



NUTRItime

REVISTA ELETRÔNICA
www.nutritime.com.br

ISSN-1983-9006

Revista Eletrônica Nutritime, Artigo 170
v.9, n° 04 p.1861 - 1874 – Julho/Agosto 2012



Artigo Número 170

Energia Metabolizável e Aminoácidos Digestíveis dos Alimentos para Frangos de Corte

Bruno Andreatta Scottá¹, Cinthia Maria Carlos Pereira², Verônica Maria Pereira Bernardino³

¹ Doutorando em Nutrição de Monogástrico UFV, email: bruno.scotta@ufv.br

² Doutoranda em Nutrição de Monogástrico UFV, email: cynthia.pereira@ufv.br

³ Doutoranda em Nutrição de Monogástrico UFLA, email: veronicampb@gmail.com



INTRODUÇÃO

A avicultura brasileira assumiu posição de destaque no setor agrícola brasileiro, sendo uma das mais importantes e rentáveis atividades deste setor. O país é o terceiro maior produtor mundial de carne de frango e o primeiro no ranking das exportações. A melhoria na nutrição, manejo, melhoramento genético, ambiência e condições sanitárias têm permitido o desenvolvimento constante da atividade avícola.

A energia presente nos alimentos é o produto resultante da transformação dos nutrientes pelo metabolismo animal. Os valores de energia metabolizável (EM) dos alimentos são importantes no cálculo de rações para aves, sendo sua utilização essencial para a produção adequada dos animais e retorno econômico para o produtor.

A determinação dos valores de EMA apresenta certas dificuldades, principalmente devido às metodologias utilizadas e ao tempo necessário para realizar o ensaio de metabolismo, bem como a existência de variações na composição química de um mesmo alimento.

Para melhor utilização dos alimentos pelos animais, é preciso conhecer, além da composição química e energética, o teor de aminoácidos digestíveis, uma vez que os aminoácidos que compõem a proteína dos alimentos não estão totalmente disponíveis para o animal. Entretanto, para isto se faz necessário determinar os coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos nos diferentes alimentos, visando melhorar o aproveitamento desses aminoácidos pelos animais, aumentando, assim, a produtividade e a lucratividade do setor (Fischer Jr., 1997).

Com isso, objetivou-se com essa revisão apresentar os principais métodos utilizados para a determinação dos valores de energia metabolizável e de aminoácidos digestíveis dos alimentos para frangos

de corte, assim como os fatores que podem levar a alteração desses valores.

ENERGIA METABOLIZÁVEL

A energia é um componente fundamental na elaboração de rações avícolas, não é um nutriente, mas sim o resultado da oxidação dos nutrientes durante o metabolismo animal. Sibbald (1982), afirmou que a energia é requerimento decisivo para as aves e componente importante de todos os alimentos. Portanto, para o controle da produtividade, da eficiência e da rentabilidade é necessário o conhecimento detalhado dos valores energéticos dos alimentos e também as exigências nutricionais dos animais.

A energia presente nos alimentos é um dos fatores limitantes do consumo e está envolvida em todos os processos produtivos das aves. Além de influenciar no consumo de ração, o nível energético das dietas, também influencia no desempenho das aves e no custo da formulação das rações (Faria & Santos, 2005).

Existem várias formas de expressar o conteúdo energético presente nos alimentos, como a energia bruta (EB), energia digestível (ED), energia metabolizável (EM) e energia líquida (EL). A energia bruta (EB) indica simplesmente a energia presente no alimento. Segundo o NRC (1994), a energia bruta é a quantidade de energia liberada como calor quando o alimento é completamente oxidado a dióxido de carbono e água. Já a energia digestível (ED) é determinada pela diferença entre a energia bruta consumida e a energia bruta contida nas fezes, como no caso das aves, as fezes e a urina são excretadas juntas, a utilização desse método se torna inviável.

A energia metabolizável (EM) é a energia bruta consumida descontando a energia presente nas



fezes e urina (excreta) e nos produtos gasosos da digestão. Para aves domésticas a produção de gases é geralmente insignificante, assim, a energia metabolizável representa a energia bruta consumida menos a energia bruta da excreta. Por fim, temos a energia líquida (EL), que é a energia metabolizável descontando a energia perdida como incremento calórico, esta é a energia efetivamente utilizada pelo animal e pode ser fracionada em energia líquida para manutenção e energia líquida para produção. No entanto, o alto custo dos equipamentos junto às dificuldades de medi-la são as maiores limitações para a utilização deste valor de energia.

Matterson et al. (1965) afirmaram preferir o uso de valores de EM a valores de EL como medida do valor energético dos alimentos porque a EM é reproduzível em diferentes laboratórios, é pouco afetada por balanço nutricional, é altamente relacionada com o desempenho animal, não é afetada por diferenças genéticas e é relativamente fácil de determinar, enquanto a EL não é prontamente reproduzível, é influenciada pelo balanço nutricional, pela alteração de densidade dos alimentos e grandemente influenciada pelas diferenças genéticas.

A energia da excreta é proveniente de parte do alimento não absorvida pelo animal e perdas de material endógeno. A energia metabolizável aparente (EMA) consiste na diferença entre energia consumida e energia da excreta, sem levar em consideração que parte da energia da excreta é proveniente de material endógeno. Desta forma, a energia contida na excreta proveniente das perdas endógenas é contabilizada como se fosse energia do alimento não absorvido. Por outro lado, quando se determina a quantidade de energia proveniente de perdas endógenas e considera-se este valor nos cálculos temos a energia metabolizável verdadeira (EMV), com isso, a EMV será sempre maior que a

EMA, como mostrado por Song et al. (2003).

Os valores de EMA ou de EMV podem ser corrigidos em função do balanço de nitrogênio (BN), possibilitando uma estimativa da retenção ou perda de nitrogênio pelo animal (Wolynetz & Sibbald, 1984). O nitrogênio retido como tecido, se catabolizado, contribuirá para as perdas de energia urinária endógena, pois é excretado na forma de compostos que contêm energia, tal como o ácido úrico, levando à valores de EMA e EMV distintos.

MÉTODOS PARA DETERMINAR A ENERGIA METABOLIZÁVEL DOS ALIMENTOS

Várias metodologias são comumente utilizadas para a determinação dos valores de energia metabolizável dos alimentos, destacando-se os ensaios biológicos, como: método tradicional de coleta total de excreta (Sibbald & Slinger, 1963), método de alimentação precisa (Sibbald, 1976) e método rápido (Farrell, 1978). Temos também os métodos não biológicos ou *in vitro* e o uso de equações de predição que é considerado um método indireto.

A utilização destes métodos permite a determinação dos valores de energia metabolizável aparente (EMA), energia metabolizável aparente corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMA_n), energia metabolizável verdadeira (EMV) e energia metabolizável verdadeira corrigida pelo balanço de nitrogênio (EMV_n). Todos esses métodos podem ser utilizados na determinação dos valores energéticos dos alimentos, mas é necessário conhecer suas metodologias, vantagens e desvantagens.

Entre os métodos biológicos, o método de coleta total de excretas é o mais difundido. Este considera a energia metabolizável aparente como



sendo a energia consumida subtraída da energia excretada pelas aves. Para isso, utiliza-se uma ração referência a qual é incluído uma quantidade conhecida do alimento a ser testado. O consumo é contabilizado, mas à vontade e realiza-se, a coleta total das excretas por um período de cinco dias consecutivos.

As principais críticas a este método são devido à diminuição dos valores da EMA à medida que se diminui o consumo de alimento (Borges et al. 1998), e ao fato de que nem toda energia perdida na excreta é proveniente do alimento, uma vez que existem perdas metabólicas e endógenas, que podem subestimar os valores de EMA, e a possível presença de penas e ração no material coletado que pode afetar os valores de EM dos alimentos.

Devido às críticas ao método de coleta total de excretas, Sibbald (1976) desenvolveu o método de alimentação forçada ou precisa que permite obter valores de EMV. O alimento a ser testado é administrado diretamente, por meio de um funil sonda, no papo de galos adultos em quantidades conhecidas, que podem variar de 20 a 30g. Os galos antes de serem entubados devem passar por um período de jejum de 48 horas e, após a alimentação é realizada a coleta total de excretas por um período de 48 horas. Este método considera as perdas endógenas e metabólicas através de alguns galos mantidos em jejum por um período de 48 horas.

Como vantagens desse método, temos a rapidez para a execução da metodologia e a necessidade de pequena quantidade de alimento teste. Entretanto, este método apresenta desvantagens, pois considera constantes os valores de energia endógena e metabólica excretados, independente do consumo de alimento (quantidade e qualidade), além de descartar o possível sinergismo ou antagonismo que ocorre entre os ingredientes da ração na utilização da energia quando se utiliza alimentos puros (Farrel &

Raharjo, 1982). Ademais, possui um período de jejum, no qual, as aves são submetidas antes de serem forçadas a ingerir o alimento teste, resultando num estado fisiológico anormal.

Outro método utilizado é o método rápido proposto por Farrel (1981), consiste no uso de galos adultos treinados a consumir 80 a 100g de ração peletizada (50% de ração referência e 50% do alimento teste) no período de uma hora, com um período de coleta das excretas de 48 horas após o consumo. Nesse método os galos são alojados em gaiolas individuais, permitindo assim, controle rigoroso do consumo e da coleta das excretas.

Dentre os problemas relacionados com esta técnica, Schang & Hamilton (1982) constataram que muitos galos mesmo treinados não conseguem ingerir em uma hora a quantidade de alimento necessária para atender às suas exigências nutricionais, ocasionando alta variabilidade nos resultados. E também o tempo gasto para treinamento dos galos e preparo das rações experimentais

Estudando nove alimentos para determinar a EMA, Albino et al., (1992), observaram que os valores determinados com o método tradicional foram maiores que os obtidos pelo método de alimentação forçada. Quando corrigiram os valores pelo BN, os autores observaram acréscimo nos valores de EMA obtidos pelo método de alimentação forçada, devido ao período de jejum e à pequena quantidade de consumo de alimento, as influências das perdas de energia fecal metabólica (EFm) e a energia urinária endógena (EUE) sobre os valores de EMA e EMA_n são maiores, sendo vantajosa a adoção do método tradicional sobre o método da alimentação precisa, na determinação de EMA e EMA_n .

Freitas et al., (2006) ao avaliarem o efeito da formulação de rações para frangos de corte com utilização de valores de EM dos alimentos determinados por diferentes



métodos: EM aparente corrigida (EMA_n) e EM aparente (EMA), ambas determinadas pelo método de coleta total com pintos; EMA_n , determinada pelo método da coleta total com galos e EM verdadeira corrigida (EMV_n) determinada pelo método da alimentação forçada com galos, concluíram que para a fase inicial (1 a 21 dias de idade) o melhor ajuste da energia foi obtido com a formulação da ração com os valores de EMA_n determinados com pintos, após essa fase deve-se considerar os valores de EMA_n ou EMV_n ambas determinadas com galo.

Um método indireto para se determinar a EM dos alimentos são as equações de predição. As equações de predição utilizam parâmetros físicos e químicos dos alimentos e podem aumentar a precisão no processo de formulação de rações, por meio da correção dos valores energéticos (Albino & Silva, 1996). Para Rostagno et al. (2007), o uso de equação de predição da energia permite maximizar a utilização dos dados de composição obtidos mediante análises laboratoriais de rotina.

As equações de predição desenvolvidas descrevem, segundo Dale et al., (1990), a relação entre a composição proximal e a EMV_n de um grupo inicial de amostras. Estas equações não podem, necessariamente, serem assumidas como úteis na predição da EMV_n de amostras futuras, sendo necessário testar a confiabilidade da estimativa. Assim, testando novas amostras, os autores observaram que a variação dos valores de EMV_n obtida por equações de predição foi menor que os valores determinados.

Dolz & De Blas (1992), observaram que as melhores equações foram encontradas quando utilizaram as variáveis; proteína bruta e extrato etéreo, as quais foram responsáveis, no caso da farinha de carne e ossos, por mais de 96 e 98% da variabilidade total nas estimativas dos valores de EMA_n e EMV_n , respectivamente.

FATORES QUE PODEM ALTERAR OS VALORES DE ENERGIA METABOLIZÁVEL DOS ALIMENTOS

Vários fatores podem interferir direta ou indiretamente nos valores de energia metabolizável dos alimentos. Um desses fatores é a metodologia empregada para a obtenção da energia metabolizável.

Um fator que pode alterar o valor de energia metabolizável dos alimentos é o balanço de nitrogênio (BN), pois durante um ensaio experimental o animal pode reter ou perder nitrogênio fazendo com que modifique os valores de energia excretada. O nitrogênio retido na forma de tecido animal, quando catabolizado, contribui para as perdas de energia urinária endógena, portanto, variações na retenção de nitrogênio contribuirão para variações nos valores de EMA. Sendo assim, o uso da correção dos valores de EM pelo balanço de nitrogênio (BN) é recomendado para que se possa estimar com precisão a retenção ou perda de nitrogênio pelo animal.

O BN consiste na diferença entre as quantidades de nitrogênio ingerido e excretado pelo animal. O total de nitrogênio retido ou perdido pelo animal ajusta a EMA obtendo-se a energia metabolizável aparente corrigida para nitrogênio (EMA_n). O fator de 8,22 kcal por grama de nitrogênio retido representa a energia equivalente quando o ácido úrico é completamente oxidado (Hill & Anderson, 1958). Essa constante tornou-se universalmente utilizada, pois cerca de 80% do nitrogênio encontrado na urina das aves está na forma de ácido úrico.

Quando se compara a EMA do mesmo alimento para animais de diferentes idades ou espécies é essencial que o valor esteja corrigido para BN, pois animais de diferentes



idades ou espécies apresentam retenção de nitrogênio diferente. O BN tende a ser positivo para frangos em crescimento, devido a estes estarem retendo nitrogênio para a deposição de proteína corporal. Andreotti et al. (2004) verificaram que frangos em crescimento, com idade de 22 a 30 dias, apresentam maior retenção de nitrogênio quando comparados com frangos na fase final, 42 a 50 dias.

Segundo Rodrigues (2000) a retenção do nitrogênio pode ser afetada por vários fatores, dentre eles, o consumo e a composição do alimento fornecido. Borges et al. (2003) também comentam que a excreção proteica e o BN são afetados pelo nível de ingestão e inferem que desse modo o menor consumo pela metodologia de alimentação forçada pode levar a maiores erros experimentais.

Soares et al. (2005) ao determinarem os valores de EM de alguns alimentos proteicos de origem animal e vegetal para pintos de corte na fase pré-inicial (1 a 7 dias de idade) concluíram que as correções pelo balanço de nitrogênio reduziram os valores energéticos em média de 9 a 15% para as fontes proteicas estudadas, os autores atribuíram essa redução no valor de EMA_n em relação ao de EMA, devido à retenção positiva de nitrogênio visto que as aves estavam em crescimento.

A idade das aves é outro ponto importante a ser observado, pois aves mais jovens possuem menor capacidade de digestão e absorção de nutrientes, por não estarem com seu sistema digestivo completamente desenvolvido, em especial para as gorduras presentes na dieta resultantes da baixa secreção de lipase e sais biliares (Schutte, 1998). Em contrapartida, aves mais velhas, que apresentam sistema digestivo plenamente desenvolvido e de maior tamanho, possibilita maior permanência do alimento em contato com as enzimas e secreções gástricas e, promove melhor aproveitamento dos alimentos.

Sakomura et al. (2004) ao avaliarem a idade do frango sobre a atividade das enzimas pancreáticas e a digestibilidade do alimento verificaram que nas três primeiras semanas de idade das aves ocorreram menores valores de EM, isso pode ser justificado pelos baixos coeficientes de digestibilidade do extrato etéreo verificados nessa fase, assim como pelas atividades da amilase e da lipase o que indica que nessas semanas a capacidade de digestão das aves não está totalmente desenvolvida, fato que limita o aproveitamento dos nutrientes das dietas, principalmente das gorduras.

Brumano et al., (2006) ao determinarem os valores de EMA e EMA_n de 10 alimentos para frangos de corte em dois períodos experimentais (21 a 30 dias e 41 a 50 dias de idade) encontraram diferença estatística entre os dois períodos, para alguns dos alimentos avaliados, sendo que no período de 41 a 50 dias tanto os valores de EMA quanto os de EMA_n foram superiores aos valores determinados no período de 21 a 30 dias de idade. Mello et al. (2009) ao trabalharem com oito diferentes alimentos para frango de corte, verificaram aumento nos valores da EMA em seis alimentos na medida em que se aumentou a idade dos animais.

O processamento e o armazenamento dos alimentos interferem na digestibilidade dos nutrientes, podendo alterar o seu valor energético (Freitas et al., 2005). Carvalho et al. (2004), ao trabalharem com milhos submetidos a diferentes temperaturas de secagem (80, 100 e 120°C) e diferentes tempos de armazenamento (0, 60, 120 e 180 dias) observaram redução linear dos valores de EMA e EMA_n com o aumento do tempo de armazenamento.

Scapim et al. (2003), estudando diferentes processamentos térmicos para farinha de penas e sangue encontraram diferenças significativas entre os valores energéticos dos alimentos submetidos aos diferentes processamentos.



Sakomura et al. (2004) observaram que a soja integral extrusada apresentou valores de EM superiores ao farelo de soja com a adição de óleo e à soja integral tostada pelo vapor.

A granulometria do alimento também interfere nos valores de EMA e EMA_n , Brugalli et al. (1999) trabalhando com diferentes granulometrias da farinha de carne e ossos, verificaram que as partículas médias e finas apresentaram maiores valores de EMA e EMA_n que as partículas grossas.

O nível de inclusão do alimento teste à ração é outro fator de grande relevância na determinação da energia metabolizável dos alimentos. Estudos realizados por Dolz & De Blas (1992) verificaram que ao aumentar o nível de inclusão da farinha de carne e ossos de 6 para 12%, ocorreu diminuição de 5,5% nos valores de EMA_n e, entre 12 e 24%, não observaram diferença para EMA_n . Nascimento et al., (2005) ao avaliarem diferentes níveis de inclusão de farinhas de vísceras (5, 10, 20, 30 e 40%), verificaram que com o aumento da inclusão do alimento teste na ração houve uma redução nos valores de energia do alimento.

O sexo também deve ser levado em consideração, pois pode interferir na utilização de energia pelas aves. Segundo D'agostini et al. (2004), os valores de EM podem ser influenciados pelo sexo das aves.

Nascif et al. (2004) encontraram maiores valores de EMA e EMA_n de alguns tipos de gordura para pintos machos, sendo que para fêmeas os valores foram 98% daqueles encontrados para os machos. Assim como Ranvindran et al. (2004), avaliando o efeito do sexo das aves sobre os valores de energia metabolizável aparente corrigida, verificaram maiores valores para machos em relação às fêmeas.

As variações do conteúdo de energia dos alimentos estão diretamente relacionadas com o consumo de alimento, sendo assim, quando há redução do consumo de

alimento ocorre uma redução nos valores de EMA, subestimando seu valor. Borges et al. (2004) verificaram que os animais que consumiram 25g apresentaram valores de EMA e EMA_n inferiores aos dos animais que consumiram 50g de alimento. A explicação para esse fato é devido o alto consumo fazer com que a influência das perdas endógenas se tornem menores.

Em termos metodológicos, a ingestão de alimentos pode exercer importante influência sobre as perdas endógenas e metabólicas em ensaios metabólicos. Porém, Coelho (1983) citou que em níveis normais de consumo de alimento, as perdas de energia endógenas são pequenas em relação à excreção de energia proveniente do alimento, tendo pouca influência nos valores de EMA e EMA_n , obtidos pelo método tradicional. Silva et al. (2006) observam que há uma relação inversa em baixos níveis de consumo, onde as perdas são proporcionalmente maiores e resultam em diminuição nos valores estimados para EMA e EMA_n .

A utilização de enzimas exógenas na alimentação das aves tem sido uma prática adotada atualmente, porém deve se considerar que essa prática também pode alterar os valores energéticos dos alimentos. Rutherford et al. (2007) observaram efeito significativo do uso de um complexo enzimático composto por xilanase, α -amilase e β -glucanase sobre a EMA de uma dieta a base milho e soja com adição de farelo de trigo e canola.

Já com a adição de fitase, Pirgozliev et al. (2007) constataram aumento de 1,4% da EMA de uma dieta de milho e soja para frangos de corte, enquanto Driver et al. (2006) observaram aumento de 9% na EMA do farelo de amendoim.

Os valores de EM dos alimentos são influenciados pela deficiência de minerais e vitaminas (Coelho, 1983). Portanto, é possível que a deficiência de alguns nutrientes influencie os valores de energia determinados em ensaios cujas rações



testes não são corrigidas para as deficiências nutricionais.

Ávila et al. (2006) avaliaram a influência dos teores de vitaminas e microminerais da ração teste na determinação dos valores da EMA e da EMA_n do farelo de soja, verificaram que a correção das quantidades de cloreto de colina e dos premixes vitamínico e micromineral na ração teste, resultou em maiores valores de EMA e EMA_n, quando comparados aos valores determinados com uso da ração sem correção.

AMINOÁCIDOS DIGESTÍVEIS

Ao calcular uma ração, o nutricionista tem como objetivo atender às exigências nutricionais dos animais, maximizando a eficiência produtiva. Sabe-se que a alimentação representa a maior parte dos custos na produção avícola e que o conhecimento da digestibilidade dos aminoácidos é importante. A quantidade de aminoácidos digestíveis presentes nos alimentos é menor que a de aminoácidos totais. Portanto, para alcançar o máximo potencial econômico de uma ração, deve-se conhecer a digestibilidade dos aminoácidos dos alimentos, bem como as exigências dos animais em aminoácidos digestíveis (Albino et al., 1992).

A formulação de rações baseando-se em aminoácidos digestíveis tem sido utilizada pelos nutricionistas, principalmente, pela necessidade de se otimizar o uso de matérias-primas de alto custo e ainda pelo fato de possibilitar 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 (Sakomura & Rostagno, 2007).

Segundo Brumano et al. (2006) o uso dos termos digestibilidade e disponibilidade de aminoácidos muitas vezes são

expressos de forma incorreta. A disponibilidade representa a quantidade de nutrientes presentes nos alimentos que está disponível para o animal, ou seja, os nutrientes a serem utilizados nos processos de crescimento, manutenção e produção. A digestibilidade é determinada pela diferença entre a quantidade de aminoácidos ingeridos e a quantidade de aminoácidos na excreta ou no material coletado na porção intestinal do íleo terminal (Batterham, 1992). Segundo Rostagno et al. (1999), a disponibilidade dos aminoácidos é considerada uma metodologia mais precisa na elaboração de rações, por representar o que realmente está sendo utilizado pelo animal, mas a metodologia da digestibilidade é a mais utilizada.

Utilizando alimentos alternativos, Wang & Parsons (1998) formularam dietas com base em aminoácidos totais, digestíveis e disponíveis, e concluíram que as dietas formuladas com base em aminoácidos digestíveis foram semelhantes às formuladas com aminoácidos disponíveis e promoveram resultados superiores às formuladas com base em aminoácidos totais.

Araújo et al., (2001) conduziram dois experimentos, avaliando rações formuladas à base de aminoácidos digestíveis e totais no período de 1 a 21 dias de idade, e os melhores resultados foram observados com rações formuladas com aminoácidos digestíveis. Vieites et al., (1999) relataram que a farinha de carne e ossos quando utilizada nas formulações de rações para aves, deve ser com base na sua composição em aminoácidos digestíveis para que os aminoácidos limitantes sejam suplementados adequadamente.

MÉTODOS PARA DETERMINAR OS AMINOÁCIDOS



DIGESTÍVEIS DOS ALIMENTOS

Numerosos estudos foram realizados com o intuito de avaliar a melhor maneira de determinar os valores de digestibilidade e disponibilidade dos aminoácidos contidos nos diversos alimentos. A disponibilidade e a digestibilidade dos aminoácidos podem ser determinadas de diversas maneiras, por meio de métodos *in vitro* e *in vivo*. Os testes *in vitro* geralmente são rápidos, baratos e conseguem detectar diferenças na digestibilidade dos aminoácidos, porém a grande crítica quanto a esse método é devido à incapacidade de reproduzir as condições dinâmicas encontradas nos animais.

Sendo assim, os ensaios *in vivo*, ou biológico, são considerados os mais precisos para avaliar a digestibilidade dos aminoácidos. Os ensaios biológicos que mais se destacam são: método de alimentação forçada com galos inteiros ou cecectomizados, alimentação *ad libitum* com galos ou pintos intactos para determinar a digestibilidade ileal e coleta total de excretas com pintos.

O método da alimentação forçada, descrito por Sibbald (1976), para avaliar os valores de EMV, é um dos mais utilizados para a determinação da digestibilidade verdadeira de aminoácidos, apresentando baixo custo, rapidez e precisão na obtenção dos valores (Vieites et al. 1999). Neste método, são utilizados tanto galos inteiros como cecectomizados e, de acordo com Kiener (1989), a microflora presente no ceco das aves utiliza parte dos aminoácidos que não foram absorvidos no intestino para seu próprio metabolismo. Estima-se que cerca de 20 a 25% dos aminoácidos excretados nas fezes são de origem microbiana, que tem sua maior concentração no ceco. Por esta razão, este autor indica o uso de galos

cecectomizados nos ensaios de digestibilidade de aminoácidos.

No processo de cecectomia os galos são submetidos a procedimentos cirúrgicos, descrito por Pupa et al. (1998) para retirada dos cecos. Como os cecos representam a maior parte do intestino grosso das aves, sua retirada elimina os efeitos das bactérias cecais sobre os aminoácidos que serão excretados. Atualmente esta metodologia não tem sido utilizada devido às restrições do bem-estar animal.

A principal fonte de erro desse método está relacionada com a taxa de passagem dos alimentos pelo trato digestivo. Referente a tal método, Parsons (1984) comenta que galos cecectomizados em jejum excretam maior quantidade de aminoácidos que galos inteiros também em jejum, em decorrência da ação microbiana e desaminação no intestino grosso, sobretudo quando há escassez de fermentação de carboidratos. No entanto, há críticas quanto à quantidade de alimento fornecido e ao período de duração da coleta de excretas, principalmente para aqueles alimentos com baixo teor de aminoácido a ser estudado, tornando o método menos preciso para esses alimentos.

No método de coleta total de excretas o alimento avaliado substitui a ração referência obtendo assim a ração teste, com isso, determina-se a digestibilidade dos aminoácidos pela diferença do conteúdo em aminoácidos ingerido do excretado. O uso de indicador fecal pode ser utilizado para determinar o início e fim do período de coleta.

Porém, este método de coleta total tem sido criticado devido aos efeitos das bactérias da porção final do trato gastrintestinal na excreção dos aminoácidos. Devido a isso Rostagno et al. (1999) recomendam realizar este método em aves com idade inferior a 16 dias, pois com essa idade os cecos das aves ainda não estão completamente desenvolvidos e a fermentação da digesta no ceco é pequena,



proporcionando resultados satisfatórios nos valores de digestibilidade de aminoácidos.

Outro método é a coleta da digesta ileal, nesta técnica, a determinação da digestibilidade considera que os aminoácidos são absorvidos no intestino delgado, enquanto proteínas, peptídeos e aminoácidos não digeridos são desdobrados por microrganismos, no intestino grosso, sendo absorvidos como amônia, aminas ou amidas, portanto não são utilizados na síntese protéica (Rostagno et al. 2000).

Dentre os inconvenientes desta técnica, existe a necessidade de sacrificar as aves (Angkanaporn et al., 1997) e a quantidade de amostra coletada no íleo terminal que pode ser insuficiente para as análises laboratoriais, necessitando de um grande número de animais para se retirar uma amostra representativa. Entretanto, em função da dificuldade de administrar alimentação forçada, assim como de retirar os cecos, a técnica de coleta da porção ileal é a mais adequada para animais de pequeno porte como pintos de corte.

FATORES QUE PODEM AFETAR OS VALORES DE AMINOÁCIDOS DIGESTÍVEIS DOS ALIMENTOS

Dentre os vários fatores que interferem na digestibilidade dos aminoácidos, além dos fatores ligados à fisiologia do animal e da metodologia empregada para determinar a digestibilidade, podemos citar, alguns fatores referentes aos alimentos, que diminuem a digestibilidade dos aminoácidos: inibidores de protease, presença de taninos, reação de Maillard, produtos da oxidação da gordura, interação proteína-proteína e a presença de polissacarídeos não amiláceos solúveis os PNAs (Coon, 1991).

O teor de fibra dos alimentos pode alterar os valores de digestibilidade dos aminoácidos, pois, ela pode aumentar a taxa de passagem, ocasionando aumento da descamação das células do epitélio intestinal, levando a menores valores de digestibilidade aparente dos aminoácidos, em função de maior excreção da fração endógena (Rostagno & Featherston, 1977).

A fibra ainda quando em níveis elevados na dieta das aves, promove um aumento da excreção de aminoácidos devido ao aumento na produção de muco pela mucosa intestinal que além de aumentar as perdas endógenas, diminui a disponibilidade dos aminoácidos, em razão da viscosidade formada sobre a digesta que dificulta a atuação das enzimas.

O processamento, o tempo e as formas de armazenamento dos produtos também podem ser causas de variação dos valores de digestibilidade dos aminoácidos. Carvalho et al. (2009) ao trabalharem com milho submetidos à diferentes temperaturas de secagem (80, 100 e 120°C) e diversos tempos de armazenagem (0, 60, 120 e 180 dias), observaram que a temperatura de secagem reduziu a digestibilidade da maioria dos aminoácidos, sendo a metionina, a lisina, a metionina + cistina, o triptofano, a fenilalanina e a isoleucina os mais afetados.

Café et al., (2000) ao determinarem a composição e digestibilidade dos aminoácidos das sojas integrais processadas para aves concluíram que a digestibilidade dos aminoácidos da soja integral tostada foi inferior a soja extrusada e farelo de soja + óleo, e também relataram que os diferentes tipos de processamentos da soja integral conferem a esse alimento características nutricionais distintas para aves.

A temperatura ambiente pode afetar os valores de digestibilidade dos alimentos, Zuprizal et al. (1993) estudaram a digestibilidade da



proteína e dos aminoácidos do farelo de soja e de colza, em duas temperaturas ambientes 32 e 21 °C, e verificaram que os valores de digestibilidade protéica e aminoacídica dos alimentos diminuíram em média 5 e 12%, para o farelo de soja e o de colza respectivamente, com o aumento da temperatura ambiente

O consumo pode interferir no valor dos coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos. Borges et al. (2003), ao utilizar a metodologia de alimentação forçada para determinar a digestibilidade do grão de trigo e seus subprodutos, verificou menor digestibilidade dos aminoácidos, quando forneceu 25g do alimento aos galos, em relação à 50g.

Segundo Rostagno et al. (1999), a idade das aves deve ser considerada nos ensaios de digestibilidade, porque o trato digestivo e o tamanho dos cecos variam com a mesma, podendo afetar

a digestibilidade dos aminoácidos presentes nos alimentos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Várias são as metodologias conhecidas para a determinação dos valores de energia metabolizável e de aminoácidos digestíveis dos alimentos utilizados na alimentação de frangos de corte, a escolha da metodologia é ponto importante nesse processo, pois têm que ser levado em consideração as vantagens e desvantagens de cada metodologia e ainda os fatores referentes aos animais, aos alimentos e ao ambiente que podem levar a alterações nesses valores, para que se obtenham os resultados mais reais possíveis, facilitando assim o processo de formulação de rações para frangos de corte.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBINO, L. F. T., ROSTAGNO, H. S., FONSECA, J. B. et al. Utilização de diferentes sistemas de avaliação energéticas dos alimentos na formulação de rações para frangos de corte. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v.21, n.6, p.1037- 1046, 1992.

ANDREOTTI, M.O., JUNQUEIRA, O.M., BARBOSA, M.J.B., et al. Energia metabolizável do óleo de soja em diferentes níveis de inclusão para frangos de corte nas fases de crescimento e final. **Revista Brasileira de Zootecnia**, vol.33, n.5, p.1145-1151, 2004.

ANGKANAPORN, K., RAVINDRAN, V., BRYDEN, W.L. Influence of caecectomy and dietary protein concentration on apparent excreta amino acid digestibility in adult cockerels. **British Poultry Science**, Edinburgh, v.38, n.3, p.270-276, 1997.

ARAÚJO, L.F., JUNQUEIRA, O. M., ARAÚJO, C. S. S. et al. Proteína bruta e proteína ideal para frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v.3, n.2, p.157-162, 2001.

ÁVILA, V.S., PAULA, A., BRUM, P.A.R., et al. Uso da metodologia de coleta total de excretas na determinação de energia metabolizável em rações para frangos de corte ajustadas ou não quanto aos níveis de vitaminas e minerais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.4, p.1691-1695(supl), 2006.



BATTERHAM, E.S. Availability and utilization of amino acids for growing pigs. **Nutrition Research Reviews**, Cambridge, v.5, p.1-18, 1992.

BORGES, F. M. O., ROSTAGNO, H. S., RODRIGUEZ, N. M. et al. Metodologia de alimentação forçada em aves. I – Efeito dos níveis de consumo de alimento na avaliação da energia metabolizável. In: REUNIÃO SOCIEDADE BRASILEIRA de ZOOTECNIA. Botucatu, 35, 1998. **Anais...** Botucatu: FMVZ-UNESP, 1998, p.389-391, 1998.

BORGES, F.M.O., ROSTAGNO, H.S., SAAD, C.E.P. et al. Avaliação dos coeficientes de digestibilidade dos aminoácidos do grão de trigo e seus subprodutos para frangos de corte utilizando diferentes metodologias. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.55, n.6, p.722-733, 2003.

BORGES, F.M.O., ROSTAGNO, H.S., SAAD, C.E.P. Efeito do consumo de alimento sobre os valores energéticos do grão de trigo e seu subprodutos para frangos de corte, a partir de análises químicas. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.55, n.6, p.734-746, 2004.

BRUGALLI, I., ALBINO, L.F.T., SILVA, D.J., et al. Efeito do tamanho de partícula e do nível de substituição nos valores energéticos da farinha de carne e ossos para pintos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.28, n.4, p.753-757, 1999.

BRUMANO, G., GOMES, P.C., ALBINO, L.F.T. et al. Composição química e valores de energia metabolizável de alimentos proteicos para frangos de corte em diferentes idades. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.35, n.6, p.2297-2302, 2006.

CAFÉ, B., SAKOMURA, N.K., JUNQUEIRA, O.M. et al. Composição e digestibilidade dos aminoácidos das sojas integrais processadas para aves. **Revista Brasileira Ciência Avícola**, v.2, n.1, p. 59-66, 2000.

CARVALHO, D.C.O., ALBINO, L.F.T., ROSTAGNO, H.S. et al. Composição química e energética de amostras de milho submetidas a diferentes temperaturas de secagem e períodos de armazenamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.2, p.358-364, 2004.

CARVALHO, D.C.O., ALBINO, L.F.T., VARGAS JR, J.G. et al. Coeficiente de digestibilidade verdadeira dos aminoácidos e valores de aminoácidos digestíveis do milho submetido a diferentes temperaturas de secagem e períodos de armazenamento. **Revista Brasileira Zootecnia**, v.38, n.5, p.850-856, 2009.

COELHO, M.G.R. Valores energéticos e de triptofano metabolizável de alimentos para aves, utilizando duas metodologias. Viçosa, UFV, 1983, 77p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 1983.

COON, C.N. Optimizing ingredient utilization through a better understanding of amino acid bioavailability. In TECHNICAL SYMPOSI, 1991, Aruba. **Proceedings...** Aruba: Novus International, p.11-40,1991.

D'ADOSTINI, P., GOMES, P.C., ALBINO, L.F.T. Valores de composição química e energética de alguns alimentos para aves. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.33, n.1, p.128-134, 2004.

DALE, N.M., PESTI, G.M., ROGERS, S.R. True metabolizable energy of dried bakery product. **Poultry Science**, v.69, n.1, p.72-75, 1990.



DOLZ, S., DE BLAS, C. Metabolizable energy of meat and bone meal from Spanish rendering plants as influenced by level of substitution and method of determination. **Poultry Science**, v.71, n.2, p.316-322, 1992.

DRIVER, J.P., ATENCIO, A., EDWARDS, H.M., et al.. Improvements in nitrogen corrected apparent metabolizable energy of peanut meal in response to phytase supplementation. **Poultry Science**, v.85, p.96-99, 2006.

FARIA, D.E., SANTOS, A.L. Exigências nutricionais de galinhas poedeiras. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS, 2ª ed., 2005, Viçosa. **Anais...** p.315-329, 2005.

FARREL, D. J. Rapid determination of metabolizable energy of foods using cockerels. **British Poultry Science**, v.19, n.1, p.303-308, 1978.

FARREL, D.J. An assessment of quick bioassays for determining the true metabolizable energy and apparent metabolizable energy of poultry feedstuffs. **World's Poultry Science**, v.37, p.72-83, 1981.

FARREL, D.J., RAHARJO, Y. Ileal digestion of dietary amino acids in poultry feedstuffs. In: MARYLAND NUTRITION CONFERENCE FOR FEED MANUFACTURERS. **Proceedings...** p.26-34, 1982.

FISCHER JR., A.A., ALBINO, L.F.T., ROSTAGNO, H.S., GOMES, P.C. Determinação dos valores de energia metabolizável de alguns alimentos usados na alimentação de aves. **Revista da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, v.27, n.2, p.314-318, 1998.

FREITAS, E.R., SAKOMURA, N.K., NEME, R. et al. Efeito do processamento da soja integral sobre a digestibilidade dos aminoácidos para aves. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.6, p.1938-1949, 2005.

FREITAS, E.R., SAKOMURA, N.K., EZEQUIEL, J.M.B. et al. Efeito da formulação de rações para frangos de corte com utilização de valores de energia metabolizável dos alimentos determinados por diferentes métodos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.1, p.107-115, 2006.

HILL, F. W., ANDERSON, D. L. Comparison of metabolizable energy and productive energy determinations with growing chicks. **Journal Nutrition**, v.64, n.3, p.587-604, 1958.

KIENER, T. Amino acid digestibility in feed ingredients: methodology and recent results in poultry. In: PACIFIC NORTHWEST ANIMAL NUTRITION CONFERENCE, Boise, 1989. **Proceedings...** Boise, p.113-121, 1989.

MATTERSON, L.D., POTTER, L.M., STUTZ, M.W., et al. The metabolizable energy of feed ingredients for chickens. University of Connecticut Storrs. **Agricultural Experiment Station Research Report**, v.11, 11p., 1965.

MELLO, H.H.C., GOMES, P.C., ROSTAGNO, H.S. et al. Valores de energia metabolizável de alguns alimentos obtidos com aves de diferentes idades, **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, n.5, p.863-868, 2009.

NASCIF, C.C.C., GOMES, P.C., ALBINO, L.F.T. Determinação dos valores energéticos de alguns óleos e gorduras para pintos de corte machos e fêmeas aos 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.2, p.375-385, 2004.



NACIMENTO, A.H., SILVA, M.A., LIMA, I. L. Níveis nutricionais utilizados para frangos de corte pela indústria no Brasil. IN: II SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE EXIGÊNCIAS NUTRICIONAIS DE AVES E SUÍNOS, Viçosa: UFV, p.331-348, 2005. NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of poultry**. 9. ed. Washington, D.C.: National Academy of Sciences, 155p, 1994.

PARSONS, C.M. Influence of cecectomy and source of dietary fibre or starch on excretion of endogenous amino acids by laying hens. **British Journal of Nutrition**, Cambridge, v.51, p.541-548, 1984.

PUPA, J.M.R., LEÃO, M.I., CARVALHO, A.U., POMPERMAYERT, L.G., ROSTAGNO, H.S. Cecectomia em galos sob anestesia local e incisão abdominal. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.50, n.5, p.531-535, 1998.

RAVINDRAN, V., WU, Y.B., HENDRIKS, W.H. Effects of sex and dietary phosphorus level on the apparent metabolizable energy and nutrient digestibility in broiler chickens. **Archives of Animal Nutrition**. v.58, n.5, p.405-411. 2004.

RODRIGUES, P.B. Digestibilidade de nutrientes e valores energéticos de alguns alimentos para aves. Viçosa, UFV, 2000. 203p. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, 2000.

ROSTAGNO, H. S., FEATHERSTON, W. R. Estudo de métodos de determinação de disponibilidade de aminoácidos em pintos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.6, p.64-75, 1977.

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. **Anais...** Campinas: FACTA, p.65-83, 1999.

ROSTAGNO, H.S., ALBINO, L.F.T., DONZELE, J.L. et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais**. Viçosa - MG: Universidade Federal de Viçosa, 141p, 2000.

ROSTAGNO, H.S., BÜNZEN, S., SAKOMURA, N.K. Avanços metodológicos na avaliação de alimentos e de exigências nutricionais para aves e suínos. In: REUNIÃO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2007, Jaboticabal. **Anais ...** p.295-304, 2007.

RUTHERFURD, S.M., CHUNG, T.K., MOUGHANT, P.J. The effect of a commercial enzyme preparation on apparent metabolizable energy, the true ileal amino acid digestibility, and endogenous ileal lysine losses in broiler chickens. **Poultry Science**, v.86, p.665-672, 2007.

SAKOMURA, N.K., BIANCHI, M.D., PIZAURO Jr, J.M. et al. Efeito da idade dos frangos de corte na atividade enzimática e digestibilidade dos nutrientes do farelo de soja e soja integral. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.33, n.4, p.924-935, 2004.

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

SCAPIM, M.R.S., LOURES, E.G., ROSTAGNO, H.S. et al. Avaliação nutricional da farinha de penas e de sangue para frangos de corte submetida a diferentes



tratamentos térmicos. **Acta Scientarum Animal Sciences**, v.25, n.1, p.91–98, 2003.

SCHANG, M.J., HAMILTON, R.M.G. Comparison of two direct bioassays using adult cocks and four indirect methods for estimating the metabolizable energy content of different feedingstuffs. **Poultry Science**, v.61, p.1344-1353, 1982.

SCHUTTE, J.B. **Differences in dietary energy value of feedstuffs between young and adult birds**. In: MINI SIMPÓSIO DE NUTRIÇÃO DE AVES E SUÍNOS, Viçosa, 1998. **Anais...** Viçosa – MG, p.7–14, 1998.

SIBBALD, I.R., SLINGER, S.J. A biological assay for metabolizable energy in poultry feed ingredients together with findings which demonstrate some of the problems associated with evaluation of fats. **Poultry Science**, v.42, n.1, p.13–25, 1963.
SIBBALD, I.R. A bioassay for metabolizable energy in feeding stuffs. **Poultry Science**, v.55, n.1, p.303–308, 1976.

SIBBALD, I.R., Measurement of bioavailable energy in poultry feedingstuffs: a review, *Can. Journal Animal Science*. v.62, n.4, p.983-1048, 1982.

SILVA, E.P., RABELLO, C.B.V., LIRA, R.C. et al. Estimativas das perdas endógenas e metabólicas em frangos de corte. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.1, p.115–121, 2006.

SOARES, R.K., BERTECHINI, A.G., FASSANI, E.J. et al. Valores de energia metabolizável de alguns alimentos para pintos de corte na fase pré-inicial. **Revista Ciência Agrotecnologia**, v.29, p.238–244, 2005.

SONG, G.L., LI, D.F., PIAO, X.S., et al. Comparisons of amino acid availability by different methods and metabolizable energy determination of a Chinese variety of high oil corn. **Poultry Science**, v.82, p.1017–1023, 2003.

VIEITES, F.M., ALBINO, L.F.T., SOARES, P.R. et al. Valores de aminoácidos digestíveis verdadeiros de farinha de carne e ossos para aves. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Zootecnia. 1999.

WANG, X., PARSONS, C.M. Dietary formulation with meat and bone meal on a total versus a digestible or bioavailable amino acid basis. **Poultry science**, v.77, p.1010-1015, 1998.

WOLYNETZ, M.N., SIBBALD, I.R. Relationships between apparent and true metabolizable energy and the effects of a nitrogen correction. **Poultry Science**, v.63, n.7, p.1386-1399, 1984.

ZUPRIZAL, M.L., CHAGNEAU, A.M., GERAERT, P.A. Influence of ambient temperature on true digestibility of protein and amino acids of rapessed and soybean meals in broilers. **Poultry Science**, v.72, p.289-295, 1993.