

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

UTILIZAÇÃO DA DL-METIONINA E METIONINA HIDROXI-ANÁLOGA NA ALIMENTAÇÃO DE AVES¹

ADOLPHO MARLON ANTONIOL DE MOURA², THIAGO VASCONCELOS MELO³, DANIEL JOSÉ ANTONIOL MIRANDA⁴

¹Recebido para publicação em 07/01/10. Aceito para publicação em 31/08/10.

²Centro de Pesquisas Aggeu Magalhães (CPqAM), Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ), Campus da Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), Av. Moraes Rego, s/n., Cidade Universitária. Caixa postal 7472, CEP 50670-420, Recife, PE, Brasil. E-mail: antoniol@cpqam.fiocruz.br

³Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (UNESP). Campus de Jaboticabal, Via de Acesso Prof. Paulo Donato Castellane s/n., CEP 14884-900, Jaboticabal, SP, Brasil.

⁴Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Av. Antônio Carlos, 6.627 - Campus Pampulha, Caixa postal 567, CEP 31270-901, Belo Horizonte, MG, Brasil.

RESUMO: A metionina é um aminoácido sulfurado essencial e aparece como primeiro limitante nas rações de aves. As fontes deste aminoácido encontradas no mercado são: o ácido DL-2-amino-4-metiltio butanóico (DLM) e o ácido DL-2- hidroxi-4 (metilo) butanóico, mais conhecido como metionina hidróxi análoga ácido livre (MHA-AL). Os valores de bioeficácia são obtidos através de ensaios de dose-resposta utilizando modelos exponenciais para explicar as respostas dos animais às fontes de metionina. Não é apenas a composição da dieta basal que influenciaria a eficiência da utilização da MHA-AL, mas as diferenças nos níveis da metionina dietética e o total dos aminoácidos sulfurados contidos na dieta basal. Os efeitos sobre o desempenho em rações para frangos de corte e poedeiras suplementadas com este aminoácido já são consolidados. Objetivou-se com esta revisão discutir a suplementação da DL-Metionina (DLM) e Metionina Hidróxi Análoga ácido livre (MHA-AL) como fonte do aminoácido metionina para frangos de corte e poedeiras, sob a ótica acadêmica e da indústria, abordando os aspectos nutricionais, econômicos dentre outros.

Palavras chave: aminoácido sulfurado, fonte de metionina, frango de corte, poedeiras

DL-METHIONINE AND METHIONINE HYDROXY ANALOGUE FREE ACID IN AVIAN FEEDING

ABSTRACT: Methionine is an essential sulfur amino acid and appears as first limiting in poultry nutrition. The sources of this amino acid found in an industrial scale in the market today are: DL-2-amino-4-methylthio butanoic acid (DLM) and DL-2-hydroxy-4 (methyl) butanoic acid, known as methionine hydroxy analog acid free (MHA-AL). Bio-efficiency values was obtained by testing dose-response using exponential models to explain the animal's responses to the sources of methionine. It is not only the composition of the basal diet would influence the efficiency of the use of MHA-AL, but the differences in dietary levels of methionine and the total sulfur amino acids contained in the basal diet. The effects on the performance in diets for broilers and laying hens supplemented with this already healthy amino acid consolidated. This review aimed to discuss the use of DL-methionine (DLM) and methionine hydroxy analog free acid (MHA-AL) as a source of methionine for broilers and layers based on experimental data and technical reported in scientific literature.

Key words: sulfur amino acid, methionine source, broiler chicken, laying hens

INTRODUÇÃO

Os aminoácidos são moléculas monoméricas que se ligam quimicamente para formar as proteínas. A metionina é um dos vinte aminoácidos que os animais utilizam para sintetizar proteínas. Os aminoácidos são utilizados em várias vias metabólicas para sintetizar proteínas que o animal utiliza para o crescimento, reprodução, defesa imunológica e formação de penas e anexos da pele. Além disso, podem ser catabolizadas para suprimento energético pela via gliconeogênica.

Os aminoácidos são classificados como: essenciais e não-essenciais. Os essenciais são aqueles que o animal não sintetiza ou não o faz em quantidade suficiente para atender as exigências do organismo, devendo estes, ser fornecidos através da ração. Já os chamados “não-essenciais”, são aqueles que o organismo sintetiza para atender a demanda para síntese protéica.

A metionina é um aminoácido sulfurado essencial e aparece como primeiro limitante na nutrição das aves. Isso se deve ao fato das rações de aves serem formuladas com a tradicional mistura milho e farelo de soja, que parece não atender às exigências desse aminoácido, comprometendo características produtivas e reprodutivas (DAENNER e BASSEI, 2002).

Segundo BUTOLO (2002) a inclusão do aminoácido metionina, nas dietas de frangos de corte, iniciou-se a partir da década de 1970. As fontes deste aminoácido comumente disponíveis no mercado são: ácido DL-2-amino-4 (metiltio) butanóico, apresentada na forma de pó (DL-metionina) ou na forma líquida como sal de sódio (DL-metionina-Na). Os hidróxi-análogos de metionina (MHA) ou o ácido DL-2- hidróxi-4 (metilo) butanóico são comercializados na forma de pó, como sal de cálcio (MHA-Ca) ou na forma líquida, como ácido livre (MHA-AL).

A primeira referência conhecida sobre o emprego de metionina hidróxi-análoga foi no trabalho de BLOCK e JACKSON (1932), com ratos alimentados com uma dieta deficiente em cistina, quando foi observado que a MHA-AL estimulava o crescimento.

Atualmente no mercado existe disponibilidade de diferentes fontes industriais de aminoácidos: metionina (DL-metionina em pó ou líquida), lisina (L-lisina.HCl em pó e líquida), treonina (L-treonina), triptofano (L-treonina), arginina (L-arginina) e valina

(L-valina). Com o aparecimento dos hidróxi-análogos de metionina, a partir de 1950, os custos com a suplementação de metionina diminuíram devido ao aumento da demanda de mercado, tanto pela DLM como pelos análogos.

Devido à importância da metionina para a avicultura, objetivou-se com esta revisão, abordar os aspectos bioquímicos, nutricionais e econômicos da utilização das diferentes fontes comerciais deste aminoácido sulfurado na avicultura.

ASPECTOS BIOQUÍMICOS E METABÓLICOS DAS FONTES DE METIONINA

Normalmente as aves criadas em sistema intensivo obtêm os aminoácidos dieteticamente não-essenciais da ração. No entanto, quando o nível de proteína dietética é deficiente, ocorrerá catabolismo de aminoácidos essenciais para a síntese dos não-essenciais. Desta maneira é necessário um nível mínimo de aminoácidos dieteticamente não-essenciais na ração, a fim de minimizar a utilização de aminoácidos essenciais da dieta (BERTECHINI, 1998).

Um exemplo típico de gasto de aminoácidos essenciais é o caso da metionina. A cistina (não-essencial) pode ser substituída totalmente pela metionina, no entanto, o inverso não ocorre. Isso explica a exigência de metionina ser normalmente associada à cistina (Figura 1).

De acordo com o conceito da “proteína ideal”, aporte equilibrado de aminoácidos essenciais, pode reduzir a proteína bruta na dieta das aves, melhorando a conversão alimentar, reduzindo o custo metabólico e econômico, além de diminuir a poluição do ambiente com compostos nitrogenados (PARSONS e BAKER, 1994).

Os aminoácidos ocorrem na natureza na configuração L (levógiro). O organismo animal tem a capacidade de transformar a forma D (dextrógiro) de alguns aminoácidos para a forma L. Para que isto ocorra, D-aminoácidos oxidases específicas deverão estar presente no fígado para esta conversão. A lisina e a treonina são utilizadas somente na forma L, por não haver esta enzima para esses aminoácidos.

Aves e suínos aproveitam eficientemente a forma D-metionina, no entanto, o D-triptofano tem somente 60% da eficiência da forma L para suínos e apenas 7% para as aves (BERTECHINI, 1998).

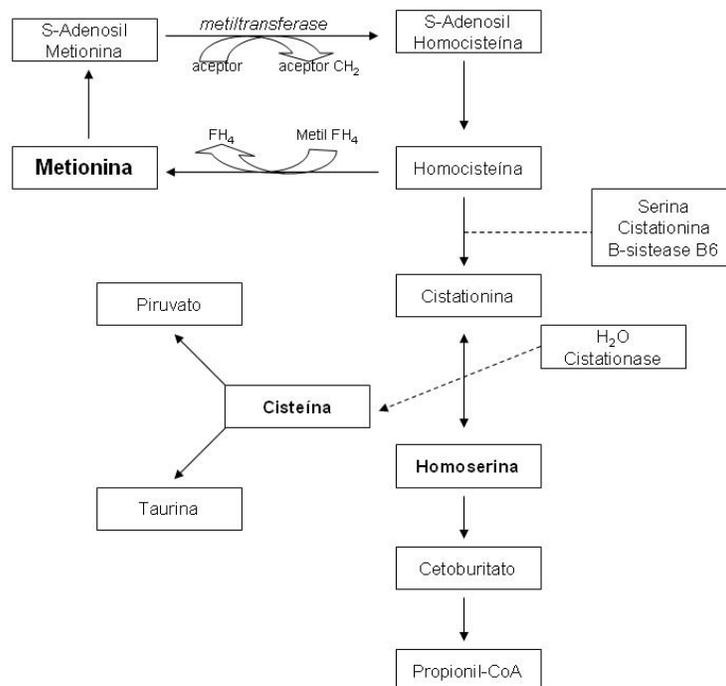


Figura 1. Inter-relacionamento dos aminoácidos sulfurosos

Para se obter uma dieta equilibrada, formulada à base de milho e soja e que contenha todos os aminoácidos essenciais, nas quantidades mínimas requeridas para o bom desempenho das aves é necessária a inclusão de aminoácidos sob a forma sintética.

Segundo SUIDA (2006), o consumo mundial em 2005 de MHA e DLM foi de 600.000 toneladas ácidas, e no Brasil foi superior a 42.000 toneladas ácidas. A metionina sintética (*Ácido DL-2-amino-4-(metiltio)butanóico*) é comercializada sob a forma de:

- ◆ **DL-Metionina (DLM):** mistura racêmica entre as formas L (50%) e D (50%) em pó, apresenta 99% de atividade;
- ◆ **DL-Metionina- Na (DLM-Na):** mistura racêmica entre as formas L (50%) e D (50%) do sal de sódio na forma líquida, com 40% de atividade;
- ◆ **Metionina hidróxi-análoga-ácido livre (MHA-AL):** apresenta-se sob a forma líquida com 88% de atividade de metionina;

- ◆ **Sal de cálcio de metionina hidróxi-análoga (MHA-Ca):** em pó apresenta cerca de 12% de cálcio e 84% de atividade de MHA (Leite et al., 2009). Neste produto, aproximadamente 65% do seu conteúdo são moléculas de MHA “livres” (monômeros-65%), 23% são moléculas que formam complexos entre si (oligômeros) e os demais são basicamente água e impurezas (HACKENHAAR, 2006).

Os análogos diferenciam-se da metionina por apresentarem um grupamento hidroxila (OH) no lugar do grupamento amina (NH_2), localizado no carbono alfa da molécula (Figura 2). Todas as três substâncias citadas têm dois isômeros (L e D), pois suas moléculas têm o carbono alfa assimétrico, ou seja, apresentam quatro ligantes diferentes. Assim, os isômeros D das fontes metionínicas deverão ser transformados em L-metionina no organismo animal para posterior utilização como componente da proteína (BUTOLO, 2002).

Segundo MARTÍN-VEGAS *et al.* (2006), a conversão bioquímica de metionina hidróxi-análoga para L-metionina segue dois processos enzimáticos: oxidação do carbono alfa, seguido pela transaminação. A primeira reação forma o cetoácido intermediário áci-

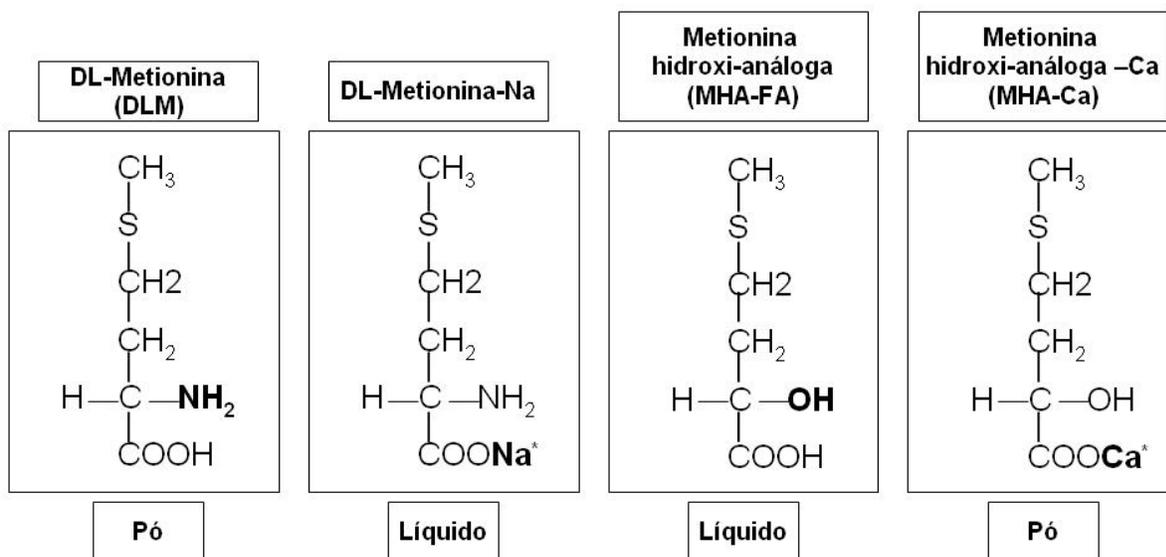


Figura 2. Fontes de metionina

do 2-oxi-4-(metiltio) butanóico ou Ceto-metionina. A estrutura molecular de ambos, DL-MHA e DLM, contém um carbono assimétrico, resultando na presença de quantidades iguais dos estereoisômeros D e L nos produtos comerciais.

Diferentes enzimas catalisam a oxidação dos dois estereoisômeros da DL-MHA. Todavia, a conversão destes ocorre simultaneamente, a fim de produzir o intermediário Ceto-metionina. A enzima específica para L-MHA é a L-2-hidroxi ácido oxidase (L-HAOX), encontrada nos peroxissomos do fígado e rins das aves. A D-MHA requer a enzima mitocondrial D-2-hidroxi ácido desidrogenase (D-HAD) encontrada em vários tecidos, incluindo, fígado, rins, músculo esquelético, intestino, pâncreas, baço e cérebro (DIBNER e KNIGHT, 1984).

A conversão da D-metionina para Ceto-metionina necessita de uma enzima catalítica específica, a D-aminoácido oxidase (D-AOX). Essa enzima ocorre primariamente no fígado e rins e nos peroxissomos (MASTERS e HOLMES, 1977). A segunda etapa para conversão a L-metionina é a transaminação, na qual não constitui um fator limitante no processo de conversão da metionina hidroxi-análoga.

A rota bioquímica para conversão da DL-MHA e DLM para Ceto-metionina está bem descrita na literatura, porém, poucas informações existem relatando a

capacidade enzimática demandada para converter as fontes dietéticas suplementares em pintos de corte (DIBNER *et al.*, 1992).

A absorção intestinal e a excreção urinária são dois processos fisiológicos que podem limitar o uso das fontes de metionina. A DLM é absorvida de maneira ativa, o que permite que seja transportada contra um gradiente de concentração. Por outro lado, a MHA-AL é absorvida de forma passiva, por difusão, sem gasto energético, sendo uma pequena parte absorvida através de carreadores (SUIDA, 2006). Por ser um ácido orgânico faz com que a maior quantidade do produto comercial seja absorvido em ambiente com baixo pH, como no trato digestivo superior.

Quanto a eficiência de absorção das fontes dietéticas de metionina os resultados são controversos. KNIGHT e DIBNER (1984) demonstraram que a MHA-AL é absorvida pelo trato digestivo das aves tão rápido quanto a L-metionina. DIBNER *et al.* (1992) mostraram que a MHA-AL pode ser ativamente absorvida através do trato gastrointestinal e a proporção de incorporação na proteína é similar aos outros análogos da metionina. Além disso, a DLM tem maior afinidade pelo transportador do que os análogos de metionina.

LARBIER (1988) e HAN *et al.* (1990), em trabalhos experimentais com frangos de corte encontraram uma

retenção para a DLM de aproximadamente 100% e para a MHA-AL de 98% e 84%, respectivamente. Os autores concluem que as diferenças de biodisponibilidade entre DLM e MHA-AL não são atribuídas às diferenças de absorção entre elas.

Estudos *in vivo* e *in vitro*, demonstraram que a microbiota intestinal (DREW *et al.*, 2003; MARTIN-VELEGAS *et al.*, 2006) e a temperatura ambiente (DIBNER *et al.*, 1992) influenciam diretamente na biodisponibilidade das fontes de metionina. Por exemplo, HAN *et al.* (1990) reportaram que a MHA-AL e DLM são totalmente absorvidas no intestino de modelos *in vivo* em condições de termoneutralidade. Todavia, frangos sob estresse calórico têm maior taxa de absorção da MHA-AL do que de DLM (DIBNER *et al.*, 1992) e melhor eficiência alimentar (RIBEIRO *et al.*, 2001).

A microbiota intestinal parece afetar significativamente a eficiência de absorção das fontes de metionina, principalmente dos análogos (MHA). DREW *et al.* (2003) observaram que a MHA é cerca de 10% menos absorvida na porção distal do íleo do que a DLM. Os autores atribuem a uma maior ação da microbiota intestinal sobre a fonte análoga de metionina. Uma vez, que é absorvida passivamente, a MHA permanece por mais tempo no lúmen intestinal, sujeita a maior degradação pré-absortiva, porém, esse processo ainda não foi totalmente esclarecido.

HAN *et al.* (1990) usando galos cececotomizados, identificaram que uma pequena quantidade de MHA-AL pode ser absorvida no ceco ou usada pela microflora cecal, já a DLM é totalmente absorvida no intestino delgado. Por outro lado, RICHARDS *et al.* (2003) demonstraram que a MHA-AL é absorvida em todo o trato digestivo, principalmente na porção inicial do intestino delgado.

A menor eficiência na absorção da MHA em relação à DLM, foi sustentada por SAUDERSON (1991) e Van WEERDEN *et al.* (1992), pelo fato da MHA comercial possuir poucas frações monoméricas, o que lhe confere baixa biopotência. Porém, essa hipótese foi contestada por MARTIN-VELEGAS *et al.* (2006), que ao comparar a absorção *in vivo* e *in vitro* de DL-MHA com uma fonte contendo somente frações monoméricas. Eles concluíram não haver diferenças significativas devido a alta capacidade hidrolítica da mucosa intestinal.

BIODISPONIBILIDADE E BIOEFICÁCIA DAS FONTES DE METIONINA

O termo *biodisponibilidade* aplicado aos aminoácidos pode ser definido como "a proporção da quantidade do aminoácido ingerido que sofre absorção intestinal e é então utilizada pelo corpo". A utilização e o transporte da metionina absorvida nos tecidos incluem absorção celular e conversão para uma forma que realiza alguma função bioquímica. A palavra "disponível" é chave, pois a metionina também pode ser metabolizada dentro da célula e ficar indisponível para excreção subsequente.

Quando uma certa quantidade de metionina é absorvida e entra na circulação, alguns tecidos podem não a utilizar. Nesse caso, parte da metionina circulante seria excretada e, aparentemente, ficaria indisponível se a excreção urinária, ou o acúmulo no tecido, fosse o critério utilizado para avaliar biodisponibilidade.

Assim, a definição de biodisponibilidade de um nutriente leva em consideração o caráter operacional do método utilizado para sua determinação, e não deve ser confundida com o conteúdo do nutriente presente no alimento (JACKSON, 1997).

Outros termos encontrados na literatura que podem causar confusão são *biopotência*, *bioconversão* e *bioeficácia*. O termo *biopotência* está diretamente relacionado à "magnitude da influência do nutriente nos processos biológicos ou, simplesmente, à atividade biológica do nutriente, testada por meio de bioensaios".

A *bioconversão* é a "quantidade de um nutriente já absorvido que é convertida em sua forma ativa no corpo"; é o caso da transformação dos carotenóides provitamínicos A em retinol. Já a *bioeficácia*, é o resultado tanto da biodisponibilidade, quanto da bioconversão, se refere à "eficiência com que um nutriente ingerido no alimento é absorvido e convertido na sua forma ativa", como é o caso da DLM em L-metionina. É mensurada através do desempenho do animal relativo às diferentes fontes de metionina (HACKENHAAR, 2006).

Devido à grande disparidade entre esses dados, os nutricionistas têm utilizado nas formulações índices de bioeficácia variando de 65 a 100%, considerando ou não a equimolaridade (base equimolar), o que evidencia a falta de critério para a substituição da

DL- Metionina pelos análogos (DAENNER e BASSEI, 2002).

A bioeficácia pode ser expressa com base molecular ou com base nas quantidades de produtos comerciais. Como o peso molecular da MHA (150,2) e da DLM (149,2) são praticamente idênticos, para converter um valor de bioeficácia expresso em base molecular, para base produto, basta multiplicar pela concentração do mesmo.

Na prática os dois valores querem dizer a mesma coisa, mas para evitar confusão é interessante referenciar a base. Por outro lado, em geral são utilizados os valores comparando produtos. A substituição da DLM pela MHA-AL em base equimolar tem a seguinte relação: 1 unidade de DLM equivale a 1,125 unidades de MHA-AL.

Os valores de bioeficácia são obtidos através de ensaios de dose-resposta utilizando modelos exponenciais para explicar as respostas dos animais às fontes de metionina. Este modelo, além de seguir a "lei dos rendimentos mínimos" (resposta não-linear), segue os preceitos mais comumente utilizados nos experimentos realizados para avaliar as respostas dos animais a qualquer aminoácido. Por exemplo, a bioeficácia molecular da MHA 88% em relação à DLM 99% para ganho de peso de frangos de corte é 77%. Multiplicando este valor por 88% (concentração do MHA líquido), chega-se a 67,8%, portanto, este foi o valor da bioeficácia com base nos produtos comerciais (HACKENHAAR, 2006).

LINGENS e MOLNAR (1996) estudaram a eficiência de utilização de DLM e MHA-Ca em frangos de corte utilizando C^{14} como marcador. Verificaram uma maior recuperação nas fezes de DL-MHA-Ca do que a DLM. Após a absorção, a L-Metionina não precisa sofrer qualquer alteração para ser usada na síntese das proteínas, entretanto a DLM e os isômeros da MHA-AL deverão sofrer transformações metabólicas resultando em L-Metionina a qual poderá ser incorporada em qualquer proteína.

DIBNER e KNIGHT (1984) observaram que, nos tecidos das aves, têm sido encontradas enzimas capazes de oxidar os dois isômeros, D e L de MHA-AL. Após a oxidação da DLM e dos isômeros de MHA-AL, eles são transformados em L-Metionina por transaminação.

Conforme BOEBEL e BAKER (1982), não apenas a composição da dieta basal influencia a eficiência de utilização da MHA-AL, mas as diferenças nos níveis da metionina dietética e o total dos aminoácidos sulfurados contidos na dieta basal. Eles enfatizam que em dietas a base de milho e soja, pequena quantidade de metionina suplementar seria necessária e, desta forma, as diferenças entre as fontes de metionina seriam pouco evidenciadas.

Neste contexto, BASTIANI (1994), trabalhando com frangos de corte, utilizou duas fontes de metionina (DLM e MHA-AL) e dois níveis suplementares (1500 e 1050 ppm) em base equimolar para a fase inicial e, para as fases crescimento e terminação em que usou 83,3 e 75% destes níveis, respectivamente. Verificou que, tanto a DLM como a MHA-AL podem ser utilizadas como fontes de metionina, proporcionando desempenhos similares.

THOMAS *et al.* (1991) confirmam estes resultados de 72% e 73% para o ganho de peso e conversão alimentar, respectivamente. Uma comparação entre a DLM e MHA-AL em frangos de 7 a 41 dias de idade, revelou que a bioeficiência equimolar do análogo em relação à DLM variou de 51 a 83% dependendo da variável analisada (ESTEVE-GARCIA e LLAURADO, 1997).

Segundo experimentos conduzidos com frangos de corte, a bioeficácia da MHA-AL, em relação à DLM, varia de 62 a 100% (DREW *et al.*, 2003). Utilizando o modelo *slope-ratio*, LEMME *et al.* (2002) determinaram o valor de 72% para ganho de peso, 51% para conversão, 48% para rendimento de carcaça e 60% para porcentagem de peito.

A bioequivalência entre a MHA e a DLM parece seguir a mesma relação com poedeiras. LIU *et al.* (2004) chegou a bioequivalência média de 88%, sendo 89,7% para produção de ovos, 89% para massa de ovos e 86,8% para peso dos ovos.

DIBNER (1983) utilizou a MHA-AL como substrato para síntese protéica, em um estudo com culturas primárias de células do fígado de aves. Foi concluído que a MHA-AL e a DLM são bioquimicamente equivalentes como fontes de metionina para síntese de proteínas, visto que, as duas fontes foram encontradas em quantidades similares nas proteínas do fígado.

FONTES DE METIONINA E DESEMPENHO DE FRANGOS DE CORTE E POEDEIRAS

As dietas práticas são formuladas principalmente à base de milho e farelo de soja e suprem as necessidades de proteína, mas não atende às exigências de metionina e aminoácidos sulfurados, o que pode ser corrigido com a utilização de metionina sintética, que onera em aproximadamente 5% o custo final da ração (RODRIGUES *et al.*, 1996).

Os resultados de pesquisas ao longo dos anos é controverso no que concerne aos dados de desempenho de frangos de corte. Para BAKER e BOEBEL (1980), a utilização de MHA-AL isoladamente como fonte de metionina não é recomendada por prejudicar o ganho de peso de frangos de corte.

Da mesma maneira, trabalhos realizados por SCHUTTE e WEEDERN (1987), THOMAS *et al.* (1991), Van WEERDEN *et al.* (1992) e HUYGHEBAERT (1993), concluíram que a conversão alimentar de frangos de corte piorou quando a MHA-AL foi suplementada, resultando em menor eficiência quando comparada a DLM.

Porém, essas observações não são unanimidade, uma vez que pesquisas mais recentes conduzidas por

DAENNER e BESSEI (2003), AMARANTE JUNIOR *et al.* (2005), HOEHLER *et al.* (2005); BUNCHASAK e KEAWARUN (2006), PAYNE *et al.* (2006), ROMBOLA *et al.* (2008) e LEITE *et al.* (2009) demonstraram que a suplementação de rações com de MHA-AL (88%) ou com DLM, no mesmo nível, não apresentam diferenças significativas sobre o desempenho e rendimento de carcaça de frangos de corte.

Informações confirmadas por VIANA *et al.* (2009) que avaliaram o efeito da DLM e MHA-AL, em três níveis de suplementação nas dietas sobre o desempenho de frangos de corte de 1 a 47 dias de idade. Os autores observaram que, dentro de cada nível de suplementação, não houve diferença entre as dietas quanto ao fator de produção, concluindo que as duas fontes são equivalentes na alimentação de frangos de corte.

No mesmo sentido, VISENTINI *et al.* (2005) testaram a substituição da DLM por MHA-AL para frangos de corte de 1 a 43 dias. Não foram encontradas diferenças significativas entre as fontes de metionina (Tabela 1), no entanto, observaram que a substituição de DLM por MHA-AL causou problemas no empenamento nas aves.

Tabela 1. Desempenho de frangos de corte no período de 1-20 e de 1-44 dias de idade suplementados com diferentes níveis de DL- metionina (DLM) e metionina hidroxí análoga (MHA-AL)

Tratamento		1 a 20 dias			1 a 44 dias		
DLM %	MHA-AL %	Consumo de ração (g)	Ganho de peso (g)	Conversão alimentar (g/g)	Consumo de ração (g)	Ganho de peso (g)	Conversão alimentar
100	0	964	668	1,446	4203	2168	1,937
75	25	963	679	1,418	4345	2225	1,955
50	50	947	653	1,452	4313	2182	1,977
25	75	990	682	1,452	4219	2201	1,916
0	100	963	671	1,438	4174	2156	1,945
Média		965	670	1,442	4249	2185	1,945
CV (%)		5,07	5,36	4,67	6,52	2,94	6,02

Adaptado de VISENTINI *et al.* (2005).

A proteína é o maior componente das penas das aves (89,97%) e os aminoácidos da dieta têm um papel importante no desenvolvimento das mesmas (FISCHER *et al.*, 1981). Os aminoácidos envolvidos em maior grau na síntese de queratina das penas são os sulfurosos, como a cistina e metionina (RUIZ, 1993), sendo que a cistina é o maior componente da queratina, e a metionina está envolvida pela capacidade em converter-se em cistina (CHAMPE e MAURICE, 1984).

O uso da MHA na forma líquida tem mostrado benefícios durante períodos de estresse pelo calor. O fornecimento do produto para frangos de corte estressados pelo calor resulta em maior consumo de ração, maior ganho de peso, melhor conversão alimentar e reduz a mortalidade quando comparado a DLM. Este fato pode estar relacionado com a dinâmica de absorção do produto, pois durante períodos de estresse elevado, ocorre maior descamação das células epiteliais do intestino, o que facilita a absorção passiva, por difusão, da MHA-AL (DIBNER *et al.*, 1992).

Outro fator que parece favorecer a absorção da MHA, no estresse calórico, é o aumento da osmolaridade sanguínea causado pela alcalose respiratória (DEYHIM e TEETER, 1991). O aumento do pH preserva o gradiente protonado nos microvilos do intestino, favorecendo a difusão da MHA para o lúmen intestinal (BRACHET e PUIGSERVER, 1987).

A suplementação das rações com MHA diminui efeito poluente das excretas das aves, uma vez que não possui nitrogênio em sua molécula, reduzindo a excreção de ácido úrico. Além disso, proporciona menor custo metabólico para as células, uma vez que a ave gasta em torno de 3,6 kcal de energia metabolizável por mol⁻¹ de ácido úrico excretado (KLASING, 1997).

Com poedeiras, os trabalhos comparando as diferentes fontes de metionina são escassos. Todavia, evidenciam o mesmo padrão de resposta obtidos com frangos de corte, dentro das suas especificidades produtivas.

Avaliando poedeiras leves sob estresse térmico e recebendo MHA ou DLM como fonte de metionina, CARVALHO *et al.* (2004), observaram que as aves suplementadas com 0,10% de MHA obtiveram maior produção de ovos, peso do ovo, massa de ovo e melhora na conversão alimentar quando comparadas as aves suplementadas com 0,065% de DLM (Tabela 2).

Tabela 2. Efeito de diferentes níveis das fontes de metionina no desempenho de poedeiras leves submetidas a estresse térmico

Tratamento	Produção de ovos (%)	Peso do ovo (g)	Consumo de ração (g)	Massa de ovo (g)	Conversão alimentar (g/g)
Dieta Basal	61,27	47,72	64,93	29,07	2,27
0,10% DLM	85,19 ^a	52,97 ^a	81,93 ^a	45,08 ^a	1,83 ^a
0,065% DLM	79,07 ^c	51,54 ^c	79,15 ^c	40,73 ^c	1,97 ^c
0,10% MHA	82,39 ^b	52,31 ^b	80,73 ^b	42,99 ^b	1,90 ^b
CV (%)	3,87	1,07	1,36	3,62	4,15

Médias na mesma coluna, seguidas de letras diferentes, são estatisticamente diferentes (P<0,05) pelo teste de Student Newman-Keuls. Adaptado de CARVALHO *et al.* (2004).

Todavia, quando os níveis de suplementação de MHA e DLM tiveram isonomia de 0,10%, as poedeiras que receberam DLM apresentam melhor desempenho em relação as suplementadas com MHA. Essas observações proporcionaram aos autores concluir que a MHA-AL apresenta 76% de biodisponibilidade e 67% de efetividade biológica em relação a DLM, na base equimolar.

No mesmo sentido, BATEMAN *et al.* (2005) verificaram melhora no desempenho produtivo de poedeiras suplementadas com DLM e MHA-AL, concluindo que a bioeficiência da MHA-AL foi de 77% na base por peso ou 87% na base molar. Porém, o cálculo da bioeficiência baseado no peso dos ovos, pois esta característica apresenta grande variação, não obtendo coeficientes de determinação nos modelos de regressão utilizados para estimar os pontos otimizados. DAENNER e BESSEI (2002) estimaram a bioeficiência relativa da MHA-AL em 67% (massa de ovo) e 69% (conversão alimentar) quando comparada a DLM.

A eficiência das fontes de metionina, seja para

animais em condições termoneutras ou sob estresse calórico, também pode ser influenciada pela via de administração da metionina. Normalmente a fonte comercial de metionina é suplementada na mistura da ração, porém, também pode ser fornecida na água de bebida dos animais, principalmente para pintos de corte nos primeiros 21 dias de vida.

DAMRON e GOODSON-WILLIAMS (1987) adicionaram MHA-AL na água de bebida de pintos de corte e verificaram peso corporal equivalente àqueles que receberam metionina apenas na ração. DAMRON e FLUNKER (1992) não verificaram efeitos no consumo de ração e água em pintos de corte que receberam MHA-AL na água de bebida de 0-21 dias de vida.

IMPLICAÇÕES PRÁTICAS NO USO DA DLM E MHA-AL.

Baseado nas informações relatadas, evidencia-se uma paridade entre as fontes de metionina, não havendo argumentos científicos que asseverem a desqualificação que qualquer uma delas. Porém, ques-

tiona-se o motivo que leva a maior parte das empresas avícolas utilizarem a metionina hidroxí-análoga líquida (MHA-AL) como fonte suplementar de metionina nas formulações.

Segundo HACKENHAAR (2006) a MHA-AL é mais barata que a DLM. O custo da forma líquida gira entre 75-85% do preço da DLM, que tem custo aproximado de U\$ 3,00/Kg, valor sujeito à variações de mercado de acordo com o volume do pedido, concorrência, disponibilidade, logística, dentre outros.

A concentração de metionina na MHA-AL é menor que na DLM, mas considerando a bioequivalência da MHA-AL em relação à DLM (aproximadamente 77%), e o custo da DLM (U\$ 3,00/kg), há uma economia de U\$ 0,05 por base equimolar a favor da MHA-AL. Extrapolando esse valor para o volume gasto anualmente com suplementação de metionina pelas empresas, gera-se uma significativa economia na cadeia da alimentação animal.

Como principais vantagens para utilização da MHA-AL, SUIDA (2006) destaca: facilidade de automação de dosagem; melhora a qualidade da mistura; diminuição suspensão de pó na fábrica de ração, gerando melhor qualidade de ar no ambiente de trabalho; diminuição da segregação dos componentes da dieta, fator importante no transporte a granel da ração até os produtores; redução nos custos de armazenagem, não necessitando de área nos galpões, mão-de-obra e perdas de produto; e diminuição dos erros de dosagens, comuns em pesagens de produtos individuais.

Atualmente, algumas indústrias de aminoácidos proporcionam aos clientes sistemas que permitem a dosagem, transporte e descarga dos aminoácidos diretamente nos misturados. Este processo geralmente está interligado ao sistema das fábricas, o que os torna extremamente práticos.

Existem sistemas para ingredientes líquidos com dosagem volumétrica ou gravimétrica, sendo que este último sofre menos interferências da temperatura ambiente, a qual altera a densidade dos líquidos e a precisão da suplementação. Para dosar os aminoácidos em "pó", há sistemas que podem dosar até quatro aminoácidos diferentes, os quais podem ser armazenados em "big-bags" ou silos.

A dosagem de ingredientes em pó ou líquidos apre-

sentam particularidades, todavia, a principal vantagem da dosagem de líquidos é o relativo baixo custo dos equipamentos. Para a dosagem de ingredientes em pó, poder-se-ia destacar a economia de tempo no total do processo de mistura, que também é facilitado pela apresentação da maioria dos ingredientes estarem em pó.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A utilização de qualquer uma das fontes de metionina disponíveis no mercado deve ser avaliada quanto ao aspecto econômico, zootécnico, logístico e ambiental. Qualquer um destes fatores pode limitar o uso de uma fonte em relação a uma outra. Por esta razão a viabilidade de uma determinada fonte de metionina deve ser avaliada *in loco* e não como regra geral ou modismos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AMARANTE JÚNIOR, V.S. et al. Níveis de metionina + cistina para frangos de corte nos períodos de 22 a 42 e de 43 a 49 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, p.1195-1201, 2005.
- BASTIANI, M.F. **Avaliação de duas fontes de metionina a dois níveis de adição, no desempenho de frangos de corte (1-49 dias)**. 1994, 52f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 1994.
- BAKER, D.H.; BOEBEL, K.P. Utilization of the D- and L-isomers of methionine and methionine hydroxyl-analogue as determined by chick bioassay. **Journal of Nutrition**, v. 110, p.959-964, 1980.
- BATEMAN, A.; LIU, Z.; ROLAND, D.A. Bioefficacy Determination of Methionine Hydroxy Analog-Free Acid Relative to DL-Methionine in Laying Hen Diets with Limited Methionine Using Different Regression Models. **Poultry Science**, v. 4, n.9, p.628-632, 2005.
- BERTECHINI, A.G. **Nutrição de Monogástricos**. Lavras: UFLA/FAEPE, 1998. 184p.
- BLOCK, R.J.; JACKSON, R.W. The metabolism of cystine and methionine. **Journal Biology and Chemical**, v. 97, p.i-ii (abstracts), 1932.
- BOEBEL, K.P.; BAKER, D.H. Efficacy of the calcium salt and free acid forms of methionine hydroxy analog for chicks. **Poultry Science**, v. 61, p.1167-1175, 1982.

- BRACHET, P.; PUIGSERVER, A. Transport of methionine hydroxy analogue across the brush border membrane of rate jejunum. **Journal of Nutrition**, v. 117, p.1241-1246, 1987.
- BUNCHASAK, C.; KEAWARUN, N. Effect of methionine hydroxy analog-free acid on growth performance and chemical composition of liver of broiler chicks fed a corn-soybean based diet from 0 to 6 weeks of age. **Animal Science Journal**, v. 77, p.95-102, 2006.
- BUTOLO, J.E. **Qualidade de ingredientes na alimentação animal**. Campinas: CBNA, 2002. 430p.
- CARVALHO, D.C.O. et al. Bioeficácia de fontes de metionina para poedeiras leves submetidas a estresse térmico. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 41., Campo Grande, MS. Anais/CD ROM. Campo Grande: SBZ, 2004.
- CHAMPE, K.A.; MAURICE, D.V. Plasma azufrada AA en la gallina doméstica luego de emplume inducido por una dieta baja en sodio. **Nutrition Reports International**, v. 30, p.965-968, 1984.
- DAMRON, B.L.; FLUNKER, L.K. 2-Hydroxy (Metilito) Butanoic Acid as a drinking water supplement for broiler chicks. **Poultry Science**, v. 71, p.1695-1699, 1992.
- DAMRON, B.L.; GOODSON-WILLIAMS, R. Liquid methionine as a drinking water supplement for broiler chicks. **Poultry Science**, v. 66, p.1001-1006, 1987.
- DAENNER, E.; BESSEI, W. Effectiveness of liquid DL-methionine hydroxy analogue-free acid (DL-MHA-AL) compared to DL-methionine on performance of laying hens. **Archive Fuer Geflügelkunde**, v. 66, p.97-101, 2002.
- DAENNER, E.; BESSEI, W. Influence of supplementation with liquid DL-methionine hydroxy analogue-free acid (Alimet) or DL-methionine on performance of broilers. **Journal Applied of Poultry Research**, v. 12, p.101-105, 2003.
- DEYHIM, F.; TEETER, R.G. Research note: Sodium and potassium chloride drinking water supplementation effects on acid-base balance and plasma corticosterone in broilers reared in thermoneutral and heat-distressed environments. **Poultry Science**, v. 70, p.2551-2553, 1991.
- DIBNER, J.J. Utilization of supplemental methionine sources by primary cultures of chick hepatocytes. **Journal of Nutrition**, v. 113, p.2216-2223, 1983.
- DIBNER, J.J.; ATWELL, C.A.; IVEY, F.J. Effect of heat stress on 2-hydroxy-4- (methylthio) butanoic acid and DL-methionine absorption measured in vitro. **Poultry Science**, v. 71, p.1900-1910, 1992.
- DIBNER, J.J.; KNIGHT, C.D. Conversion of 2-hydroxy-4-(methylthio) butanoic acid and L-methionine in the broiler chick stereospecific pathway. **Journal Nutrition**, v. 114, p.1716-1723, 1984.
- DREW, M.D.; VAN KESSEL, A.A.; MAENZ, D.D. Absorption of methionine and 2-hydroxy-4-methylthiobutanoic acid in conventional and germ-free chickens. **Poultry of Science**, v. 82, p.1149-1153, 2003.
- ESTEVE-GARCIA, E.; L.L. LLAURADO. Performance, breast meat yield abdominal fat deposition of male broiler chickens fed diets supplemented with DL-methionine or DL-methionine hydroxy analog-free acid. **British Poultry Science**, v. 38, p.397-404, 1997.
- FISCHER, M.L. et al. Feather growth and feather composition of broiler chickens. **Canadian Journal Animal Science**, v. 61, p.769-773, 1981.
- HACKENHAAR, L. Aminoácidos: Essencial na alimentação dos animais. **Feed & Food**, v. 1, n.1, p. 45-49, 2006.
- HAN, Y.M. et al. Absorption and bioavailability of DL-methionine hydroxy analogue compared to DL-methionine. **Poultry Science**, v. 69, p.281-287, 1990.
- HOEHLER, D. et al. Relative effectiveness of methionine sources in diets for broiler chickens. **Journal Applied of Poultry Research**, v. 14, p.679-693, 2005.
- HUYGHEBAERT, G. Comparation of DL-methionine and methionine hydroxy analogue free acid in broiler by using multiexponential regression model. **British Poultry Science**, v. 34, p.343-351, 1993.
- KLASING, K.C. Amino acid. In: KLASING, K.C. **Comparative avian nutrition**. Wallingford, UK, CAB International, 1998. p.133-170.
- KNIGHT, D.C.; DIBNER, J.J. Comparative absorption of 2-hydroxy-4-(methylthio) butanoic acid and L-methionine in the broiler chick. **Journal of Nutrition**, v. 114, p.2179-2186, 1984.
- JACKSON M.J. The assessment of bioavailability of micronutrients: Introduction. **European Journal Clinical of Nutrition**, v. 51, n.1, p.51-56, 1997.
- LARBIER, M. Digestibilité et métabolisme de sources d'acides aminés soufrés. In: COMPTES - RENDUS DE LA

- CONFERENCE AVICOLE, Caribe nº 5 engraissement du poulet et nutrition azotée. **Groupe Français de World Poultry Science Association**, v. 5, p.33-40, 1988.
- LEITE, R.S. et al. Efeitos de planos nutricionais e de fontes de metionina sobre o desempenho, rendimento e composição de carcaças de frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 61, n.5, p.1120-1127, 2009.
- LEMME, A. et al. Relative effectiveness of methionine hydroxy analog compared to DL-methionine in broiler chickens. **Poultry Science**, v. 81, p.838-845, 2002.
- LINGENS, G.; MOLNAR, S. Studies on metabolism of broilers by using ¹⁴C-labeled DL - methionine and DL-methionine hydroxy analog. **Archive of Animal Nutrition**, v. 49, p.113-124, 1996.
- LIU, Z. et al. Estimation of Bioavailability of DL-Methionine Hydroxy Analogue Relative to DL-Methionine in Layers with Exponential and Slope-Ratio Models. **Poultry Science**, v. 83, p.1580-1586, 2004.
- MARTÍN-VELEGAS, R.; GERAERT, P.A.; FERRER, R. Conversion of the methionine hydroxy analogue DL-2-hydroxy-(4-methylthio)butanoic acid to sulfur-containing amino acids in the chicken small intestine. **Poultry Science**, v. 85, p.1932-1938, 2006.
- MASTERS, C.; HOLMES, R. Peroxisomes: new aspects of cell physiology and biochemistry. **Physiology Review**, v. 57, p.816-882, 1977.
- PARSONS, M.C.; BAKER, D.H. The concept and use of ideal proteins in the feeding of non-ruminants. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31., 1994. Maringá, PR. **Anais...Maringá:SBZ**, 1994. p.120-128.
- PAYNE, R.L. et al. Bioavailability of methionine hydroxy analog-free acid relative to DL-methionine in broilers. **Animal Science Journal**, v. 77, p.427-439, 2006.
- RIBEIRO, A.M.L.; PENZ JR, A.M.; TEETER, R.G. Effects of 2-Hydroxy-4-(methylthio)butanoic acid and DL-methionine on broiler performance and compensatory growth after exposure to two different environmental temperatures. **Journal Applied Poultry Research**, v. 10, p.419-426, 2001.
- RICHARDS, J.D. et al. Comparative in vitro and in vivo absorption of 2-Hydroxy-4(methylthio)butanoic acid and methionine in the broiler chicken. **Poultry Science**, v. 84, p.1397-1405, 2005.
- RODRIGUES, P.B. et al. Fatores nutricionais que influenciam a qualidade do ovo no segundo ciclo de produção. Níveis de aminoácidos sulfurosos totais. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 25, n.2, p.248-260, 1996.
- ROMBOLA, L.G. et al. Fontes de metionina em rações formuladas com base em aminoácidos totais ou digestíveis para frangas de reposição leves e semipesadas. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 37, n.11, p.1990-1995, 2008.
- RUÍZ, B. Relación entre emplume, Alimet® y metionina em pollo de engorda. In: Simpósio de Avanços Tecnológicos, Novus International. República Dominicana. **Memorias...La Romana**, p.169-177, 1993.
- SAUNDERSON, C.L. Metabolism of methionine and its nutritional analogs. **Poultry International**, v. 30, p.30-38, 1991.
- SCHUTTE, J.B.; WEERDEN, E.J. Effectiveness of methionine hydroxyl analogue as affected by the dietary level of L-methionine in chicks. **Nutrition Report International**, v. 36, n.2, p.253-259, 1987.
- SUIDA, D. Aminoácidos: Essencial na alimentação dos animais. **Feed & Food**, v. 1, n.1, p.40-43, 2006.
- THOMAS, O.P. et al. An evaluation of methionine hydroxy analogue free acid using a non linear (exponential) bioassay. **Poultry Science**, v. 70, p.605-610, 1991.
- VISENTINI, P. et al. Levels of substitution of DL-methionine by methionine hydroxy analogue in basis equimolar in broilers diets. **Revista Ciência Rural**, v. 35, n.6, p.1400-1405, 2005.
- VAN WEERDEN, E.J.; SCHUTTLE, J.B.; BERTRAM, H.L. Utilization of the polymers of methionine hydroxy analogue free acid (MHA-AL) in broiler chicks. **Archive Fuer Geflügelkunde**, v. 56, p.63-68, 1992.
- VIANA, M.T.S. et al. Fontes e níveis de metionina em dietas para frangos de corte. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n.9, p.1751-1756, 2009.