

Níveis de substituição da DL-metionina pela metionina hidróxi análoga em base equimolar, em dietas para frangos de corte

Levels of substitution of DL-methionine by methionine hydroxy analogue in basis equimolar in broilers diets

Paulo Visentini¹ Juarez Lopes² Geni Salete de Toledo³ Paulo Tabajara Costa²

RESUMO

Este trabalho objetivou testar o efeito de níveis de substituição da DL-Metionina (DL-Met) por Metionina Hidróxi Análoga ácido livre (MHA-FA) como fonte do aminoácido metionina para frangos de corte de 1 a 44 dias de idade. Foram utilizados 700 pintos de corte de um dia de idade, machos, da linhagem Ross. O delineamento experimental foi em blocos para evitar o efeito ambiental, constituído de cinco tratamentos com sete repetições de 20 aves. Substituiu-se em base equimolar a DL-Met por MHA-FA (0, 25, 50, 75 e 100%). As dietas foram isonutritivas para todos os tratamentos diferindo apenas quanto à fonte de metionina e equivalência utilizada. Os parâmetros avaliados foram: consumo alimentar, peso corporal, conversão alimentar, empenamento, gordura abdominal, rendimento de carcaça e peso de fígado. Não foram encontradas diferenças significativas ($P > 0,05$) entre as fontes de metionina estudadas, exceto para empenamento que foi inferior quando se utilizou a MHA-FA. Com base nos resultados encontrados, conclui-se que a DL-Metionina e a MHA-FA suplementadas em base equimolar, não modificam o desempenho zootécnico de frangos de corte de 1 a 44 dias de idade.

Palavras-chave: aminoácido, níveis de DL-M e MHA-FA, frangos de corte.

ABSTRACT

The objective of this work was to study the effects of substitution of DL-Methionine (DL-Met) by Methionine Hydroxy Analogue free acid (MHA-FA) in an equimolar basis, at different levels, as source of Methionine for broilers, from 1 to 44 days. Seven hundred male one day old chicks (ROSS), were used. The experimental design was in blocks, to avoid ambient effects, chicks were randomly distributed in five treatments with seven replicates of twenty birds each. The

constitution of treatments was based on the substitution of DL-Met by MHA-FA in equimolar basis (0;25; 50; 75 and 100%). Diets were isonutritives for all treatments, differing only in respect to the source of Methionine. The parameters evaluated in this study were: body weight, feed consumption, feathering, abdominal fat pad, carcass yield and liver weight. No significant differences between sources of Methionine were observed for the parameters, no matter the level of substitution, with exception for feathering, where the use of MHA-FA gave the poorest result. Based on the results, one can conclude that the substitution of DL-Met for MHA-FA, in equimolar basis, produce the same performance of broilers, from 1 to 44 days.

Key words: aminoacid, levels methionine DL and MHA-FA, broilers.

INTRODUÇÃO

Os aminoácidos são as moléculas básicas formadoras das proteínas. Com um aporte equilibrado de aminoácidos essenciais, são necessários menores quantidades de alimentos para produzir frango de corte e, conseqüentemente, uma conversão alimentar mais eficaz. Para se obter uma dieta equilibrada, formulada à base de milho e soja e que contenha todos aminoácidos essenciais, nas quantidades mínimas requeridas para o bom desempenho das aves, muitas vezes, é necessária a inclusão de aminoácidos sob a forma sintética. Atualmente, no mercado, existe disponibilidade dos aminoácidos: metionina, lisina, treonina e triptofano; a metionina é o mais limitante aminoácido essencial nas dietas de frangos de corte,

¹Universidade de Marília, 17525-902, Marília, SP, Brasil.

²Departamento de Zootecnia da Universidade Federal Santa Maria (UFSM), Santa Maria, RS, Brasil.

³Departamento de Zootecnia, UFSM, 97105-900, Santa Maria, RS, Brasil. E-mail: geni@terra.com.br. Autor para correspondência.

e sua adição sob a forma sintética, constitui parcela significativa no custo das dietas.

Com o aparecimento dos hidróxi análogos de metionina, esses custos diminuíram, mas existem muitas controvérsias quanto à bioequivalência desses análogos, que estão sendo utilizados pelos nutricionistas nas suas formulações, variando desde 65 até 100% tanto na bioequivalência, como na consideração ou não da equimolaridade, o que evidencia a falta de critério para a substituição da DL-Metionina pelos análogos.

A inclusão do aminoácido metionina, nas dietas de frangos de corte, iniciou-se a partir da década de 70. As fontes deste aminoácido encontradas em escala industrial hoje no mercado são: o ácido DL-2-amino-4 (metiltio) butanóico (DL-Met) e o ácido DL-2-hidroxi-4 (metilo) butanóico, mais conhecido como metionina hidróxi análoga (MHA-FA).

A primeira referência conhecida sobre o emprego de metionina hidróxi análoga foi no trabalho de BLOCK & JACKSON (1932), com ratos alimentados com uma dieta deficiente em cistina, quando foi observado que a MHA-FA estimulava o crescimento. Desde então, começou-se a pesquisar sobre fontes análogas de metionina como doadoras de aminoácido metionina e, com isto, muitas controvérsias surgiram em torno da bioeficácia desses análogos. Os análogos diferenciam-se da metionina por apresentarem um grupamento hidroxila (OH) no lugar do grupamento amina (NH₂), localizado no carbono alfa da molécula. Quando na forma líquida, a hidróxi análoga apresenta-se como um ácido (ácido 2-hidróxi, 4-metiltiobutírico-MHA-FA) e, na forma de pó, como um sal de cálcio. Todas as três substâncias têm dois isômeros (L e D), pois suas moléculas têm o carbono alfa assimétrico, ou seja, apresentam quatro ligantes diferentes. Esta propriedade é importante, pois as aves só utilizam o isômero L da metionina na síntese protéica. Assim, os isômeros D das fontes metionínicas deverão ser transformados em L. A absorção intestinal e a excreção urinária são dois processos fisiológicos que podem limitar o uso das fontes de metionina. A DL-Met é absorvida de maneira ativa, o que permite que seja transportada contra um gradiente de concentração.

Trabalhando com frangos de corte SAROKA & COMBS (1983) concluíram que a absorção da DL-Met e da MHA-FA é semelhante. KNIGHT & DIBNER (1984) afirmaram que as MHA-FA são absorvidas de forma passiva, por difusão, o que requer a passagem de um meio com maior concentração da substância para um meio menos concentrado. Estes pesquisadores mostraram que a MHA-FA foi absorvida pelo trato digestivo das aves tão rápido

quanto a L-metionina. Já DIBNER et al. (1988) mostraram que a MHA-FA pode ser ativamente absorvida através do trato gastrointestinal e a proporção de incorporação na proteína é similar aos outros análogos da metionina. LARBIER (1988) e HAN et al. (1990), em trabalhos experimentais com frangos de corte machos, encontraram uma retenção para a DL-Met de aproximadamente 100% e para a DL-MHA-FA desde 96 a 99% segundo o primeiro autor, e de 83 a 86% para o segundo autor, os quais afirmam que diferenças de biodisponibilidade entre DL-Met e DL-MHA-FA-Ca não podem ser devido às diferenças de absorção entre elas. Estes autores, usando galos cecotomizados, identificaram que uma pequena quantidade de MHA-FA-Ca pode ser absorvida no ceco ou usada pela microflora cecal. Já a DL-Met é totalmente absorvida no intestino delgado. Por outro lado, DIBNER et al. (1988) mostraram que a MHA-FA é absorvida em todo o trato digestivo, inclusive o ceco.

Após a absorção, a L-Met não precisa sofrer qualquer alteração para ser usada na síntese das proteínas, entretanto a D-Met e os isômeros da MHA-FA deverão sofrer alterações de tal forma que, após transformações metabólicas, resultam também em L-Met e que somente nesta forma podem ser incorporadas em qualquer proteína. DIBNER & KNIGHT (1984) observaram que, no fígado de aves bem como em outros tecidos, têm sido encontradas enzimas capazes de oxidar os dois isomêros, D e L de MHA-FA. Após a oxidação da D-Met e dos isomêros de MHA-FA, eles são transformados em L-Met por transaminação.

DIBNER (1983) utilizou a MHA-FA como substrato para síntese protéica, em um estudo com culturas primárias de células do fígado de aves e concluiu que MHA-FA e a DL-Met 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. Estudando a absorção intestinal da MHA-FA, DIBNER et al. (1988) concluíram que a proporção de incorporação da MHA-FA, na proteína, é similar a outros análogos da metionina. Os autores concluíram que não deve ser na transformação da MHA-FA em L-Met as dificuldades na substituição da metionina por seus análogos.

Conforme BOEBEL & BAKER (1982), não seria apenas a composição da dieta basal que influenciaria a eficiência da utilização da MHA-FA, mas as diferenças nos níveis da metionina dietética e o total dos aminoácidos sulfurados contidos na dieta basal. Eles enfatizam que, em dietas tipo milho e soja, nas quais proteínas intactas suprem a maioria das necessidades das aves em aminoácidos sulfurados,

pequena quantidade da 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, e utilizando duas fontes de metionina (DL-Met e MHA-FA) 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 DL-Met como a MHA-FA, em base equimolar, podem ser usadas como fontes doadoras do aminoácido metionina, proporcionando desempenhos produtivos similares. Baseados em resultados de vários experimentos e, utilizando dietas semipurificadas de baixa proteína (15%), com cinco níveis de DL-Met (0,0; 0,04; 0,08; 0,12 e 0,16%) e três níveis de MHA-FA (0,0455; 0,0909 e 0,1264%), SUMMERS et al. (1987) não encontraram diferença de desempenho entre as fontes e níveis de metionina.

Quanto ao empenamento, segundo FISCHER et al. (1981), 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. Os aminoácidos envolvidos em maior grau na síntese da queratina das penas são os sulfurosos, cistina e metionina RUIZ (1993), sendo que a cistina é o maior componente da queratina, e a metionina está envolvida por sua conversão em cistina CHAMPE & MAURICE (1984).

O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da substituição da fonte clássica, DL-Metionina (DL-Met), por um análogo, metionina hidróxi análoga (MHA-FA) em base equimolar, no desempenho de frangos de corte, no período 1 - 44 dias de idade.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido no Setor de Avicultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Santa Maria, RS. Foram utilizados 700 pintos de corte com um dia de idade, machos,

da linhagem Ross. As aves foram alojadas em galpão experimental, distribuídas em 35 boxes com 20 aves cada.

O delineamento experimental foi em blocos para evitar o efeito ambiental, constituído de cinco tratamentos com sete repetições de 20 aves cada. Os tratamentos experimentais encontram-se na tabela 1.

Os pintos foram criados sob condições convencionais de manejo. Em cada parcela, foram instaladas uma campânula com lâmpada incandescente de 100 W (capacidade para 50 pintos, mantida até o 18º dia), um bebedouro pendular e um comedouro tipo bandeja. O material utilizado como cama foi maravalha. A temperatura (T°) média, durante todo o período experimental, calculada como derivada do somatório das T° mín. e máx., foi igual a 24,5°C; no entanto a T° máxima das 3 últimas semanas experimentais (fase mais crítica) foi superior a 32°C.

O período experimental constou de 2 fases: Inicial (1-20 dias) e crescimento (21 - 44 dias), para as quais foram formuladas duas dietas experimentais (Tabela 2).

Para cada fase, as dietas foram isonutritivas. A substituição da DL-Met pela MHA-FA foi em base equimolar (1 unidade de DL-Met = 1,125 unidades de MHA-FA) tabela 1. Para a homogeneização das matérias-primas, utilizou-se um misturador vertical com capacidade para 500kg, e o tempo de mistura foi de 10 minutos após a entrada do último ingrediente. Os micronutrientes foram pré-misturados em um misturador tipo Y a 38 rpm por 5 minutos. Em cada fase experimental, as rações foram feitas a partir de uma mistura basal única de milho triturado, farelo de soja, farinha de ostras, fosfato bicálcico, cloreto de sódio, cloreto de colina, suplementos vitamínico e micromineral.

O volume total de ração foi subdividido pelo número de tratamentos e adicionados o óleo vegetal refinado e as quantidades proporcionais das fontes de metionina segundo os tratamentos. Foi retirada uma alíquota de ração basal de cada tratamento e feita uma pré-mistura por 5 minutos no misturador tipo Y e, em seguida, DL-Met foi adicionada à ração basal no misturador vertical e misturada por 5 minutos. Para

Tabela 1 - Concentração de DL-Metionina (DL-Met) e Metionina hidróxi análoga, ácido livre (MHA-FA) das rações experimentais.

Trat	Fase inicial				Fase crescimento			
	DL-Met		MHA-FA		DL-Met		MHA-FA	
	%	g/ton	%	g/ton	%	g/ton	%	g/ton
1	100	1600	0	0	100	1000	0	0
2	75	1200	25	450	75	750	25	281,5
3	50	800	50	900	50	500	50	562,5
4	25	400	75	1350	25	250	75	843,75
5	0	0	100	1800	0	0	100	1125

Tabela 2 - Composição percentual das dietas nas diferentes fases criatórias.

Ingredientes	Fase Inicial	Fase final
Milho	56,70	60,03
Farelo de Soja 48 PB	36,52	33,23
Óleo de soja	3,20	3,32
Fosfato bicálcico	1,60	1,66
Farinha de ostras	1,00	1,01
Cloreto de sódio	0,30	0,30
Cl-colina (60%)	0,22	0,05
Px. vitamínico ¹	0,10	0,10
Px. mineral ²	0,10	0,10
Coccidicida ³	0,10	0,10
DL-Metionina ⁴ /MHA-FA ⁵	variável	variável
Composição Calculada		
Proteína Bruta (%)	22,58	20,33
EM (Kcal/kg)	3059	3100
Cálcio (%)	0,85	0,85
Fósforo Disp. (%)	0,425	0,425
Colina (mg/kg)	1300	300
Arginina (%)	1,322	1,246
Lisina (%)	1,152	1,086
Metionina (%)	0,537	0,460
Met+Cistina (%)	0,808	0,720
Treonina (%)	0,780	0,740
Fenilalanina (%)	1,100	1,046
Valina (%)	1,056	1,004
Isoleucina (%)	1,050	0,998
Leucina (%)	1,950	1,853
Triptofano (%)	0,321	0,302

¹ Composição do Premix vitamínico por kg de dieta: vitamina A, 10.000UI; vitamina D₃, 2.100UI; vitamina E, 18mg; vitamina K₃, 3mg; vitamina B₁, 2,2mg; vitamina B₂, 5,5mg; vitamina B₆, 4,0mg; vitamina B₁₂, 15µg; Ácido fólico, 1,0mg; Ácido nicotínico, 30,0mg; Ácido pantotênico, 15mg; Biotina, 200µg.

² Composição do Premix mineral por kg de dieta: Ferro, 65ppm; Cobre, 10ppm; Zinco, 55ppm; Iodo, 0,5ppm; Selênio, 0,15ppm; Manganês, 7ppm; Cálcio, 76ppm.

³ Coxistac®-Phybro.

⁴ DL-Met - 99% Adisseo.

⁵ MHA-FA - 88% Adisseo.

Px. Vit-Min: Vitagri

adição da MHA-FA (forma líquida) foi feita uma pré mistura com o óleo vegetal e, após, adicionada à ração basal no misturador vertical por 5 minutos.

Os seguintes parâmetros foram avaliados: consumo alimentar, peso corporal, conversão alimentar, rendimento de carcaça e penas em relação ao peso corporal e peso de gordura abdominal e de fígado, em relação ao peso da carcaça. O peso das penas foi obtido por diferença anterior e posterior à depena. O percentual das penas foi obtido pela razão entre o peso das penas e o peso vivo.

Os dados foram analisados usando o procedimento para Modelos Lineares Gerais (GLM) do

pacote de análise estatística SAS® (SAS Institute, 1994), as médias foram discriminadas usando o teste T, considerando as diferenças significativas a um nível de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 3 mostra os resultados de consumo alimentar, ganho de peso, conversão alimentar e ganho médio diário das aves.

Consumo alimentar- O consumo alimentar foi semelhante entre os tratamentos, o que não evidenciou diferenças significativas ($P > 0,05$) entre eles, provavelmente devido ao fato de as dietas serem isonutritivas e os níveis de metionina iguais para todos os tratamentos, pois as fontes foram adicionadas em base equimolar. Entretanto, para fase final, na qual houve maior ingestão de alimentos pode-se observar que houve uma tendência de queda no consumo à medida que a DL-Met foi substituída pela MHA-FA, porém sem apresentarem diferenças significativas ($P > 0,05$). O consumo total esteve um pouco abaixo dos padrões da linhagem Ross, o que deve ter sido devido às altas temperaturas verificadas durante o experimento.

Estes resultados concordam com as observações de BURESH & HARMS (1986), SCHUTTE & WEERDEN (1987), SUMMERS et al. (1987) e BASTIANI (1994), que, trabalhando com frangos de corte, compararam duas fontes de metionina (DL-Met e MHA-FA), e não encontraram diferenças de consumo alimentar entre as fontes estudadas.

Peso corporal

O peso médio da fase inicial foi bastante homogêneo para todos os tratamentos, sendo que para o período de crescimento, observou-se que, embora não havendo diferenças significativas, os pesos mais baixos foram encontrados para os tratamentos em que se utilizaram 100% de DL-Met e 100% de MHA-FA. Provavelmente, estes menores pesos corporais observados para os tratamentos com 100% de ambas as fontes estejam associados ao também menor consumo de alimentos para esses dois tratamentos.

A associação de DL-Met e MHA-FA não influenciou significativamente o peso das aves em ambas as fases. O peso corporal, para todos os tratamentos, ficou um pouco abaixo de outros experimentos com machos Ross, provavelmente devido a uma diminuição de consumo em função da alta temperatura ambiente nas 3 últimas semanas do experimento, e conseqüente redução no crescimento das aves.

Os resultados obtidos concordam com os de GARLICH (1985), BURESH & HARMS (1986), SUMMERS et al. (1987) e BASTIANI (1994) que,

trabalhando com frangos de corte, utilizaram duas fontes de metionina (DL-Met e MHA-FA) e não encontraram diferenças significativas para ganho de peso no período total.

Entretanto discordam destes resultados WEERDEN et al. (1982), SCHUTTE & WEERDEN (1987), THOMAS et al. (1991) e WEERDEN et al. (1992) e HUYGHEBAERT (1993), ao conduzirem experimentos para comparar a bioeficácia da MHA-FA e DL-Met, encontraram resultados significativamente inferiores para MHA-FA.

Não foi encontrado, na bibliografia disponível, nenhum resultado em que a MHA-FA tivesse sido superior em desempenho ou bioeconomicamente à DL-Met.

Conversão alimentar

Tendo em vista que o consumo e o peso não foram afetados pelas fontes e níveis de metionina, a conversão alimentar não diferiu significativamente nas diferentes fases criatórias entre os tratamentos estudados. Isto evidencia que fontes de metionina em base equimolar são igualmente eficientes para o crescimento das aves. Ambas as fontes são utilizadas de maneira semelhante na síntese protéica e em outras funções em que a metionina está envolvida.

Os resultados concordam com os de BURESH & HARMS (1986), que trabalharam com duas fontes de metionina, e não encontraram diferenças significativas entre elas; entretanto, são contrários aos de SCHUTTE & WEEDERN (1987), THOMAS et al. (1991), WEERDEN et al. (1992) e HUYGHEBAERT (1993) que, ao realizarem estudos para avaliar a eficácia da MHA-FA em relação a DL-Met, verificaram que a MHA-FA é menos eficaz que a DL-Met, em termos de conversão alimentar.

Dados de abate: penas, carcaça, gordura abdominal e fígado

Os resultados obtidos, a partir do abate das aves, encontram-se na tabela 4. Observou-se que o empenamento das aves diminuiu significativamente ($P < 0,05$) à medida que a MHA-FA foi incorporada às dietas. Isso leva a supor que parte da MHA-FA que não foi utilizada para transformação em L-Metionina para síntese protéica, não foi transformada totalmente em cistina e, conseqüentemente, o empenamento das aves dos tratamentos com teores mais elevados de MHA-FA apresentaram pior empenamento em relação àqueles com DL-Met, sem no entanto, afetar a qualidade externa das carcaças.

Os resultados deste experimento em relação ao empenamento discordam dos encontrados por RUIZ (1993) e BASTIANI (1994) que estudando duas fontes suplementares MHA-FA e DL-Met, não encontraram diferenças significativas entre ambas para esta variável.

O rendimento de carcaça, o tamanho do fígado e a quantidade de gordura abdominal em relação à carcaça estão dentro dos parâmetros encontrados na literatura. Estes resultados não diferiram significativamente entre as fontes de metionina utilizadas. Isso é corroborado por SWICK & IVEY (1986), que utilizaram dietas com diferentes níveis de energia com metionina basal, MHA-FA e DL-Met (0,1% em base equimolar), e não encontraram diferenças significativas entre as fontes para percentagem de gordura abdominal.

CONCLUSÕES

O emprego de DL-Met e MHA-FA, concomitantemente mostrou ser viável, não causando efeitos detrimenais ao desempenho zootécnico de frangos de corte; no entanto, a substituição de DL-Metionina por MHA-FA pode causar problemas no empenamento das aves.

Tabela 3 - Consumo de ração (CR), ganho de peso (GP), conversão alimentar (CA) e ganho de peso médio diário (GMD) de frangos de corte, machos, no período de 1-20 e de 1-44 dias de idade segundo as fontes e níveis de metionina

		1 a 20 dias			1 a 44 dias			
Tratamentos %		CR(g)	GP(g)	CA	CR(g)	GP(g)	CA	GMD(g)
DL - Met	MHA - FA							
100	0	964	668	1,446	4203	2168	1,937	49,3
75	25	963	679	1,418	4345	2225	1,955	50,6
50	50	947	653	1,452	4313	2182	1,977	49,6
25	75	990	682	1,452	4219	2201	1,916	50,0
0	100	963	671	1,438	4174	2156	1,945	49,0
Média		965	670	1,442	4249	2185	1,945	49,7
CV (%)		5,07	5,36	4,67	6,52	2,94	6,02	2,75

$P < 0,05$

Tabela 4 -Efeito das fontes de metionina suplementar sobre o empenamento, rendimento de carcaça, fígado e gordura abdominal em percentagem

Tratamentos (%)		Penas	Carcaça	Gordura	Fígado				
DL-Met	MHA-FA								
100	0	3,45 ^a	±1,1	79,92	±2,2	1,76	±0,3	2,39	±0,3
75	25	3,86 ^a	±0,8	79,55	±2,1	1,78	±0,4	2,35	±0,3
50	50	2,93 ^{ab}	±0,8	79,70	±2,7	1,88	±0,5	2,41	±0,3
25	75	2,71 ^b	±1,7	79,17	±3,0	1,98	±0,6	2,34	±0,3
0	100	2,75 ^b	±1,4	79,50	±2,1	1,82	±0,5	2,40	±0,3
Média		3,10		79,58		1,84		2,37	
CV (%)		31,90		2,90		25,91		12,27	

P<0,05

Em dietas cuja concentração em proteína bruta é elevada, pequenas diferenças de desempenho entre fontes de diferentes aminoácidos são de difícil percepção.

REFERÊNCIAS

- 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 Zootecnia) - Curso de Pós-graduação em Zootecnia, Universidade Federal de Santa Maria.
- BLOCK, R.J.; JACKSON, R.W. The metabolism of cystine and methionine. **J Biol Chem** v.97, p.cvi-cvii, (abstr.), 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.
- BURESH, R.E.; HARMS, R.H. Comparison of DL-Methionine and Alimet® whit broilers when full fed or restricted. **Nutrition Reports International**, v.33, n.3, p.449-457, 1986.
- 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, 1984.
- DIBNER, J.J. Utilization of supplemental methionine sources by primary cultures of chick hepatocytes. **J Nutr**, v.113, p.2216-2223, 1983.
- DIBNER, J.J.; KNIGHT, C.D. Conversion of 2-hydroxy-4-(methylthio)butanoic acid and L-methionine in the broiler chick a stereospecific pathway. **J Nutr**, v.114, p.1716-1723, 1984.
- DIBNER, J.J. et al. Absorption of ¹⁴C-2-hydroxy-4-(methylthio)butanoic acid (Alimet) from the hindgut of the broiler chick. **Poultry Science**, v.67, p.1314-1321, 1988.
- FISCHER, M. L et al. Crecimiento y composición del plumaje de los pollos broiler. **Canadian Journal of Animal Science**, v.61, p.769-773, 1981.
- GARLICH, J.D. Response of broilers to DL-methionine hydroxy analogue free acid, DL-methionine and L-methionine. **Poultry Science**, v.64, p.1541-1548, 1985.
- HAN, Y. et al. Absorption and bioavailability of DL-methionine hydroxy analogue compared to DL-methionine. **Poultry Science**, v.69, p.281-287, 1990.
- HUYGHEBAERT, G. Comparison of DL-methionine and methionine hydroxy analogue free acid in broiler by using multiexponential regression model. **British Poultry Sci**, v.34, p.343-351, 1993.
- KNIGHT, D.C.; DIBNER, J.J. Comparative absorption of 2-hydroxy-4-(methylthio) butanoic acid and L-methionine in the broiler chick. **J Nutr**, v.114, p.2179-2186, 1984
- LARBIER, M. Digesibilité et métabolisme de sources d'acides aminés soufrés. In: COMPTES-RENDUS DE LA CONFERENCE AVÍCOLE, CARIBE N° 5 ENGRAISSEMENT DU POULET ET NUTRITION AZOTEÉ, 1988, Groupe Français de World's Poultry Science Assoc. p.33-40.
- RÚIZ, B. Relación entre emplume, Alimet® y metionina em pollo de engorda. In: SIMPOSIO DE AVANCES TECNOLÓGICOS, NOVUS INTERNATIONAL, 1993, República Dominicana. **Memorias...** La Romana, 1993. p.169-177.
- SAROKA, J.M.; COMBS, G.F.JR. Comparison of the utilization of methionine and its hydroxy analogue by the chick. **Poultry Science**, v.62, (suppl), p.1496, 1983.
- SAS. **Statistical Analysis System User's Guide**. Version Five Edition. Cary, NC: SAS Institute, 1994.
- SCHUTTE, J.B.; WEERDEN E.J. Effectiveness of methionine hydroxy analogue as affected by the dietary level of L-methionine in chicks. **Nutrition Reports International**, v.36, n.2, p.253-259, 1987.
- SUMMERS, J.D. et al. Assay for estimating the potency of various methionine-active sources. **Poultry Science**, v.66, p.1779-1787, 1987.
- SWICK, R.A.; IVEY, F.J. Effect of metabolizable energy and supplemental methionine on performance and abdominal fat in broilers. **Poultry Science**, v.65, suppl.1, p.195, 1986.
- THOMAS, O.P. et al. Aevaluation of methionine hydroxy analogue free acid using a nonlinear (exponential) bioassay. **Poultry Science**, v.70, p.605-610, 1991.
- WEERDEN E.J. et al. Utilization of the polymers of methionine hydroxy analogue free acid (MHA-FA) in broiler chicks. **Arch. Geflugelk**, v.56, n.2, p.63-68, 1992.