



ARTIGO NÚMERO 185

AMINOÁCIDOS DIGESTÍVEIS NA NUTRIÇÃO DE FRANGOS DE CORTE

Marília Nogueira da Silva Fernandes¹

¹Doutoranda em Zootecnia, Departamento de Zootecnia, Escola de Veterinária, UFMG, Brasil

E-mail: marilia.fernandes@gmail.com



Aminoácidos digestíveis na nutrição de frangos de corte

Marília Nogueira da Silva Fernandes¹

¹Doutoranda em Zootecnia, Departamento de Zootecnia, Escola de Veterinária, UFMG, Brasil

E-mail: marilia.fernandes@gmail.com

Introdução

A partir da década de 60 os nutricionistas passaram a formular as rações com base na digestibilidade dos aminoácidos para atender a necessidade protéica dos animais. Os valores de digestibilidade dos aminoácidos expressam melhor o conteúdo disponível para as aves melhorando o desempenho e reduzindo o custo das dietas.

Trabalhando com o correto balanceamento dos aminoácidos, o animal não receberá a dieta nem com excesso nem com deficiência de aminoácidos. Em níveis acima dos recomendados os aminoácidos são eliminados pelo organismo a um custo elevado de energia que poderia ser destinada a produção, além da liberação do nitrogênio pelas excretas levando a poluição ambiental. Em níveis abaixo dos recomendados, a deficiência de um aminoácido prejudica a absorção dos

demais aminoácidos reduzindo os índices produtivos.

O conhecimento da digestibilidade dos nutrientes representa uma melhora na eficiência de utilização dos alimentos e um aumento na precisão na formulação das rações (Rostagno et al., 1999). A formulação de rações baseando-se em aminoácidos digestíveis otimiza o uso de matérias-primas de alto custo e possibilita a substituição do milho e da soja por ingredientes alternativos, garantindo um aporte equivalente de aminoácidos digestíveis pela correção das deficiências com a suplementação de aminoácidos sintéticos.

A exigência em aminoácidos do animal e o potencial do alimento em fornecer os aminoácidos na forma metabolicamente disponível estão entrelaçados. Para utilizar o conhecimento de um, devemos ter o conhecimento do outro (Levesque, et al. 2010).



As metodologias utilizadas para estimar as exigências de aminoácidos e aminoácidos disponíveis são ainda uma questão de discussão entre os pesquisadores. O objetivo desta revisão de literatura foi abordar sobre os aminoácidos digestíveis na nutrição de frangos de corte.

Revisão de Literatura

Aminoácidos

O aminoácido é uma molécula orgânica que contém um grupo amina (NH_2) e um grupo carboxila (COOH). A forma mais importante dos aminoácidos, os alfa-aminoácidos, que formam as proteínas, tem como estrutura um carbono central ao qual se ligam quatro grupos: o grupo amina, o grupo carboxílico, o hidrogênio e um grupo característico de cada aminoácido. Os aminoácidos se unem através de ligações peptídicas, formando os peptídeos e as proteínas (Champe & Harvey, 1996).

Há mais de 20 aminoácidos constituintes das proteínas dos animais e todos são considerados fisiologicamente essenciais. As aves sintetizam 10 destes aminoácidos, os

outros, devem ser fornecidos através da dieta e são considerados aminoácidos essenciais. Os aminoácidos essenciais para as aves são: a lisina, a metionina, o triptofano, a treonina, a arginina, a isoleucina, a leucina, a histidina, a fenilalanina e a valina. A glicina é um aminoácido condicionalmente essencial, desde que a taxa de síntese não suporte a máxima taxa de crescimento do frango de corte. A tirosina e a cistina são consideradas como “semi-essencial”, desde que possam ser sintetizadas a partir da fenilalanina e da metionina, respectivamente. Nas dietas práticas, a metionina é o primeiro aminoácido limitante e a lisina o segundo para frangos de corte e poedeiras (Ravidran & Bryden, 1999).

Biodisponibilidade dos aminoácidos

Vários termos têm sido utilizados na avaliação da qualidade dos nutrientes do alimento, especialmente para proteínas e aminoácidos. A biodisponibilidade dos nutrientes é importante para a eficiente utilização no crescimento, manutenção e produção dos animais.

A função principal da proteína dietética é fornecer aminoácidos e



proteínas de qualidade, que é medida pelo conteúdo de nitrogênio e aminoácidos constituintes da fonte protéica. A biodisponibilidade de aminoácidos é definida como a proporção de aminoácidos ingeridos através da dieta que são absorvidos e convertidos potencialmente adequados para o metabolismo ou síntese de proteínas (Lewis & Bayley, 1995).

Nutrientes, como os aminoácidos, são considerados biodisponíveis quando podem ser utilizados para as funções metabólicas normais do corpo. Entretanto, a avaliação quantitativa da biodisponibilidade das proteínas e dos aminoácidos é difícil em comparação com carboidratos e gorduras (Ravindran & Bryden, 1999).

Digestibilidade aparente dos aminoácidos

A digestibilidade tem sido utilizada em detrimento do termo disponibilidade de aminoácido, que é o conceito aceito e reconhecido na nutrição animal, atribuído ao fato de que os nutrientes não são completamente digeridos e metabolizados. A disponibilidade de um nutriente é obtida em função do

processo de digestão, da metabolização e da utilização pelo tecido animal (Sakomura & Rostagno, 2007).

Os valores de aminoácidos digestíveis podem ser expressos como: digestibilidade aparente, digestibilidade padronizada e digestibilidade verdadeira. A digestibilidade aparente, da excreta ou da digesta ileal, são valores de digestibilidade que incluem e não distinguem entre os aminoácidos da dieta e os aminoácidos endógenos. Esses valores não são corrigidos para o fluxo de aminoácidos endógenos e podem ser influenciados pelo consumo de ração e conteúdo de proteína na dieta (Fan et al., 1994).

A baixa concentração de proteína e de aminoácidos na dieta pode proporcionar elevada quantidade de aminoácidos endógenos presente na digesta. Ao avaliar as dietas de baixa proteína, a digestibilidade aparente do aminoácido será subestimada devido à elevada contribuição do aminoácido endógeno (Stein et al., 2007).

Com o acréscimo na concentração de proteína da dieta, a proporção dos aminoácidos endógenos irá cair e a digestibilidade aparente aproximará da digestibilidade verdadeira (Stein et al., 2007).



Aminoácidos endógenos

Junto com as fontes dietéticas, as proteínas são também fornecidas para o intestino na forma de secreções endógenas. As mucoproteínas e a descamação das células epiteliais intestinal contribuem para os aminoácidos endógenos no intestino (Scott et al., 1982).

Segundo Simon et al. (1983), mais de 25% da síntese diária de proteína pode ser secretada nos intestinos em várias formas. As proteínas endógenas originam predominantemente de secreções digestivas, tais como: saliva, bile, secreções pancreáticas, secreções gástricas e secreções intestinais. Também os metabólitos, na forma de peptídeos e aminoácidos livres, liberado pelo catabolismo da proteína a partir do intestino grosso podem contribuir para os aminoácidos endógenos (Simon et al., 1986).

Perdas significativas de aminoácidos endógenos ocorrem durante o processo de digestão e absorção ao longo do trato gastrointestinal. É importante estimar essas perdas desde que elas são

consideradas inevitáveis e necessárias para os coeficientes de digestibilidade padronizados (Angkanaporn et al., 1996).

As perdas basais endógenas são referidas como sendo as perdas não específicas, ou seja, as perdas de aminoácidos que não são oriundos da dieta. O fluxo basal de aminoácidos endógenos pode ser melhor estabelecido quando os animais são submetidos ao consumo voluntário de ração e os valores expressos em porcentagem de matéria seca (Jansman et al., 2002).

O fluxo total de aminoácidos endógenos no trato digestivo é a soma da proteína basal endógena e das secreções induzidas através da dieta. As perdas basais endógenas representam as mínimas quantidades de aminoácidos inevitavelmente perdidas pelo animal. As quais estão relacionadas com o fluxo fisiológico do alimento no intestino, estado metabólico do animal, não sendo afetadas pela dieta ou composição do alimento (Stein et al., 2007).

Métodos para determinação da perda endógena de aminoácidos

Existem várias metodologias para determinar as perdas de



aminoácidos endógenos, que incluem: animais em jejum, dieta livre de proteína, curvas de regressão e dietas purificadas.

Aves em jejum

As aves são submetidas a um período de jejum de 24 a 48 horas, para o esvaziamento completo do trato digestório da ave. Após esse período, considera-se que o material excretado é de origem endógena.

A excreta de animais em jejum estima o fluxo de aminoácidos sem a presença do alimento no intestino. A metodologia é rotineiramente utilizada em ensaios de alimentação precisa com galos cecectomizados (Parsons, 2002).

A metodologia é criticada por condicionar a ave a um estado fisiológico anormal e pelas perdas endógenas não serem calculadas em relação à matéria seca ingerida. A matéria seca ingerida é considerada como sendo a maior determinante para as perdas endógenas (Butts et al., 1993).

Os animais quando estão em jejum encontram-se em balanço negativo de nitrogênio e a taxa de síntese total de proteína corporal pode cair causando um decréscimo de

proteína endógena no intestino (Ravindran & Bryden, 1999).

Dieta livre de proteína (DLP)

É considerada uma técnica clássica para determinar níveis de aminoácidos endógenos, pois uma dieta que não contém aminoácidos pode proporcionar o estímulo adequado para o trato digestivo secretar as proteínas endógenas (Ravindran & Bryden, 1999).

As aves são alimentadas com uma dieta livre de proteínas, considerando que a dieta permitiu os processos digestíveis normais e que os aminoácidos coletados são de origem endógena. A produção de enzimas digestivas pode ser estimulada ou não em função da fonte exógena de proteína (Zanella et al., 1999a).

A metodologia DLP é criticada por não estimular a secreção das enzimas proteolíticas, subestimando a produção da perda endógena ao nível de íleo terminal dos animais (Gabert et al., 2001).

Curvas de regressão



Essa metodologia determina o fluxo de aminoácidos endógenos na excreta ou na digesta ileal pela alimentação, em níveis graduais, de uma determinada proteína dietética.

Uma hipótese importante desse método é que não há alterações na quantidade secretada de aminoácido basal endógeno e que o aumento do fluxo de aminoácido ileal é totalmente atribuído aos aumentos de proteína dos alimentos não digeridos (Ravindran & Bryden, 1999).

Uma restrição do uso deste método é o pressuposto de que a resposta é linear e a utilização da metodologia pode produzir elevado erro padrão (Moughan, 2003).

Utiliza a análise de regressão para extrapolar e calcular os aminoácidos endógenos do nível máximo ao zero de inclusão. A crescente excreção de aminoácidos, que pode ser do alimento não digerido e das proteínas endógenas, assumisse ser diretamente proporcional com o acréscimo na inclusão de proteína. (Adedokun et al., 2007).

Caseína hidrolisada enzimaticamente (CHE)

Dieta de alta digestibilidade em função de a caseína ser considerada 100% digestível. Podendo ser utilizado para avaliar fatores específicos que afetam a perda endógena, como o teor de fibra, taninos, inibidores de tripsinas e lecitinas (Rostagno et al., 1999).

Com o pré-tratamento enzimático da caseína o produto apresenta pequenos peptídeos e aminoácidos livres, com massa molecular menor que 10.000 Daltons. As proteínas endógenas apresentam massas moleculares maiores que 10.000 Daltons, com a utilização da centrifugação e da ultra filtração separam-se os componentes, sendo o material retido os aminoácidos endógenos (Rostagno et al., 1999).

As dietas práticas apresentam em sua composição fontes de proteína, não podendo ser utilizadas para avaliar as perdas endógenas de aminoácidos através da metodologia da CHE. A principal limitação deste método é que a caseína hidrolisa enzimaticamente pode ser utilizada somente em dietas semi purificadas (Gabert et al., 2001).

Segundo Moughan (2003), as excreções endógenas contêm aminoácidos livres ou pequenos peptídeos menores que 10.000 Daltons,



contribuindo para subestimar a perda endógena.

Digestibilidade padronizada e verdadeira

Os valores de digestibilidade aparente são corrigidos pelas perdas endógenas de aminoácidos. Quando isso ocorre, o valor é referido como digestibilidade padronizada ou verdadeira.

Os valores de aminoácidos digestíveis verdadeiros e padronizados são utilizados como sinônimos, mas se referem a dois diferentes conceitos. Ambos são corrigidos pelas perdas de aminoácidos endógenos, diferem no tipo de perda de aminoácido endógeno mensurado. A digestibilidade verdadeira é corrigida pelo fluxo de aminoácido basal e induzido pela dieta (Adedokun, 2007).

Apesar de a digestibilidade verdadeira ser de interesse, os procedimentos para mensurar as perdas endógenas específicas da dieta são trabalhosos e requerem equipamentos caros e específicos (Stein et al., 2007).

Métodos “*in vitro*”

A digestibilidade de aminoácidos pode ser estimada usando métodos “*in vitro*” ou “*in vivo*”. Nos métodos “*in vitro*”, como químicos, microbiológicos, refração de infravermelho (NIR) e ensaios de espectroscopia, são vantajosos pela sua simplicidade e resposta rápida.

Esses métodos são reprodutíveis e não requerem uso de animais, os quais são favorecidos por algumas instituições devido à crescente pressão para reduzir o uso de animais em pesquisas. Os métodos “*in vitro*” podem dar um determinado conhecimento sobre o nível proteínicas, que pode afetar negativamente a digestibilidade dos aminoácidos. Os ensaios “*in vitro*” podem estimar a quantidade de aminoácidos disponíveis, particularmente a lisina. Entretanto, não é largamente aceito, pois os valores não são práticos para formulações de ração comercial (Ravindran & Bryden, 1999).

Métodos “*in vivo*”

Os ensaios experimentais mais aceitos para determinar a digestibilidade dos aminoácidos são os métodos “*in vivo*”. Esses podem ser categorizados como métodos diretos e indiretos.



Métodos “*in vivo*” indiretos

Os métodos indiretos para determinar a disponibilidade de aminoácidos incluem ensaios microbiológicos e determinação da concentração de aminoácidos plasmáticos.

O método indireto que mede o nível plasmático de aminoácidos é baseado no princípio que o sangue transporta todo produto da digestão e absorção (peptídeos e aminoácidos livres) para os tecidos do corpo (Ravindran & Bryden, 1999).

A medida indireta do nível plasmático de aminoácidos é baseada na relação entre aminoácidos livres e a absorção de aminoácidos. A concentração de aminoácidos no plasma em jejum é utilizada como referência e comparada com os níveis de aminoácidos no plasma pós-alimentação (Sibbald, 1987).

O método é considerado rápido e prático, mas é dependente de vários fatores, tais como: estado nutricional, idade e ritmo circadiano. Quaisquer mudanças nos aminoácidos plasmáticos são difíceis de interpretar e estimar quantitativamente na disponibilidade ou

digestibilidade dos aminoácidos (Fernandez-Figares et al., 1997).

Segundo Fernandez-Figares et al. (1997), devido a essas limitações, o método de aminoácidos plasmáticos não é amplamente usado e aceito. Essa metodologia foi utilizada para determinar os aminoácidos limitantes para frangos de corte e para determinar as exigências nutricionais de aminoácidos.

Métodos “*in vivo*” diretos

Os métodos “*in vivo*” diretos são os mais aceitos. Há dois tipos de métodos diretos, ensaios de crescimento e ensaios de digestibilidade.

Método da curva de crescimento

As vantagens dos ensaios que medem os parâmetros de crescimento animal é que medem respostas que possuem consequências práticas e econômicas. Esses ensaios consideram o efeito da digestão, absorção e utilização dos aminoácidos provenientes da fonte de proteína. Assim, tal ensaio mede o efeito da qualidade da proteína no metabolismo como um todo (Lewis & Bayley, 1995).



Os ensaios de crescimento são baseados no princípio de que o aminoácido na proteína ou no alimento terá a capacidade de fornecer um aminoácido específico ao crescimento, representado como depósito de proteína. Os ensaios de crescimento são caros, demorados, estima somente um aminoácido por vez e requerem uma dieta purificada ou semi purificada Ravindran & Bryden (1999).

O método da curva de crescimento envolve a adição de níveis crescentes de um aminoácido específico ou alimento teste em uma dieta deficiente em aminoácidos. A metodologia é conhecida como slope-ratio. A biodisponibilidade é calculada pela análise de regressão a partir da razão entre as curvas de crescimento para o alimento teste e o aminoácido de interesse (Parsons, 2002).

Método da digestibilidade

O método mais utilizado para estimar a disponibilidade de aminoácidos é o ensaio de digestibilidade biológica. A metodologia é amplamente usada devido à capacidade de medir todos os aminoácidos em um experimento e

obter valores diretamente aplicáveis ao animal a ser estudado.

A avaliação da digestibilidade pode ser realizada por coleta total (excretas) e/ou por coleta ileal (digesta). Na coleta total, a excreta sofre influência da microbiota cecal, das perdas endógenas e metabólicas. Tornando a determinação da digestibilidade dos aminoácidos complexa e com incertezas em relação à contribuição da digestão cecal para a nutrição (Leeson & Summers, 2001).

A digestibilidade ileal é atualmente a metodologia mais utilizada para estimar a disponibilidade de aminoácidos dos alimentos. É relativamente fácil de determinar, e produz resultados para todos os aminoácidos em um período razoavelmente curto (Stein et al., 2005). A metodologia é baseada no princípio de que o conteúdo coletado no íleo pode ser uma medida mais precisa de digestibilidade, uma vez que haverá alterações microbianas muito pequenas comparadas com a excreta (Adedokun, 2007).

Na coleta ileal, a digesta é coletada no íleo terminal e os níveis de aminoácidos analisados relacionados com a concentração na dieta. A



determinação do coeficiente de digestibilidade ileal de aminoácidos é conhecida como aparente por serem consideradas as perdas endógenas. (Sakomura & Rostagno, 2007).

A digestibilidade ileal pode ser determinada pela inserção de uma cânula no íleo terminal ou pelo abate das aves e coleta da digesta do intestino delgado distal. A técnica mais utilizada é a do abate, onde o conteúdo de toda a região ileal é coletado (Adedokun, 2007).

As aves são alimentadas com uma dieta experimental com um marcador apropriado por um período de vários dias ou semanas. Após completar o período experimental, as aves são eutanasiadas e a digesta ileal é coletada (Adedokun et al., 2008).

A digesta é coletada de toda a região ileal entre o divertículo de Meckel e a junção íleo cecal. No entanto, tem sido sugerido que a coleta dos últimos 15 – 20 cm do intestino delgado tem sido preferida (Kadim & Moughan, 1997).

Marcadores de digestibilidade

O uso da metodologia de digestibilidade total e/ ou ileal requer a

utilização de um marcador indigestível para relacionar o conteúdo de aminoácidos no íleo com o da dieta.

Segundo Sakomura & Rostagno (2007), o marcador mais efetivo é inerte, não pode ser digerido ou absorvido no trato gastrointestinal e não pode ter nenhum efeito no sistema digestivo. Nos experimentos de digestibilidade de aminoácidos, os marcadores mais utilizados são: óxido cromo (Cr_2O_3), cinza insolúvel em ácido (AIA) e dióxido de titânio (TiO_2).

O fator de indigestibilidade do aminoácido é determinado pela razão da concentração do marcador na dieta com a concentração na digesta ileal ou nas excretas (Sakomura & Rostagno, 2007).

Alimentação precisa em galos cecectomizados

A maioria dos estudos sobre aminoácidos digestíveis para aves foram baseados nos ensaios de coleta de excretas.

Sibbald (1976) desenvolveu um método de alimentação rápida que envolve alimentação precisa em galos adultos para avaliar energia metabolizável e aminoácidos digestíveis dos alimentos.



Corrigindo as perdas de aminoácidos endógenos permite determinar a digestibilidade verdadeira. Porém, devido à fermentação microbiana que ocorre no ceco, existem dúvidas se a metodologia pode estimar corretamente a digestibilidade dos aminoácidos (Bryden et al., 1990).

Após as aves passarem por um jejum, elas são alimentadas com uma quantidade conhecida de ração, as excretas são coletadas após um período de 48 horas e os aminoácidos analisados. As perdas de aminoácidos endógenos são calculadas a partir das coletas de excretas dos galos em jejum ou alimentadas com uma dieta livre de proteínas. A modificação microbiana dos aminoácidos assim como a contribuição da proteína microbiana nas excretas podem modificar os valores das análises, que pode influenciar os valores de digestibilidade calculados a partir da análise total de excretas (Ravindran & Bryden, 1999).

De acordo com Parsons (2002), foi proposto remover cirurgicamente os cecos, com a finalidade de avaliar de forma mais precisa a digestibilidade dos aminoácidos. Não havendo mais influência da fermentação microbiana.

Os experimentos com galos cecectomizados são rápidos em comparação com ensaios de crescimento e níveis plasmáticos de aminoácidos. Como cada ave recebe 30 gramas de ração, apenas uma pequena quantidade de ração é necessária. Não há a necessidade de um marcador da digesta e os valores de digestibilidade podem ser obtidos para qualquer alimento, devido à alimentação forçada. Devido à alimentação forçada, esse método não simula um comportamento natural. São realizados com aves adultas, os valores de digestibilidade de aminoácidos não podem ser utilizados para aves jovens (Parsons, 2002).

Fatores que influenciam a digestibilidade de aminoácidos dos alimentos

Os fatores que podem influenciar a digestibilidade de aminoácidos são vários, tais como: a metodologia utilizada para determinar a digestibilidade, a metodologia para determinar as perdas endógenas, as fibras e os fatores anti-nutricionais presentes na dieta, entre outros.



A metodologia utilizada é um dos fatores que podem influenciar o coeficiente de digestibilidade dos aminoácidos

Ravindran et al. (1999), avaliando a digestibilidade aparente de alguns alimentos energéticos e proteicos determinados com frangos de corte de 35 a 42 dias de idade observaram que no milho a digestibilidade da lisina determinada com a coleta ileal e total foram respectivamente 74 e 75%, porém quando foi avaliada a treonina, a digestibilidade foi de 82 e 76%, sendo uma diferença significativa entre a coleta ileal e total.

Garcia et al. (2007), relatou que os valores de digestibilidade ileal padronizada dos aminoácidos para pintos foram significativamente menores em comparação com galos cecectomizados para os mesmos ingredientes. Atribuindo a diferença para a idade ou metodologia.

Adedokun et al. (2009), compararam a digestibilidade de aminoácido em galos cecectomizados com a digestibilidade ileal em poedeiras e frangos de corte. As digestibilidades de aminoácido foram significativamente diferentes para o farelo de canola, farelo

de soja e farinha de carne e ossos quando comparada entre os galos e os frangos de corte. A digestibilidade ileal de aminoácidos foi significativamente maior nas poedeiras do que nos frangos para o milho e farinha de carne e osso, porém não houve diferenças nos outros alimentos analisados.

O método usado para a determinação da perda endógena pode refletir sobre o coeficiente de digestibilidade

Siriwan et al. (1993), observaram que a perda endógena ileal de aminoácidos em galos submetidos ao jejum foi significativamente menor do que os valores obtidos com aves alimentadas com dieta livre de proteína e ambos menores do que a perda determinada pela análise de regressão. Os coeficientes de digestibilidade aparentes de aminoácidos da dieta com 20% de proteína bruta foram mais baixos em frangos (84%) do que em galos (88%). Quando corrigidos pela análise de regressão, os coeficientes de digestibilidade verdadeira foram de 90 e 92%, respectivamente.



O consumo de aminoácidos ou de proteínas pode influenciar a digestibilidade dos aminoácidos

Os níveis de aminoácidos endógenos no íleo diminuem com o aumento no consumo dos aminoácidos dietéticos, sendo um fator na variação da digestibilidade ileal. (Fan et al., 1994).

Angkanaporn et al. (1996), avaliaram o efeito dos níveis de proteína dietética sobre a digestibilidade dos aminoácidos. Realizaram ensaios de metabolismo com dietas contendo níveis de proteína de 5 a 25% e observaram que à medida que o nível de proteína crescia a digestibilidade aparente dos aminoácidos aumentava. Para a lisina o coeficiente de digestibilidade aparente foi aumentando de 87,1 para 89,6% e para a treonina de 80,7% para 86,3%, quando a proteína foi de 5 para 15%.

A fibra e fatores anti-nutricionais podem influenciar a digestibilidade dos aminoácidos

Coon et al. (1989), observaram em galos que a digestibilidade de aminoácidos no farelo de soja foi de

91,6% quando a alfa-galactosidade foi extraída com etanol e de 88% no farelo de soja normal. Além de melhor digestibilidade da metionina, alanina, valina e lisina no farelo de soja que passou pela extração com etanol.

A quantidade de ração ingerida pode influenciar na digestibilidade de aminoácidos

No método da alimentação forçada ou método de Sibbald, ao fornecer 25g de alimento aos galos e comparar ao consumo de 50g de alimento, observa uma redução na digestibilidade aparente dos aminoácidos contidos no grão de trigo. Isso indica que níveis de consumo afetam a digestibilidade (Borges, 1999).

Considerações finais

As formulações de rações para aves estão sendo feitas baseadas em aminoácidos digestíveis, mediante a justificativa de que os valores nutritivos dos ingredientes das rações são mais precisamente determinados e tais formulações são as que mais se aproximam das exigências dos animais



do que aquelas baseadas em aminoácidos totais.

Para a utilização do conceito aminoácidos digestíveis nas formulações de rações têm que ter o conhecimento da digestibilidade dos aminoácidos presentes nos alimentos. E, a disponibilidade de aminoácidos sintéticos para a suplementação na ração quando os aminoácidos presentes nos alimentos não forem suficientes para atender as exigências das aves.

Diante deste contexto temos duas grandes dificuldades; uma delas é que nem todos os aminoácidos estão disponíveis para a indústria de nutrição animal. A outra é que os coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos dos alimentos são encontrados em tabelas nutricionais e, esses valores variam demais entre as tabelas.

Os valores de aminoácidos disponíveis são provenientes de

experimentos de digestibilidade que, inicialmente, foram realizados com galos adultos cecectomizados, mas gradualmente tem sido modificado para ensaios de determinação de digestibilidade ileal com frangos de corte em crescimento.

Conforme foi apresentado nesta revisão, a metodologia utilizada pode influenciar na estimativa dos valores da digestibilidade dos aminoácidos, assim como, os valores de aminoácidos endógenos, presença de fatores anti-nutricionais, a quantidade de ração consumida, entre outros.

Neste contexto, são necessárias mais estudos para o estabelecimento de um protocolo internacional para a determinação da digestibilidade aparente e verdadeira de aminoácidos dos alimentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADEDOKUN, S.A. Standardized amino acid digestibility determination in poultry. Ph.D. Dissertation, Purdue University, West Lafayette, IN. 2007.

ADEDOKUN, S.A.; PARSONS, C.M.; LILBURN, M.S. et al. Endogenous amino acid flow in broiler chicks is affected by the age of birds and method of estimation. **Poultry Science**, v. 86, p. 2590 – 2597, 2007.



ADEDOKUN, S.A.; ADEOLA, O.; PARSONS, C.M. et al. Standardized ileal amino acid digestibility of plant feedstuffs in broiler chickens and turkey poults using a nitrogen-free or casein diet. **Poultry Science**, v.87, p. 2535 – 2548, 2008.

ADEDOKUN, S.A.; UTTERBACK, P.; PARSONS, C.M. et al. Comparison of amino acid digestibility of feed ingredients in broiler, laying hens and cecectomised roosters. **Brazilian Poultry Science**, v. 50, p. 350 – 358, 2009.

ANGKANAPORN, K.; RAVINDRAN, V.; BRYDEN, W.L. Additivity of apparent and true ileal amino acid digestibilities in soybean meal, sunflower meal, and meat and bone meal for broilers. **Poultry Science**, v.75, p. 1098-1103, 1996.

ANGKANAPORN, K.; RAVINDRAN, V.; MOLLAH, Y. et al. The measurement of endogenous amino acids in the excreta of adult cockerels. **Brazilian Poultry Science**, v. 38, p. 270 – 276, 1996.

BORGES, F.M.O. Determinação de valores energéticos e dos aminoácidos digestíveis do grão de trigo e seus subprodutos para frangos de corte. Belo Horizonte: UFMG, 1999. 135 p. Doutorado – UFMG, 1999.

BRYDEN, W.L.; SIRIWAN, P.; ANNISON, E.F. Development in the estimation of amino acid availability. In: Proceedings of the Eighth Australian Poultry and Feed Convention. Gold Coast. 1990.

BUTTS, C.A.; MOUGHAN, P.J.; SMITH, W.C.; et al. The effect of food dry matter intake on the endogenous ileal amino acid extraction determined under peptide alimentation in the 50 kg live weight pig. **Journal Science Food Agriculture**, v. 62, p. 235-243, 1993.

CHAMPE, P.C.; HARVEY, R.A. Bioquímica Ilustrada. 2ª ed. Porto Alegre: Artes Médicas Sul (ARTMED), 1996.



COON, C.N.; LESKE, L.K.; AKAVANICHAN, O. et al. Effect of oligosaccharide-free soybean meal on true metabolizable energy and fiber digestion in adult roosters. *Poultry Science*, v.69, p. 787-793, 1990.

FAN, M.Z.; SAUER, W.C.; HARDIN, R.T. et al. Determination of apparent ileal amino acid digestibility in pigs: effect of dietary amino acid level. ***Journal of Animal Science***, v.72, p.2851-2859, 1994.

FERNANDES-FIGARES, I.; PRIETO, R.N.; AQUILERA, J.F. Free amino acids concentrations in plasma, muscle, and liver as indirect measures of protein adequacy in growing chickens. ***Journal of Animal Science***, v. 64, p. 529 – 539, 1997.

GABERT, V.M.; JOGERSEN, H.; NYACHOTIC, M. Bioavailability of amino acids in feedstuffs for swine In: LEWIS, A.J. E SOUTHERN, L.L. (eds.) *Swine nutrition*. Florida: CRC Press. 2 ed. 2001. p. 151-186.

GARCIA, A.R.; BATAL, A.B.; DALE, N.M. A comparison of methods to determine amino acid digestibility of feed ingredients for chickens. ***Poultry Science***, v. 86, p. 94 – 101, 2007.

JANSMAN, A.J.M.; SMINK, P. L.; RADEMACHER, M. Evaluation through literature data of the amount and amino acid composition of basal endogenous crude protein at the terminal ileum of pigs. ***Animal Feed Science Technology***, v. 98, p. 49 – 60, 2002.

KADIN, I.T.; MOUGHAN, P.J. Ileal amino acid digestibility assay for the growing meat chicken: Effect of the imposition of a fasting period and the nature of the test diet. ***Brazilian Poultry Science***, v. 38, p. 285 – 290, 1997.

LEESON, S.; SUMMERS, J.D. *Nutrition of the chickens*. Guelph: University Books, 2001. 591 p.



LEMME, A.; RAVINDRAN, V.; BRYDEN, W.L. Ileal digestibility of amino acids in feed ingredients for broilers. **World's Poultry Science Journal**, v.60, n.4, p.423-438, 2004.

LEVESQUE, C.L.; MOEHN, S.; PENCHARZ, P.B.; et al. Review of advances in metabolic bioavailability of amino acids. In: 11th International Symposium on Digestive Physiology of Pigs. *Livestock Science*, v.133, n.1, p. 4-9, 2010.

LEWIS, A.J.; BAYLEY, H.S. Amino acid bioavailability. In: Ammerman, C.B.; Baker, D.H.; Lewis, A.J. (Eds.), *Bioavailability of Nutrients for Animals – Amino Acids, Minerals, Vitamins*. Academic Press Inc, San Diego, CA, p. 35-65, 1995.

MOEHN, S.; BERTOLO, R.F.P.; PENCHARZ, P.B. et al. Development of the indicator amino acid technique to determine the availability of amino acids from dietary protein in pigs. **Journal of Nutrition**, v. 135, p. 2866-2870, 2005.

MOUGHAN, P.J. Amino acid digestibility in food and feedstuffs. In: *Digestive Physiology in Pigs* 9th International Symposium, University of Alberta, Alberta, Canada, 2003.

MOUGHAN, P.J. Simulating the partitioning of dietary amino acids: New directions. **Journal of Animal Science**, v. 81, Suppl 2, p.E60-E67, 2003.

PARSONS, C.M. Digestibility and bioavailability of protein and amino acids. In: *Poultry Feedstuffs*: McNab, J.M.; Boorman, K.N. (ed.) Supply, composition and nutritive value. CABI, Oxon, UK, 2002.

RAVINDRAN, V.; BRYDEN, W.L. Amino acid availability in poultry – *in vitro* and *in vivo* measurements. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 50, p. 889 – 908, 1999.



RAVINDRAN, V.; HEW, L.I.; RAVINDRAN, G. et al. A comparison of ileal digesta and excreta analysis for the determination of amino acid digestibility in food ingredients for poultry. **British Poultry Science**, v.40, p.266-274, 1999.

ROSTAGNO, H.S.; PUPA, J.M.R.; PACK, M. Diet formulation for broilers based on total versus digestible amino acids. **Journal of Apply Poultry Research**, v.4, p. 293-299, 1995.

ROSTAGNO, H.S.; NASCIMENTO, A.H.; ALBINO, L.F.T. Aminoácidos totais e digestíveis para aves. In: Simpósio Internacional sobre Nutrição de Aves, Campinas, SP, 1999. Anais... Campinas: FACTA, p. 65-83, 1999.

SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. Jaboticabal: Funep, 2007. 283p.

SCOTT, M.L.; NESHEIM, M.C.; YOUNG, R.J. Nutrition of the chicken 4th edition. M.L. Scott & Associates, Ithaca, New York, 1982.

SIBBALD, I.R. A bioassay for true metabolizable feedingstuffs. **Poultry Science**, v. 55, p. 303 -308, 1976.

SIBBALD, I.R. Estimation of bioavailable amino acids in feedingstuffs for poultry and pigs: A review with emphasis on balance experiments. **Canada Journal of Animal Science**, v. 67, p. 221 – 300, 1987.

SIMON, O.; ZEBROWSKA, T.; BERGNER, H.; MUNCHMEYER, R. Investigations on the pancreatic and stomach secretion in pigs by means of continuous infusion of ¹⁴C – amino acids. **Archives of Animal Nutrition**, v. 33, p. 9 – 12, 1983.

SIMON, O.; ZEBROWSKA, T.; BERGNER, H. et al. Studies on the secretion of amino acids and urea into the gastrointestinal tract of pigs. 1. Secretion of leucine into



the stomach and upper part of the duodenum during continuous intravenous infusion of ^{14}C – leucine. **Archives of Animal Nutrition**, v. 36, p. 5 – 16, 1986.

SIRIWAN, P.; BRYDEN, W.L.; MOLLAH, Y. et al. Measurement of endogenous amino acid losses in poultry. **Brazilian Poultry Science**, v.34, n.5, p. 939-949, 1993.

STEIN, H.H.; PEDERSEN, C.; WIRT, A.R. et al. Additivity of values for apparent and standardized ileal digestibility of amino acids in mixed diets fed to growing pigs. **Journal of Animal Science**, v.83, p. 2387-2395, 2005.

STEIN, H.H.; SÈVE, B.; FULLER, M.F.; et al. Invited review: amino acid bioavailability and digestibility in pig feed ingredients: terminology and application. **Journal of Animal Science**, v.85, p. 172-180, 2007.

ZANELLA, I.; SAKOMURA, N.K.; PIZAURO, J.A. et al. Efeito da adição de enzimas exógenas na dieta sobre a atividade enzimática da amilase e tripsina pancreática em frangos de corte. In: Conferência Apinco de Ciências e Tecnologias Avícolas, 1999a, Campinas. Anais. Campinas: 1999a. p.45.