yahoo.com.br

Exigências de metionina+cistina para aves

O contínuo progresso da indústria avícola é produto da contribuição científica e tecnológica das diferentes áreas relacionadas com a atividade, sendo a genética e a nutrição as partes que continuamente estão gerando aves com melhor desempenho e produtividade.

Basicamente, as rações avícolas são formuladas à base de milho e farelo de soja, fontes de energia e proteína, respectivamente. Entretanto, esses ingredientes não fornecem os aminoácidos essenciais em quantidades suficientes para um ótimo desempenho animal.

A metionina é o primeiro aminoácido limitante em rações para aves à base de milho e farelo de soja, destacando-se por participar na síntese de proteína, ser precursora da cisteína e doadora de radicais metil (Warnick & Anderson, 1968). No período de crescimento, as aves utilizam grandes quantidades de aminoácidos sulfurosos, principais limitantes nas rações, que, geralmente são suplementadas com aminoácidos sintéticos disponíveis no mercado (Silva et al., 1999).

O grau de desequilíbrio de aminoácidos resulta em reações variadas por parte das aves, fazendo com que o consumo seja alterado. Edmonds & Baker (1987) verificaram que o excesso de 4% de metionina em ração à base de milho e farelo de soja provoca redução no ganho de peso, porém 0,5% de excesso de metionina sobre a exigência não prejudicaria o desempenho das aves (Han & Baker, 1993).

Para poedeiras, rações deficientes em metionina reduzem a produção e o peso dos ovos e aumentam a deposição de gordura no fígado.

Exigências de metionina+cistina para suínos

As sucessivas seleções para maior deposição de proteína em detrimento da deposição de gordura têm demandado a reavaliação constante das exigências nutricionais dos suínos, uma vez que mudanças nas taxas de deposição de tecidos corporais geram diferença na exigência diária de nutrientes, sobretudo de aminoácidos. Consumos de aminoácidos abaixo ou acima das demandas biológicas do animal podem restringir a taxa e a eficiência de crescimento. Por outro lado, o nível adequado de aminoácidos da dieta pode possibilitar melhora da eficiência alimentar, da taxa de crescimento e, conseqüentemente, pode aumentar o rendimento econômico da atividade suinícola.

O adequado balanço de aminoácidos das dietas tem contribuído para o aumento da retenção corporal de nitrogênio e possibilitado a redução da quantidade total de dejetos produzidos, por meio da redução do consumo de água e da melhora da eficiência alimentar (Relandeau et al., 2000), minimizando a poluição ambiental causada pela atividade suinícola.

Entre os aminoácidos, a metionina foi considerada essencial para o crescimento dos suínos, em 1950, por Bell e tem sido doadora de radicais metil quando estes são necessários para a biossíntese de creatina, carnitina, poliaminas, epinefrina, colina e melatonina, que são componentes corporais fundamentais para o crescimento normal dos animais. Além disso, a metionina pode ser catabolizada à cistina pelo organismo, em um processo irreversível. Esse catabolismo, sob condições normais, tem as funções de remover o excesso de metionina e superar a deficiência de cistina (Graber et al., 1971). Os suínos são particularmente sensíveis ao excesso de metionina na dieta (Edmonds &

Baker, 1987). Em rações à base de milho e de farelo de soja, que compõem as dietas tradicionais brasileiras, a metionina é o segundo aminoácido limitante para suínos em crescimento.

Digestão, absorção e excreção dos aminoácidos

Em aves, o processo digestivo protéico tem início efetivo no proventrículo, onde ocorre secreção de ácido clorídrico e enzimas digestivas que promovem a quebra parcial da molécula protéica. Na moela a ingesta sofre ação mecânica, além de ser misturada com os fluídos secretados pelo proventrículo. No intestino ocorre secreção de diversas enzimas (aminopeptidases, carboxipeptidases e outras peptidases específicas) pelo pâncreas promovendo a disponibilidade de pequenos peptídeos que são absorvidos pelas células da mucosa intestinal através de transporte ativo envolvendo o íon Na^+ , com diferentes sistemas carreadores para os vários grupos de aminoácidos (Leeson e Summers, 2001).

Os aminoácidos após absorvidos, são transportados para o fígado principalmente pela veia porta, sendo uma pequena quantidade pela via linfática. No fígado, parte dos aminoácidos é fixada pelas células hepáticas e o restante é liberado na corrente sanguínea formando um pool extracelular de aminoácidos livres. Nos tecidos após absorvidos pelas células, são convertidos em outros metabólitos ou ligam-se a um específico RNAt para ser utilizado na síntese protéica no ribossomo (Rathmacher, 2000).

De acordo com Leeson e Summers (2001), a excreção de aminoácidos é condicionada primeiramente à sua desaminação, onde o esqueleto carbono originado é reaproveitado e o grupo amino usado na síntese do ácido úrico que é retirado da corrente sanguínea e secretado via urina nos túbulos renais.

Nos suínos, as proteínas ingeridas não sofrem, na boca, modificações químicas, sendo apenas reduzidas a partículas menores. No estômago, as proteínas e polipeptídeos são desnaturados por ação do HCl e hidrolisadas pela pepsina. A digestão no estômago representa apenas 10-20% da digestão total protéica. A maior parte desta digestão ocorre no lúmen do duodeno e jejuno, sob a influência do suco pancreático, processando-se, quase completamente no íleo terminal. No intestino delgado, a enteropeptidase, em pH neutro, ativa o tripsinogênio a tripsina que, por sua vez, promove a ativação das outras propeptidases do suco pancreático. Ocorre, então, a hidrólise luminal de proteínas e polipeptídeos, produzindo aminoácidos livres e pequenos peptídeos. Os produtos da hidrólise luminal, são então hidrolisados pelas peptidases da borda em escova a aminoácidos, di e tripeptídeos que são absorvidos, principalmente, no jejuno proximal. A absorção e a excreção são semelhantes às aves, exceto pelo fato de que, após a desaminação, o grupo amino é usado na síntese da uréia, sendo eliminado pela urina.

Fontes sintéticas de cistina e de metionina

A L-cistina é fabricada pela extração de hidrolisados de proteína animal, pela conversão enzimática a partir de ácido carboxílico DL-amino tiazolina, ou por fermentação a partir de fontes de carboidrato. A L-cistina é um cristal branco ou pó cristalino, sem odor, sem sabor e praticamente insolúvel em água, etanol e éter dietílico. Além do custo de fabricação da cistina sintética ser elevado, não sendo utilizada em rações para monogástricos, a metionina sintética, de menor custo, pode ser convertida em cistina pelo organismo animal.

As fontes sintéticas de metionina mais utilizadas, DLM e MHA-AL, estão disponíveis no mercado nas formas pó e líquida, para DLM e para MHA-AL, respectivamente.

A DLM é um produto puro que contém 99% de metionina, e a MHA-AL líquida contém 88% de monômeros e formas poliméricas (dímeros, oligômeros) de MHA-AL.

A MHA-AL é similar a DLM, exceto por conter um grupo hidróxido em lugar de um grupo amino. Por isto, a MHA-AL não é considerada um aminoácido, necessitando ser convertida em metionina por diferentes transformações enzimáticas no metabolismo animal.

As duas substâncias (DLM e MHA) possuem dois isômeros (L e D), pois suas moléculas apresentam um carbono alfa assimétrico, ou seja, apresentam quatro ligantes diferentes, o que faz com que a luz polarizada migre para a esquerda ou para a direita, na presença de cada um dos isômeros.

As proteínas dos tecidos dos animais normalmente não contêm D-aminoácidos, utilizando o isômero L da metionina na síntese protéica (Penz Junior, 1994).

Para o animal utilizar os aminoácidos, as formas D-aminoácidos são convertidas em L-aminoácidos (Lewis e Baker, 1995), via duas reações seqüenciais envolvendo oxidação (alfa carbono) para ceto-análogo e transaminação do ceto-análogo para L-aminoácido (Baker, 1994).

Na porção final do intestino delgado, os nutrientes estão sujeitos a degradação bacteriana e os produtos obtidos nesta degradação não estão disponíveis para o metabolismo do animal. Neste sentido, as bactérias convertem o hidróxi-análogo em outros componentes não disponíveis para o animal, este fato influencia significativamente a absorção de MHA-AL. Entretanto, a eficiência de absorção da DLM não é afetada pelas bactérias intestinais, o que explica, em grande parte a menor biodisponibilidade da MHA-AL líquida em comparação com a DLM observada por Maenz e Engele-Schaan (1996).

As moléculas de MHA-AL ao serem convertidas em L-Metionina, via transaminação, acarretam perdas adicionais da eficácia biológica de MHA-AL, as quais são adicionadas às perdas ocorridas no intestino, podendo ser esta mais uma razão para a baixa biodisponibilidade da MHA-AL em relação a DLM (Hasseberg, 2002).

Um total de 62 experimentos do tipo dose-resposta realizados com frangos de corte, perus, poedeiras e suínos foram revisados por Lemme (2002) para determinar a biodisponibilidade da MHA-AL líquida em comparação com a DLM. Constatou-se que a biodisponibilidade da MHA-AL líquida comparada à DLM em base de produto foi igual a 65% em todas as espécies e critérios de desempenho (peso do ovo, ganho de peso, conversão alimentar e retenção de nitrogênio). Considerando o conteúdo de 88% de substância ativa em MHA-AL disponível comercialmente, isto leva a uma biodisponibilidade de 65% por kg de produto.

Idade, sexo e genética

Existem grandes diferenças com relação à composição corporal de machos inteiros, fêmeas e machos castrados. Num determinado peso; machos inteiros são mais magros que fêmeas, que por sua vez são mais magras que os machos castrados. A diferença da composição corporal determina a diferença nas exigências de metionina+cistina e de outros aminoácidos. Vários estudos demonstram que machos inteiros apresentam exigência maior que as fêmeas e estas, por sua vez, apresentam exigência superior aos machos castrados (Sobestiansky, 1998). Entre os frangos de corte, os machos

apresentam maior exigência de aminoácidos que as fêmeas, apresentando maior peso e metabolismo basal.

As linhagens com alta capacidade para síntese de proteína têm maior exigência de aminoácidos sulfurosos que linhagens de menor capacidade de deposição protéica. O genótipo não só afeta a capacidade de deposição, mas também tem influência na eficiência de deposição dos aminoácidos.

À medida que o animal cresce a suas exigências nos aminoácidos metionina+cistina mudam. Primeiro, aumenta a exigência de manutenção com o aumento do tamanho corporal. Segundo, ocorre mudança na capacidade de deposição de proteína, que aumenta durante o crescimento dos animais atingindo um máximo e então decresce à medida que o animal se aproxima do tamanho adulto. Adicionalmente, ocorre mudança no padrão da proteína ideal exigido pelo animal, o que é reflexo da mudança da exigência relativa para a manutenção e deposição de proteína. E é por isso que as recomendações nutricionais levam em consideração o peso dos animais.

Em aves no início da maturidade sexual, a queda nas necessidades da lisina é maior que as verificadas para metionina e cisteína (NRC, 1994). Isto porque com a aproximação da maturidade sexual, a taxa de deposição de proteína do corpo diminui, enquanto o crescimento de penas e as necessidades de manutenção são aumentados, e como as penas são ricas em cisteína e a manutenção requer mais metionina que lisina, a relação entre ambas tende a crescer com a idade em relação à lisina (Pack, 1995).

Linhagens diferentes de uma mesma categoria animal apresentam exigências de metionina+cistina diferentes. O consumo em gramas por dia de aminoácidos sulfurosos de poedeiras semipesadas é superior as leves, isto porque, apresentam maior capacidade de consumo de ração do que as poedeiras leves. Deste modo, apesar das aves semipesadas apresentarem níveis inferiores de aminoácidos sulfurosos por quilo de ração, quando comparados por consumo de ração, se verifica que as aves semipesadas necessitam de maiores exigências de nutrientes para a manutenção e produção.

Isto pode ser observado por Bertechini et al. (1995), ao avaliarem os efeitos de níveis de aminoácidos na dieta sobre o desempenho e qualidade de ovos de poedeiras comerciais semipesadas na fase de pico de produção os níveis de aminoácidos sulfurosos foram superiores aos de poedeira leve, sendo 718 mg/dia contra 580 mg/dia.

Em suínos, de maneira geral, aqueles que possuem um elevado potencial genético para crescimento de tecido muscular determinam uma exigência maior de proteína e de aminoácidos (Stahly, 1991). Este mesmo autor ressaltou, também, que os suínos com elevada capacidade de crescimento muscular apresentam demandas biológicas mais elevadas em aminoácidos tanto para a manutenção como para o crescimento, chegando a ser 30% superiores.

Nível de lisina na ração

O nível de lisina em uma dieta pode interferir na determinação das exigências de aminoácidos sulfurosos, principalmente quando o consumo de lisina variar entre os tratamentos. Este fato foi comprovado por Brumano (2007) (dados ainda não publicados) ao trabalhar com poedeiras de 20 a 42 semanas de idade para determinar as exigências em metionina+cistina, encontraram os seguintes resultados, descritos na tabela 1.

Para poedeiras, o parâmetro produção de ovos é considerado um dos mais importantes, porém, para estabelecer a relação ideal entre os aminoácidos estudados, é importante que o consumo de ração não tenha variação significativa entre os

tratamentos. Assim, tornou-se importante para definir a relação ideal metionina + cistina/lisina digestível neste trabalho, o parâmetro consumo de lisina digestível/produção total de ovos, sendo o melhor tratamento aquele que apresentar menor valor para esse parâmetro. Esta variável significa a melhor produção de ovos proporcionalmente ao consumo de lisina digestível. Para um mesmo consumo de lisina digestível, o nível que proporcionar a maior produção de ovos, significa que a relação de metionina+cistina digestíveis deste tratamento é a mais ajustada. Isto foi verificado no tratamento 5, onde a produção de ovos foi menor, quando comparada ao tratamento 6, que apresentou maior consumo de ração, e conseqüentemente de lisina, mascarando a real relação metionina+cistina/lisina digestível.

Tabela 1 - Efeito dos níveis de metionina+cistina digestíveis sobre as variáveis consumo de ração (CR), de metionina+cistina digestíveis (CMC), de lisina (CL), produção de ovos (P) e consumo de lisina por produção total de ovos, de poedeiras leves de 24 a 40 semanas.

Tratamento (% M+C)	CR (g/ave/dia)	CMC (g/ave/dia)	CL (g/ave/dia)	P (%)	CLP (g/ave/prod. total ovos)
0,650	87,009	0,566	0,670	90,253	0,7424
0,700	88,046	0,616	0,678	92,163	0,7354
0,750	88,434	0,663	0,681	93,105	0,7311
0,800	88,733	0,710	0,683	93,973	0,7269
0,850	87,339	0,742	0,673	93,676	0,7184
0,900	90,108	0,811	0,694	95,237	0,7284
Média	88,278	0,685	0,680	93,068	0,7305
Efeito					
Linear	0,08	**	0,08	**	*
Quadrático	ns	ns	ns	ns	ns
LRP ¹	**	ns	ns	*	**
CV (%)	2,454	2,653	2,454	1,889	2,381

1 Linear Response Platô

** (P<0,01); *(P<0,05); ns (p>0,05), pelo teste F

CV=Coeficiente de variação

Brumano (2007) determinou que o requerimento de aminoácidos sulfurados digestíveis com base na variável consumo de lisina digestível/produção total de ovos, que foi de 0,772%, correspondendo a um consumo de metionina+cistina digestíveis de 682 mg/ave/dia, e uma relação metionina+cistina/lisina digestível de 100. A relação de metionina+cistina/lisina digestível encontradas para essa variável são superiores ao encontrado por Rostagno et al. (2005), que é de 91, porém, o consumo de

metionina+cistina digestíveis encontradas para essas variáveis são similares ao encontrado por Rostagno et al. (2005), que é de 724 mg/ave/dia. O consumo de lisina utilizado por Brumano (2007), que alcançou altos índices produtivos (tabela 1), foi inferior (680 mg/ave/dia) ao preconizado (796 mg/ave/dia) por Rostagno et al. (2005). Isto demonstra que um alto consumo de lisina, mesmo de forma similar em todos os tratamentos influenciaria a determinação da relação ideal metionina+cistina/lisina digestível, porém, o consumo em miligramas de metionina+cistina não sofreria grande variação.

Sistema imune

A composição em aminoácidos difere sensivelmente entre proteínas teciduais e aquelas ligadas a outras funções biológicas, dessa forma, as exigências não irão alterar-se de forma similar para os diferentes aminoácidos essenciais. Isso se explica pelo fato de a rede citocínica ser capaz de afetar anabolicamente alguns tecidos, como o fígado, enquanto em outros, como o músculo, promover o catabolismo. A lisina, por exemplo, é um componente majoritário de proteínas da musculatura (6,5 a 7,0%), mas é relativamente menos importante em proteínas com funções biológicas de manutenção (2,4%). Já com os aminoácidos sulfurados ocorre exatamente o contrário. Logo, aminoácidos como lisina e metionina irão ter seus requerimentos afetados sempre de forma distinta (Stahly, 1998).

Além da síntese de proteínas, determinados aminoácidos não essenciais estão envolvidos em importantes rotas metabólicas. Em situações especiais em que a síntese de um aminoácido não essencial é insuficiente para cobrir as necessidades de síntese de um metabólico importante, seria melhor considerá-los como condicionalmente essenciais (Obled, 2004), como é o caso da cisteína, essencial nos estados inflamatórios.

Como comentado anteriormente, os aminoácidos sulfurados são majoritários nas proteínas associadas às funções de manutenção, onde representam 4,9% e minoritários nas proteínas musculares, onde representam aproximadamente 1,6%. Logo, ao contrário da lisina, as exigências dos aminoácidos sulfurados tendem a ser mais elevadas em animais estimulados imunologicamente. Entretanto, a magnitude de alteração dessas exigências tendem a ser menores para os aminoácidos sulfurados (Stahly, 1998).

Segundo Obled (2004), os requerimentos de aminoácidos sulfurados, particularmente cisteína, estão aumentados durante as enfermidades. Malmezat et al. (2000), demonstraram que a síntese de cisteína a partir de metionina em ratos aumentou aproximadamente 2,7 vezes dois dias após uma infecção. Em geral, a oxidação da maioria dos aminoácidos aumenta durante os estados inflamatórios, porém, o catabolismo de cisteína reduz nestes períodos. Isso indica que a cisteína se reserva para sintetizar componentes importantes para a proteção contra o estresse oxidativo. Cisteína é utilizada para a síntese de proteína de fase aguda e principalmente para síntese de glutathione. A glutathione é quantitativamente o antioxidante intracelular mais abundante tendo vários papéis importantes, sendo de vital importância na proteção contra o desenvolvimento do estresse oxidativo que acompanha os estados inflamatórios. (Le Floch et al., 2004; Obled, 2004). Jahoor et al. (1999), demonstraram que suínos infectados com turpentina e alimentados com dietas deficientes em proteínas foram incapazes de manter a concentração de glutathione. A redução do catabolismo de cisteína e o aumento da transulfuração de cisteína a partir de metionina é o mecanismo que provavelmente ajuda a preservar a disponibilidade de cisteína para a síntese de glutathione (Malmezat et al. 2000).

Estudos com pintos de corte (Tsiagbe et al. 1987) revelaram que níveis de metionina ligeiramente acima dos necessários para atingir o desempenho máximo foram exigidos, a fim de obter o máximo de resposta imune levando em consideração a produção de anticorpos.

Swain e Johri (2000) objetivando avaliar o efeito da suplementação de metionina (0,0, 1,5, 3,0 and 4,5 g/kg) e colina (0,0, 1000 and 2000 mg/kg), separadas ou combinadas sobre o desempenho e resposta imune de francos de corte até 21 e 42 dias de idade, verificaram que a resposta imune medida pelos leucócitos aumentou significativamente ($P < 0,05$) para todas as concentrações de metionina, havendo interação significativa entre metionina e colina. Estes resultados indicam que a exigência de metionina para uma ótima produção de anticorpos é maior que o requerimento para ótimo crescimento.

Temperatura ambiente

O genótipo determina a taxa máxima de crescimento das aves e dos suínos. Entretanto, fatores ambientais, destacando-se a temperatura, afetam a expressão do potencial genético, de modo que, quando mantidos em ambiente termoneutro têm apresentado máximo desempenho produtivo. Entretanto, quando submetidos a temperaturas ambientais efetivas, acima da zona de conforto térmico, apresentam mecanismos comportamentais, físicos e químicos para redução das taxas metabólicas e, conseqüentemente, da produção de calor. A mudança no metabolismo ocasiona um desvio de nutrientes disponíveis para produção, reduzindo a taxa e a eficiência de sua utilização para o crescimento corporal, modificando a exigência nutricional dos animais.

Os animais domésticos podem se adaptar a ambientes quentes ou frios, no entanto, são muito sensíveis às condições climáticas adversas.

Em climas frios, os leitões recém-nascidos são mais afetados pelo seu deficiente controle termorregulatório. A habilidade de leitões recém-nascidos para regular sua temperatura corporal é limitada, principalmente por causa do seu incompleto desenvolvimento hipotalâmico, o que é agravado pela pequena camada de gordura subcutânea e pelas poucas reservas corporais de glicogênio. As aves, ao nascerem, também não apresentam, em perfeito funcionamento, seu aparelho termorregulador, portanto, necessitam de uma boa fonte de aquecimento, principalmente nos primeiros dias de vida, quando o requerimento é maior, diminuindo com o passar do tempo.

Os Hormônios produzidos pela hipófise são agentes químicos no processo de termorregulação da temperatura. A partir desses agentes, podem ser iniciadas as respostas fisiológicas e também alteradas as taxas de ocorrência a determinadas reações. Os hormônios são carregados pelo sangue para todo o corpo, o que facilita a termorregulação.

Sabe-se que a temperatura ambiente, por meio de seu efeito sobre o sistema neuroendócrino, influencia o comportamento animal e os hormônios da tireóide, tiroxina (T4) e triiodotironina (T3), exercem importante papel na adaptação do animal às mudanças ambientais. Entretanto, o T3 é o mais ligado com a termogênese.

O conceito de conforto térmico tem sido definido como a faixa de temperatura ambiente, dentro da qual a taxa metabólica está em seu nível mínimo. A zona de conforto térmico pode ser considerada como a faixa de temperatura ambiente na qual o esforço termorregulatório é mínimo. Nesta faixa de temperatura não há sensação de frio ou calor, e o desempenho do animal é otimizado. Suínos na fase de crescimento o

conforto térmico é de 18 a 26°C (Perdomo, 1994). Para frangos de corte, a faixa de temperatura, denominada zona de termoneutralidade, está situada entre 18 e 26°C, de acordo com Campos (1995), e 18 e 28°C segundo Baeta e Souza (1997).

Todavia, as temperaturas ambientais médias brasileiras, durante a maior parte do ano, são superiores a esta faixa de temperaturas, evidenciando a importância do conhecimento das exigências em aminoácidos das aves e dos suínos criados sob temperaturas elevadas.

Kiefer (2003) trabalhando com suínos dos 30 aos 60 kg em temperaturas ambientais de conforto (22°C) e estresse térmico (32°C) inferiu que as exigências nutricionais de metionina + cistina dos suínos mantidos em ambiente de conforto térmico (0,549%) é superior a exigência para máximo ganho de peso em suínos mantidos em ambiente de alta temperatura (0,527%). O que pode ser explicado, em parte, pela maior deposição de proteína nos animais mantidos em ambiente termoneutro (122g) em relação aos mantidos em ambiente de alta temperatura (108g).

Hsu et al. (1998) avaliaram o efeito da suplementação de metionina para poedeiras com 29 semanas de idade, submetidas a temperaturas de 24 e 34°C e constataram que o aumento da temperatura piorou o desempenho avaliados pelo consumo de ração, produção de ovos, peso do ovo e peso vivo das aves.

Nível energético e protéico das rações

A energia metabolizável (EM) é conhecida por regular o consumo das aves e dos suínos. Boomgaard e Baker (1973) verificaram os efeitos de dietas contendo diferentes níveis de EM relacionados com níveis de aminoácidos sulfurosos e verificaram que a quantidade de EM não interferiu na eficiência de utilização dos aminoácidos. É evidente que a EM da dieta exerce efeitos sobre o consumo, porém não influenciou a utilização do aminoácido.

No entanto, Parr e Summers (1991) observaram que o consumo de alimento foi semelhante em aves submetidas a rações com diferentes níveis de energia (2.650, 2.850 e 3.050 kcal EM/kg), mas contendo igual concentração de aminoácidos essenciais, sugerindo que a regulação do consumo não é comandada, exclusivamente, por uma exigência específica de energia, mas é altamente influenciada por uma exigência em aminoácidos essenciais ou deposição de proteína.

Em relação à proteína da dieta, Boomgaard e Baker (1973) constataram que as exigências em proteína diminuem com o avanço da idade, na medida em que há aumento potencial da exigência de aminoácidos essenciais. O excesso de proteína deprime a eficiência de utilização do aminoácido metionina, e demais aminoácidos, o que leva a um aumento na exigência desse aminoácido junto com o aumento da proteína da dieta. Este fato foi verificado por Silva et al. (1995) ao realizar dois experimentos com a finalidade de verificar o efeito do nível de proteína bruta sobre as exigências em metionina+cistina para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade e observaram maior exigência de metionina + cistina quando as aves foram alimentadas com ração contendo maior nível protéico. Em rações com 20 e 23% de PB, isocalóricas, encontraram exigências de metionina+cistina de 0,965 e 1,025%, respectivamente.

Morris et al. (1992), objetivando verificar o efeito da proteína da ração sobre a exigência em metionina para frangos de corte entre 4 e 21 dias, encontraram maior exigência com a suplementação protéica acima do total necessário para máximo desempenho. Recomendam que, em rações práticas, a exigência em metionina deve ser

2,5% do nível de proteína bruta da ração. Huyghebaert e Pack (1993) verificaram que, para manter a mesma taxa de desempenho, os níveis de aminoácidos sulfurosos devem ser aumentados em 0,026% para cada 1% de mudança na proteína bruta da ração.

No entanto, rações de baixa proteína e suplementação adequada de aminoácidos tendem a produzir carcaças com maior acúmulo de gordura, tanto para aves, quanto suínos, devido ao menor incremento calórico da ração, ocasionado pela redução protéica e maior teor em aminoácidos sintéticos.

Análise estatística

Parece haver influência do modelo estatístico usado nas análises de determinação das exigências dos aminoácidos para as aves e para os suínos sobre os valores recomendados.

Morris (1983) argumentou que o modelo quadrático pode proporcionar um bom ajuste de dados, causando uma falsa segurança, uma vez que a curvatura é muito sensível a variações nos intervalos dos tratamentos, e que o modelo é fisiologicamente incorreto, pois pressupõe respostas simétricas para deficiência e para excesso. O autor comenta que o ajuste de dados pelo modelo Linear Response Plateau (LRP) pode proporcionar um bom ajuste estatístico, mas frequentemente subestima a dose ótima. De fato, Jansman e Klis (2002) relataram que o modelo "broken-line" muito utilizado em experimentos dose-resposta tende a subestimar a exigência real do animal em estudo, quando comparado aos valores derivados de modelos exponenciais.

Referências consultadas

Baêta, F. C; e Souza, C. F. *Ambiência em edificações rurais conforto animal*. Viçosa, UFV, 1997, 246p.

Baker, D. H. Utilization of precursors of L-amino-acids. In: **Amino acids in farm animal nutrition**. D` Mello, J. P. F. ed. CAB Internacional ISBN., Wallingford UK. P. 37-61. 1994.

Bertechini, A.G., Hossain, S.M, Lira, V.M.C. Níveis de aminoácidos sulfurosos totais (AAST) para poedeiras comerciais semi-pesadas na fase de pico de produção. In: Conferência **APINCO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA AVÍCOLA**, 1995, Curitiba. Anais... Campinas, SP: APINCO, p.69-70, 1995.

Boomgaardt, J.; Baker, D.H. Effect of age on the lysine and sulfur amino acid requirement of growing chickens. **Poultry Science**, v.52, p.592-597, 1973.

Brumano G. **Exigência de metionina+cistina digestíveis, para poedeiras leves, no período de 24 a 40 e 42 a 58 semanas de idade**. Viçosa, UFV, 2007. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2007.

Campos, E.J. Programa de alimentação e nutrição para as aves de acordo com o clima. Reprodutoras. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE AMBIÊNCIA E INSTALAÇÃO NA

AVICULTURA INDUSTRIAL, 1995, Campinas, SP. **Anais ...** Campinas, SP: FACTA, 1995. p.251-257.

Edmonds, M.S.; Baker, D.H. Amino acid excesses for young pigs: effects of excess methionine, tryptophan, threonine or leucine. **Journal of Animal Science**, v.64, p.1664-1671, 1987.

Geraert, P.A., Mansuy, E., Jakob, S., Dalibard, P. Nutritional Concepts to determine amino acid requirement for poultry.11th **European Poultry Congress. Bremen, Germany**, Cd, 9p, 2002.

Graber, H.G.; Scott, H.M.; Backer, D.H. Sulfur amino acid nutrition of the growing chick: Effect of age on the capacity of cystine to spare dietary methionine. **Poultry Science**, v.50, p.1450-1455, 1971.

Han, Y.; Baker, D.H. Effects of sex, heat, stress, body weight and genetic strain on the lysine requirement of broilers chicks. **Poultry Science**, v.72, n.4, p.701-708, 1993.

Hasseberg, H. A. No hay una monomerización importante en metionina hidroxianáloga. **Amino News TM**. v. 3. nº1 Março. 2002.

Hsu J.C.; Lin C.Y.; Wen-Shyg Chiou P. Effects of ambient temperature and methionine supplementation of a low protein diet on the performance of laying hens. **Animal Feed Science and technology**. 1998, v.74, n.4, p.289-299.

Huyghebaert, G., Pack, M. Influence of protein concentration on the response of broiler to DL-Methionine. **Zoot. Int.**, v. 10, p. 41-49, 1993.

Jahoor, F.; Wykes, L.; Del Rosario, M. P. et al. Chronic protein undernutrition and an acute inflammatory stimulus elicit different protein kinetic responses in plasma but not in muscle of piglets. **J. Nutr.** 1999. v. 129, p. 693-699.

Jansman, A. J. M., Vander Klis, J. D. Evaluation of the amino acid requirements in laying hens. In: CONFERENCE EUROPEAN POULTRY 11th, 2002. Bremen. **Anais...** Conference European Poultry. CD-ROM. 496.pdf.

Kiefer, C. **Exigência de aminoácidos sulfurados digestíveis para suínos mantidos em diferentes ambientes térmicos dos 30 aos 60 kg**. Viçosa, MG: 2003. 44p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2003.

Le Floc'h, N. Mechior, D. Obled, C. Modifications of protein and amino acid metabolism during inflammation and immune system activation. **Livest. Prod. Sci.** 2004, v.87, p. 37-45.

Leeson, S.; Summers, J.D. Nutrition of the Chicken. 4th edition. University Books, 591p., 2001.

Lemme, A. A pesquisa da literatura confirma: A efetividade biológica da MHA-FA é de 65 %. **Feedback -Feed Additives**, nº 23, p. 1-7, 2002.

Lewis, A. J., Baker, D. H. Bioavailability of D-amino acids and DL hydroxymethionine. In: Bioavailability of nutrients for farm animals, Amino acids, Minerals and Vitamins. **Academic Press**. ISBN012-056250-2, San Diego USA. 1995.

Maenz, D. D., Engele-Schaan, C. M. Methionine and 2-hydroxy-4- methylthiobutanoic acid are partially converted to nonabsorbed compounds during passage through the small intestine and heat exposure does not affect small intestinal absorption of methionine sources in broiler chicks. **Journal of Nutrition**, v. 126, p. 1438-1444, 1996.

Malmezat, T.; Breuillé, D.; Pouyet, C.; Buffière, C. et al. Methionine transsulfuration in increased during sepsis in rats. **Am J. Physiol. Endocrinol. Metab.** 2000, v. 279, p. 1391-1397.

Morris, C. N. Natural Exponential Families with Quadratic Variance Functions **The Annals of Statistics**, 1983, v. 10, n. 1, p. 65-80.

Morris, T. R., Gous, R. M., Abebe, S. Effects of dietary protein concentration, on the response of growing chicks to methionine. *Br. Poult. Sci.*, v. 35, n. 4, p. 795-803, 1992.

National Research Council-NRC. **Nutrient Requirements of Poultry**. 9. ed. Washington, National Academy of Sciences: 1994. 155p.

Obled, C. Necesidades de aminoácidos en estados inflamatorios. **Avances em Tecnologia Porcina**, 2004, v. 1, p. 4-20.

Pack, M. Proteína ideal para frangos de corte. Conceitos e posição atual. **Conferencia Apinco de Ciência e Tecnologia Avícolas**, 1995, Curitiba. p. 95-110.

Parr, J. F., Summers, J. D. The effects of minimizing amino acid excesses in broiler diets. **Poultry Science**, v. 70, p. 1540-1549, 1991.

Penz Junior, A. M. Metionina e hidroxi-analógos (MHA) em nutrição de aves. In: Conferência Apinco de Ciência e Tecnologia, 1994, Campinas, **Anais...** Campinas: APINCO, 1994, p. 84-94.

Perdomo, C.C. Conforto ambiental e produtividade de suínos. In: SIMPÓSIO LATINO-AMERICANO DE NUTRIÇÃO R. Bras. Zootec., v.34, n.1, p.104-111, 2005 DE SUÍNOS, 1994, São Paulo. **Anais...** São Paulo: Colégio Brasileiro de Nutrição Animal, 1994. p.19-26.

Rathmacher, J. A. Measurement and significance of protein turnover. **In Farm Animal Metabolism and Nutrition: Critical Reviews**. J. P. F D'Mello, ed. CAB International, Wallingford, UK. 2000.

Relandeau, C.; Van Cauwenberghe, S.; Le Tutour, L. **Prevenção da poluição por nitrogênio na criação de suínos através de estratégias nutricionais.** São Paulo: Ajinomoto Biolatina, 2000. p.1-12. (Informativo Técnico, 9).

Rostagno, H.S., Albino, L.F.T., Donzele, J.L., Gomes, P.C., et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos - composição de alimentos e exigências nutricionais (2ª edição).** Viçosa-MG: UFV, Departamento de Zootecnia, 2005. 186p.

Silva, M.A.; Albino, L.F.T.; Rostagno, H.S. Efeito do nível de proteína bruta sobre as exigências em metionina + cistina para frangos de corte. In: CONFERÊNCIA AFINCO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIAS AVÍCOLAS, 1995, Curitiba, 1995. **Anais...** Curitiba: Fundação APINCO de Ciência e Tecnologia Avícolas, 1995. p.41 - 42.

Silva, S.H.M.; Albino, L.F.T.; Vargas JR, J.G. et al. Níveis de metionina + cistina para frangos de corte de 1 a 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.3, p.519-525, 1999.

Sobestiansky, J. **Suinocultura Intensiva:** produção, manejo e saúde do rebanho. Brasília: EMBRAPA, SPI, 1998. 388p.

Stahly, T. S. Impact of genetic capacity for lean tissue growth on the amino acid requirements of pigs. Anais do V Mini-Simpósio do Colégio Brasileiro de Nutrição Animal. 1991. Campinas, SP. P. 71-81.

Stahly, T. S., Impact of immune system activation on growth and optimal dietary regimens of pigs. **The Pig Journal**, 1998, v.41, p. 65-74.

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**, 2000. v. 41, p. 83-88.

Tsiagbe, V. K., Cook, M. E., Harper, A. E., Sunde, M. L. Enhanced immune responses in broiler chicks fed methionine-supplemented diet. **Poultry Science**, 1987, v. 66, p. 1147-1154.

Warnick, R.E.; Anderson, J.O. Limiting essential amino acids in soybean meal for growing chickens and the effects of heat upon availability of the essential amino acids. **Poultry Science**, v.47, p.281-287, 1968.