

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos

PATRICIA DE ARAUJO TONETTI

Metionina hidróxi-análoga, arginina e vitamina E: estratégias nutricionais
para melhorar o desempenho de frangos de corte submetidos a estresse
por calor

Pirassununga - SP
2014

PATRICIA DE ARAUJO TONETTI

Metionina hidróxi-análoga, arginina e vitamina E: estratégias nutricionais
para melhorar o desempenho de frangos de corte submetidos a estresse
por calor

(Versão Corrigida)

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Mestre em Ciências.

Área de Concentração: Qualidade e Produtividade Animal

Orientador: Prof. Dr. Lúcio Francelino Araújo

Pirassununga - SP
2014

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Serviço de Biblioteca e Informação da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos
da Universidade de São Paulo

T664m	<p>Tonetti, Patrícia de Araújo Metionina hidroxí-análoga, arginina e vitamina E: estratégias nutricionais para melhorar o desempenho de frangos de corte submetidos a estresse por calor / Patrícia de Araújo Tonetti. -- Pirassununga, 2014. 36f. Dissertação (Mestrado) -- Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos - Universidade de São Paulo. Departamento de Zootecnia. Área de Concentração: Qualidade e Produtividade Animal. Orientador: Prof. Dr. Lúcio Francelino Araújo.</p> <p>1.Arginina 2. Desempenho 3. Estresse por calor 4.Frango de Corte 5. Metionina hidroxí-análoga 6. Vitamina E. I. Título.</p>
-------	---

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me conceder a força necessária para concluir mais esta etapa de vida.

A meus pais, Pedro e Sonia, pelo carinho e amor a mim dedicados.

A meu companheiro e amigo, João Lucon, pelo amor incondicional, carinho e paciência em todos os dias.

Aos Professores Lúcio Francelino Araújo e Cristiane Araújo, pela orientação, ensinamentos e amizade nestes três anos de convivência.

À equipe de Pós-graduandos Cláudia, Natália, Esther e em especial Teresa e Caio, que foram mais que ajuda e apoio, tornaram-se amigos do coração.

Aos alunos do curso de graduação em zootecnia da FZEA: Carla, André, Priscila e Fernando, pelo inestimável auxílio nas etapas mais difíceis do projeto.

Aos funcionários da fábrica de rações, do abatedouro e do setor de avicultura, especialmente ao Edinho, cuja contribuição foi imprescindível ao bom andamento do experimento.

Aos meus companheiros de trabalho, Keithy e Wagner, e à minha chefe Regina, pelo apoio e pela motivação.

À empresa Adisseo por idealizar e viabilizar financeiramente a realização deste estudo.

A todos vocês que contribuíram de maneira singular para a realização desse sonho, meus mais sinceros agradecimentos.

*"Enquanto suspiramos por um vida sem dificuldades,
devemos nos lembrar de que o carvalho cresce forte
através de ventos contrários
e que os diamantes
são formados sob pressão"*

Peter Marshal

Sê

*Se não puderes ser um pinheiro, no topo de uma colina,
Sê um arbusto no vale mas sê
O melhor arbusto à margem do regato.
Sê um ramo, se não puderes ser uma árvore.
Se não puderes ser um ramo, sê um pouco de relva
E dá alegria a algum caminho.*

*Se não puderes ser uma estrada,
Sê apenas uma senda,
Se não puderes ser o Sol, sê uma estrela.
Não é pelo tamanho que terás êxito ou fracasso...
Mas sê o melhor no que quer que sejas.*

Pablo Neruda

RESUMO

TONETTI, P. A. **Metionina hidróxi-análoga, Arginina e Vitamina E: Estratégias nutricionais para melhorar o desempenho de frangos de corte submetidos a estresse por calor.** 2014. 36f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2014.

Durante a fase de crescimento e terminação, 1890 frangos de corte machos da linhagem Cobb[®]500 foram submetidos a altas temperaturas e alimentados com dietas experimentais contendo três fontes de metionina (DL-Met, DL-HMTBA e DL-Met/ DL-HMTBA), três níveis de vitamina E (15 UI, 45 UI e 100 UI) e duas relações Arg:Lis (0,9 e 1,5), cujo delineamento fatorial 3 x 3 x 2 totalizou 18 tratamentos, com sete repetições de 15 aves cada. Ao final do período experimental, os parâmetros de desempenho zootécnico como consumo de ração, peso corporal, conversão alimentar e rendimento de carcaça, peito e pernas foram avaliados e, após análise estatística, comprovou-se que não houve interação entre os fatores. Dessa maneira, os efeitos individuais dos elementos testados foram analisados e observou-se que a utilização de diferentes fontes de metionina e a inclusão de vitamina E nas quantidades testadas não apresentaram diferenças significativas. Porém, a maior inclusão de arginina na dieta proporcionou melhora nos resultados de ganho de peso, peso corporal e conversão alimentar, mas não resultou em diferenças significativas nos parâmetros de carcaça avaliados.

Palavras - Chave: Arginina. Desempenho. Estresse por calor. Frangos de corte Metionina hidróxi-análoga. Vitamina E.

ABSTRACT

TONETTI, P. A. **Methionine hydroxy-analogue, arginine and vitamin E: Nutrition strategies to improve the performance of broilers subjected to heat stress.** 2014. 36f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2014.

During the growing and the finishing, 1890 male broiler chickens of Cobb 500® were subjected to high temperatures and fed with experimental diets containing three sources of methionine (DL -Met ,DL - HMTBA and DL-Met/DL - HMTBA), three levels of vitamin E (15 IU, 45 IU and 100 IU) and two relations Arg:Lys (0.9 and 1.5), whose factorial design 3 x 3 x 2 totaled 18 treatments with seven replicates of 15 birds each. At the end of the experimental period, the growth performance parameters such as feed intake, body weight, feed conversion and carcass, breast and legs yield were evaluated and, after statistical analysis, it was shown that there was no interaction between factors. Thus, the effects of the tested individual elements were analyzed and it was found that the use of different sources of methionine and the inclusion of vitamin E in the amounts tested showed no significant differences. However, the increased inclusion of arginine in the diet improved results in weight gain, body weight and feed conversion, but resulted in no significant differences in carcass parameters.

Keywords: Arginine. Broilers. Heat stress. Methionine hydroxy analogue. Performance. Vitamin E.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

%	por cento
Arg	Arginina
Ca	Cálcio
DL - HTMBA	Ácido DL - 2 - hidróxi - 4 - metilbutanóico
EM	Energia Metabolizável
g	Gramma
g / g	Gramma por gramma
kcal	Quilocaloria
Kg	Quilogramma
Lis	Lisina
m	Metro
Met	Metionina
mg	Miligramma
°C	Grau Centígrado
PB	Proteína Bruta
Pd	Fósforo Disponível
UBABEF	União Brasileira de Avicultura
UI	Unidade Internacional
Vit E	Vitamina E

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Definição dos tratamentos propostos	20
Tabela 2 - Composição nutricional das dietas experimentais para as fases de Crescimento e Terminação.....	21
Tabela 3 - Formulação das dietas experimentais para a fase de Crescimento de frangos de corte (15 a 28 dias).....	23
Tabela 4 - Formulação das dietas experimentais para a fase de Terminação de Frangos de corte (29 a 42 dias).....	24
Tabela 5 - Efeito da Vitamina E sobre os parâmetros de desempenho zootécnico de Frangos de Corte, separados por etapa de criação.....	27
Tabela 6 - Efeito da Vitamina E sobre o rendimento de carcaça, peito e pernas de Frangos de Corte.....	27
Tabela 7 - Efeito da adição de DL-HMTBA sobre os parâmetros de desempenho zootécnico de Frangos de corte, separados por etapa de criação.....	28
Tabela 8 - Efeito da adição de DL-HMTBA sobre rendimento de carcaça, peito e pernas de Frangos de Corte.....	28
Tabela 9 - Efeito da adição de arginina sobre os parâmetros de desempenho zootécnico para as diferentes fases de criação de Frangos de Corte.....	29
Tabela 10 - Efeito da Adição de Arginina sobre o rendimento de carcaça, peito e pernas de Frangos de Corte.....	29

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	11
2.1	Vitamina E.....	11
2.2	Aminoácidos	14
2.2.1	Metionina	15
2.2.2	Arginina.....	18
3	MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1	Descrição do Local.....	20
3.2	Animais e Manejo	20
3.3	Características Avaliadas	24
3.3.1	Desempenho	24
3.3.2	Rendimento de Carcaça.....	24
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	25
4.1	Vitamina E.....	25
4.2	DL - Metionina e DL-HMTBA	26
4.3	Arginina	28
5	CONCLUSÕES	31
6	REFERÊNCIAS.....	32

1 INTRODUÇÃO

A avicultura brasileira apresenta grande importância no cenário econômico mundial, visto que o país mantém a posição de terceiro maior produtor de carne de frango e líder em exportações da referida proteína. Segundo dados do relatório da União Brasileira de Avicultura (UBABEF) , em 2012 o Brasil alcançou a produção de 12,65 milhões de toneladas de carne de frango, sendo que 69% do total produzido foi destinado ao mercado interno, cujo consumo per capita atingiu 45 kg. O restante, cerca de 3,92 milhões de toneladas, foi destinado ao mercado externo cuja comercialização ocorreu predominantemente na forma de cortes e teve como principais países de destino o Oriente Médio, China, Ásia e Europa.

Ainda que a produção seja elevada, o prejuízo causado pelo estresse térmico comum nos países tropicais ainda é significativo, visto que as trocas de calor entre o animal e o ambiente demandam um gasto energético, além de causar outras alterações de comportamento, como a redução do consumo de alimento.

Diante desse cenário, cabe aos pesquisadores a missão de desenvolver estratégias nutricionais, de manejo ou tecnológicas para que a avicultura brasileira atenda à demanda crescente por proteína animal e mantenha a liderança nos rankings mundiais, frente ao desafio de produzir eficientemente em um país tropical, cujas temperaturas e umidades permanecem elevadas durante todo o ano e que a realidade de um galpão climatizado não se aplica à maioria dos pequenos produtores que compõem essa cadeia produtiva.

Objetivo

O objetivo do presente estudo foi avaliar o efeito da inclusão de vitamina E, arginina e utilização da metionina hidróxi-análoga sobre o desempenho de frangos de corte submetidos a estresse por calor no período de 15 a 42 dias de criação.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Vitamina E

As vitaminas são compostos orgânicos essenciais, necessários em pequenas quantidades, cujas funções principais são de catalisação e regulação das reações metabólicas no organismo (EWAN, 1996)

O termo *vitamina* ("amina essencial para a vida") foi inicialmente proposto pelo pesquisador Casimir Funk em 1912, para descrever um fator alimentar acessório, uma estrutura essencial à vida e que não se enquadrava nas categorias conhecidas até a época: carboidratos, lipídios e proteínas (LEESON; SUMMERS, 2001).

Classificadas como hidrossolúveis ou lipossolúveis, de acordo com seu mecanismo de ligação e transporte no organismo, as vitaminas são essenciais para o crescimento e desenvolvimento animal e sua deficiência pode causar distúrbios irreversíveis à sanidade da criação, visto que a maioria destas estruturas está diretamente relacionada à resposta imune (RUTZ, 2002).

Como esses compostos são encontrados em pequenas quantidades nos alimentos e ainda, possivelmente reduzidos em virtude de alguns processos aos quais estes alimentos são submetidos, como por exemplo o refinamento do óleo vegetal ou a aplicação de antifúngico em estoques de milho, a suplementação de vitaminas nas dietas animais faz-se necessária diante das elevadas exigências ocasionadas pela seleção de animais com rápido crescimento e pelos sistemas intensivos de produção, que implicam em maiores estresses metabólicos. Estima-se que os complexos vitamínicos representem 0,05% do peso e 1,5% dos custos das rações (RUTZ, 2002).

Nesse contexto, a vitamina E se insere na categoria das lipossolúveis e representa um grupo de compostos estruturalmente relacionados, formado por oito isômeros que variam de acordo com o número de grupos metil (CH₃) ligados ao núcleo 6-hidróxi-cromano e pelo grau de insaturação da cadeia lateral do isopreno. De acordo com a posição e quantidade de grupos CH₃ ligados ao núcleo, as estruturas químicas podem ser classificadas como α , β , γ e δ , podendo estar ligadas a uma cadeia lateral saturada, denominada tocoferol, ou insaturada, denominada

tocotrienol (MCDOWELL, 2000). A representação gráfica das estruturas químicas citadas está demonstrada na figura 1.

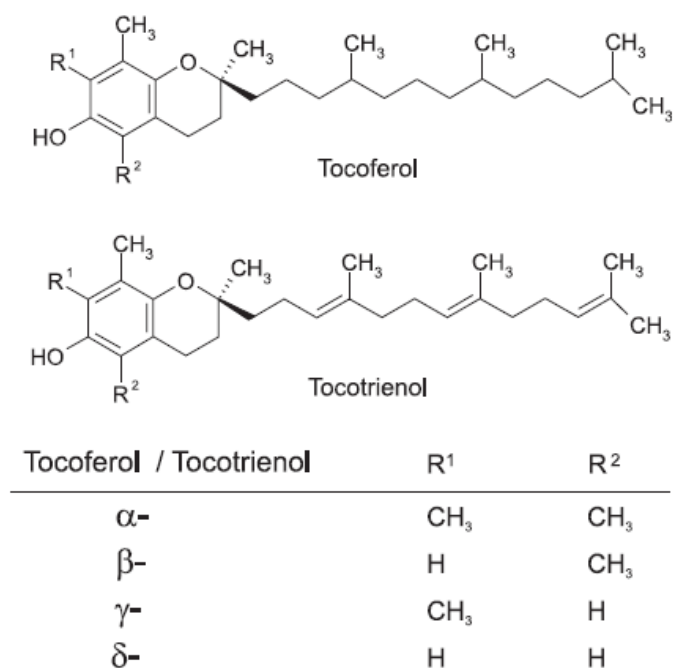


Figura 1 - Estrutura química do tocoferol e do tocotrienol.

Embora muitas formas de vitamina E estejam disponíveis no ambiente, somente a forma de acetato de α-tocoferil é utilizada na suplementação de dietas animais, por conter a forma mais ativa e estável da vitamina frente às condições oxidantes (EWAN, 1996).

Segundo o Sistema Internacional de Unidades, uma unidade internacional de Vitamina E é definida como 1 mg de acetato-dl- α-tocoferil.

Historicamente, foi descoberta em 1922 pelo físico americano Herbert Evans e sua assistente Katherine Bishop através de um experimento sobre reprodução de ratas alimentadas com dietas purificadas. O composto ativo identificado era lipossolúvel e foi designado como vitamina E ou ainda, *tocoferol*, do grego: *toco* - "parto" - e *ferol* - "carregar, sustentar" e foi isolado 14 anos mais tarde a partir do óleo de gérmen de trigo (SURAI, 2002).

A partir de sua ingestão, a absorção da vitamina E ocorre predominantemente no intestino delgado, local em que os ésteres são quebrados por lipases e a forma livre do tocoferol é incorporada ao quilomícron com ajuda do suco biliar e

transportadas via sistema linfático até o fígado. Nesse órgão, ligam-se a proteínas de muito baixa densidade e são transportados para todos os tecidos do corpo. Dentre todas as vitaminas, a vitamina E é a única que pode ser acumulada no organismo, sendo encontrada em concentrações mais elevadas no fígado, adrenais, rins, miocárdio e tecido adiposo (LEESON; SUMMERS, 2001).

Dentre as muitas funções biológicas desempenhadas pela vitamina E, seu papel como antioxidante natural destaca-se frente aos demais, dada sua elevada importância como protetora das membranas celulares. Bioquimicamente, sugere-se que o tocoferol tenha afinidade para se ligar à camada lipídica das membranas, atuando como doador de elétrons para os radicais livres. Dessa maneira, evita-se a formação de peróxidos de oxigênio e orgânicos, compostos químicos de elevada toxicidade para as células, e promove-se a estabilidade dos radicais livres, impedindo a oxidação das membranas e posterior lise das células (EWAN, 1996).

A vitamina E também atua sobre o sistema imune do organismo, uma vez que estimula a atividade da enzima glutathione peroxidase das células de defesa, como os neutrófilos e macrófagos circulantes, estimula a atividade dos linfócitos T, aumenta a atividade fagocitária e produção de anticorpos contra vários antígenos. Em diversos estudos, Leeson e Summers (2001) observaram que a inclusão de 90 UI de vitamina E/kg ração influencia a diferenciação de células T no timo e no baço. Além disso, níveis de vitamina E superiores aos exigidos para o crescimento ideal podem melhorar a imunocompetência de frangos de corte em crescimento. Esses autores sugerem ainda que a adição de vitamina E em níveis moderados na dieta (em torno de 100 UI de vitamina E / Kg de ração) pode melhorar a imunidade das aves contra coccidiose.

Outro grande benefício proporcionado pela vitamina E é a melhora na qualidade da carne após o abate, pois promove a diminuição da oxidação das gorduras da carcaça, reduzindo a formação de compostos indesejáveis que conferem sabor rançoso à carne. Dessa maneira, as perdas durante o armazenamento são minimizadas visto que há um aumento do tempo de prateleira do alimento (LEONEL *et al.*, 2007).

Conhecendo os mecanismos metabólicos de ação da vitamina E, muitos pesquisadores decidiram suplementá-la à dieta das aves com o intuito de minimizar os efeitos negativos ocasionados pelo estresse por calor sobre os índices

zootécnicos de produção como consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar.

Utilizando níveis de 25, 250, 500 e 750 mg de vitamina E/Kg de ração, Barreto, Ferreira e Moraes (1998) encontraram resultados positivos para ganho de peso e conversão alimentar de frangos de corte mantidos em ambiente termoneutro, observando um aumento de 5,49g no peso corporal e uma melhora de 0,0038 pontos na conversão alimentar para cada incremento de 25 mg de vitamina E na dieta.

Porém, diante de condições estressantes como altas temperaturas diárias, Leonel *et al.* (2007), utilizando uma suplementação de 300 mg de vitamina E/kg de ração, não verificou resultados positivos para ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar, além de não encontrar diferenças para o rendimento de carcaça, peito e pernas.

Diante de condições ambientais similares, Niu *et al* (2009) testou dietas suplementadas com 100 mg e 200 mg de vitamina E/kg de ração, e observou que houve significativa redução do peso corporal e consumo de ração para todas as aves submetidas ao estresse térmico, porém, não encontrou variação entre os tratamentos.

Resultados similares foram obtidos por Bayraktar *et al.* (2011) ao testar a suplementação de 200 mg de vitamina E/kg de ração, o qual também não verificou diferenças significativas para ganho de peso, consumo de ração, conversão alimentar e parâmetros de carcaça em animais submetidos a temperaturas ambientais acima da zona de conforto.

2.2 Aminoácidos

Os aminoácidos são moléculas orgânicas constituídas basicamente por carbono, hidrogênio, oxigênio e nitrogênio. Possuem em sua composição um grupo amino (- NH₂), um grupo carboxila (- COOH) e uma cadeia lateral que é específica para cada um dos vinte aminoácidos existentes. Através de ligações peptídicas, os aminoácidos se juntam formando polímeros cuja combinação (acima de 80 unidades) dá origem a uma diversidade de proteínas (MARZZOCO; TORRES, 2007).

Essas por sua vez, são responsáveis por muitas funções biológicas no organismo, dentre elas destaca-se a participação como elemento estrutural, na formação de membranas, músculos e tecidos conjuntivos; a regulação do metabolismo feita por intermédio de enzimas e hormônios; o transporte de moléculas de oxigênio realizado pela hemoglobina; são constituintes dos ácidos nucléicos e ainda, contribuem com a defesa do organismo através da ação das imunoglobulinas e dos intéferons (MENDES; NÄÄS; MACARI; 2004).

É conhecido que os componentes protéicos das dietas representam o maior custo de produção e o fornecimento destes além das necessidades dos animais representam um fator negativo para a produção uma vez que elevam os custos, diminuem a produtividade, e ainda geram uma demanda energética para viabilizar a sua eliminação. Com o intuito de aumentar a produtividade, a utilização de aminoácidos sintéticos na formulação de rações para monogástricos têm se tornado cada vez mais comum. Dessa maneira, é possível formular dietas mais equilibradas e mais eficientes, que atendam de maneira satisfatória as exigências dos animais (MENDES; NÄÄS; MACARI, 2004).

Os aminoácidos podem ser classificados como essenciais, caso não sejam produzidos pelo organismo e, portanto, devem ser fornecidos pela dieta, ou não essenciais, quando o organismo possui a capacidade de produzi-los (RUTZ, 2002).

Considerando a grande diversidade de animais de produção, tem-se uma necessidade aminoacídica diferente para cada espécie e cuja limitação também está vinculada a sua alimentação. Para frangos de corte alimentados com ração à base de milho e farelo de soja, os principais aminoácidos limitantes identificados são: Metionina+cistina, lisina, treonina, triptofano e arginina (ATENCIO *et al.*, 2004).

2.2.1 Metionina

Por ser o primeiro aminoácido limitante das dietas para frangos de corte, muitos estudos são voltados ao conhecimento da metionina, o que possibilitou sua inclusão nas dietas na forma sintética desde a década de 70 (ESTEVE-GARCIA; AUSTIC, 1987). Dentre suas principais funções, além de estar diretamente envolvida na síntese de proteínas, é importante intermediário nas reações de metilação e

ainda fornece átomos de enxofre que, combinados às moléculas de serina, formam a cisteína, componente essencial à produção da glutathiona (SWENNEN *et al.*, 2011).

A glutathiona tem papel fundamental na defesa contra o estresse oxidativo das membranas celulares, pois é responsável pela redução das moléculas de peróxido de oxigênio (H_2O_2) cuja reação libera compostos que não causam danos ao organismo, como a água (MARZZOCO; TORRES, 2007).

No entanto, a utilização da DL-metionina nas formulações ainda apresenta custos elevados e, por isso, sua substituição pela versão hidróxi-análoga deste aminoácido tem sido amplamente discutida.

O ácido DL - 2 hidróxi - 4 - metilbutanóico (DL - HTMBA), também conhecido como metionina hidróxi-análoga, diferencia-se da molécula de metionina original por possuir um grupamento hidroxila (OH) no lugar do grupamento amina (NH_2), localizado no carbono alfa da molécula. Este composto pode ser comercializado na forma líquida, como um ácido, ou na forma de pó, como um sal de cálcio (VISENTINI *et al.*, 2005). Na figura a seguir estão demonstradas as estruturas químicas das moléculas citadas.

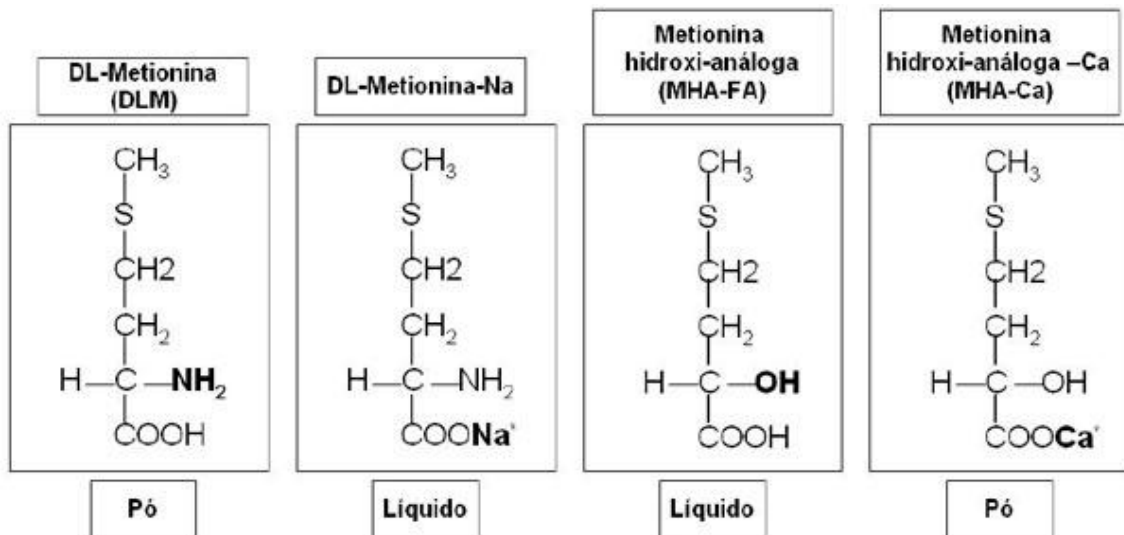


Figura 2 - Estrutura química das moléculas de DL-metionina e suas versões análogas.

Outro aspecto a ser considerado são os isômeros L e D destas moléculas. Como as aves utilizam somente o isômero L para a síntese protéica, os isômeros D devem ser transformados para que ocorra um aproveitamento total dos compostos ingeridos.

A absorção destes nutrientes ocorre no intestino delgado por meio do transporte ativo para a DL-metionina, ou seja, é transportada para o interior da célula contra um gradiente de concentração, diferentemente das versões análogas, cujo transporte é passivo, ou seja, as moléculas alcançam o citosol por difusão, passando de um meio mais concentrado para um meio menos concentrado (KNIGHT; DIBNER, 1984).

Tendo em vista os diferentes mecanismos de transporte envolvidos na absorção dessas moléculas, e as transformações metabólicas exigidas para a sua utilização, algumas pesquisas foram realizadas a fim de avaliar a biodisponibilidade dos compostos análogos. Em estudo com frangos de corte, Saroka e Combs (1983) não verificaram diferenças na absorção dos compostos quando comparados à DL – metionina, porém Baker e Boebel (1980), Labier (1988), Han *et al.* (1990) e Rostagno e Barbosa (1995) verificaram que a absorção das moléculas análogas foi ligeiramente inferior à DL- metionina.

Avaliando-se o desempenho de frangos de corte submetidos a dietas experimentais com diversos níveis de substituição da DL-metionina por sua versão análoga (DL-HMTBA) em base equimolar, pesquisadores como Summers *et al.* (1987), Bastiani (1994) e Meirelles *et al.* (2002) não verificaram diferenças significativas nos parâmetros de desempenho zootécnico como consumo de ração, ganho de peso, conversão alimentar, rendimento de carcaça, peito e pernas.

Há evidências de que a DL- HMTBA seja transformada em cisteína de modo mais eficiente que a DL-metionina e, por isso, seus efeitos benéficos seriam mais evidentes em situações de estresse por calor, as quais são responsáveis pela maior produção de radicais livres (VISENTINI *et al.*, 2005).

Diante dessa hipótese, alguns autores observaram que, sob altas temperaturas, aves alimentadas com DL-HMTBA apresentaram melhor crescimento, melhor conversão alimentar e menor mortalidade quando comparadas às aves alimentadas somente com DL-metionina (SWICK; PIERSON, 1988; SWICK *et al.*, 1990).

Em 2005, Visentini e seus colaboradores testaram dietas experimentais cujos níveis de substituição da DL-Metionina por DL-HMTBA foram de 0, 25, 50, 75 e 100% em frangos de corte submetidos a estresse por calor. Os resultados para os parâmetros de desempenho não apresentaram diferenças significativas.

Porém, resultados opostos foram observados por Balnave e Oliva (1990), cujo desempenho de frangos alimentados com DL-metionina foi superior ao desempenho das aves alimentadas com DL-HMTBA.

Diante de tantas observações inconclusivas, faz-se necessária a continuidade dos estudos e pesquisas acerca do metabolismo das moléculas análogas e seus possíveis benefícios aos animais submetidos a estresse por calor (WILLEMSSEN *et al.*, 2011).

2.2.2 Arginina

Considerado o quinto aminoácido limitante das dietas à base de milho e farelo de soja, a arginina é um composto essencial à nutrição das aves, especialmente porque estas não têm a capacidade de produzi-la, uma vez que não possuem o ciclo da uréia funcional (BAKER, 1991).

Esse aminoácido apresenta diversas funções biológicas, dentre elas podemos destacar a síntese protéica, e a participação na produção de vários compostos, incluindo a ornitina, poliaminas, prolinas, glutamato, uréia, creatinina e outras enzimas argininodependentes (WU *et al.*, 2009).

Segundo Wideman *et al.* (1995), a arginina também apresenta importante função imunológica a medida que é precursor do óxido nítrico (NO), molécula responsável pelo controle fagocitário de monócitos e macrófagos (Qureshi *et al.*, 2000) e importante dilatador biológico, avaliado como um tratamento preventivo para ascite - ou síndrome de hipertensão pulmonar.

Além da ausência da síntese endógena, a elevada taxa de deposição de proteína causada pelo rápido crescimento das linhagens de frangos de corte e o antagonismo com a lisina aumentam ainda mais as exigências desse aminoácido (BALL; URSHEL; PENCHARZ, 2007).

Os mecanismos biológicos envolvidos no antagonismo entre arginina e lisina são explicados por Furlan (2002). Segundo o autor, o excesso de lisina na dieta altera a utilização da arginina nas aves, uma vez que aumenta sua degradação via arginase renal. Dessa maneira, eleva-se a perda urinária da arginina devido a competição desses aminoácidos pela reabsorção nos túbulos renais e por um decréscimo na síntese de creatinina.

Embora as dietas possuam adequado balanço entre estes compostos, este equilíbrio pode ser afetado pelas condições ambientais. Estudos realizados por Brake, Balnave e Dibner (1998) demonstraram uma redução significativa na absorção de arginina pelas células do intestino de aves submetidas a uma temperatura ambiente de 31°C, quando comparadas às aves de ambiente termoneutro.

Dessa maneira, ainda que as dietas sejam nutricionalmente equilibradas, a exposição de animais a elevadas temperaturas pode afetar a biodisponibilidade dos nutrientes, causando transtornos metabólicos e prejuízos financeiros.

Com o intuito de avaliar a influência da relação arginina:lisina na dieta de frangos de corte submetidos a estresse por calor, Costa *et al.* (2001) verificou que o fornecimento de dietas experimentais que continham relação Arg:Lis de 95,0%, 102,5%; 110,0%; 117,5%; 125,0% e 132,5% não afetaram os índices de desempenho. Porém, observou-se uma relação linear entre o aumento da arginina e o rendimento de pernas, seguido da diminuição de gordura abdominal.

Resultados similares foram encontrados por Mendes *et al.* (1997) cujas dietas experimentais testadas apresentavam relação arg:lis de 110%; 120%; 130% e 140%. Entretanto, estes autores verificaram uma relação linear entre o aumento da arginina na dieta e melhora nos índices de conversão alimentar, o que também foi observado por Mejia *et al.* (2012) testando dietas com relação arg:lis de 95% e 124%.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Descrição do Local

O projeto de pesquisa foi executado na Granja Experimental da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, campus de Pirassununga/SP, no período de novembro a dezembro de 2011.

Utilizou-se um galpão de alvenaria de 45m x10m e 2,5m de pé direito, coberto com telhas de fibrocimento, orientação leste-oeste, subdividido em boxes de 1,00m x 1,20m. Cada box foi equipado com cama de casca de arroz, bebedouro do tipo *nipple* (chupeta) e um comedouro tubular.

O aviário possui ainda um sistema de ventilação forçada, mantido por 2 exaustores controlados por sensores internos, responsáveis também pelo controle da temperatura.

O aquecimento do ambiente foi feito através da utilização de gerador automático de ar quente a gás, controlado por termostato digital e com acionamento eletrônico.

3.2 Animais e Manejo

Foram utilizados 1890 pintos machos de um dia de idade da linhagem Cobb®500.

No período de 1 a 14 dias, as aves foram submetidas a uma dieta inicial formulada com base nas exigências descritas por Rostagno *et al.*(2011) para a respectiva fase de criação.

Nesta etapa, os animais receberam água e alimento à vontade e foi aplicado o manejo de luz e temperatura proposto pelo manual da linhagem.

Dando início ao período experimental, aos 15 dias de idade as aves foram pesadas e distribuídas em 126 unidades experimentais de 15 aves cada, atendendo ao esquema fatorial 2x3x3 (2 relações arginina/lisina; 3 composições de metionina e 3 níveis de vitamina E) totalizando 18 tratamentos com 7 repetições cada, conforme tabela a seguir:

Tabela 1 - Definição dos tratamentos propostos.

Tratamento	Arg/Lis	Metionina	Vitamina E
A	0,9	DL	15 UI
B	0,9	HMTBA	15 UI
C	0,9	DL/HMTBA	15 UI
D	0,9	DL	45 UI
E	0,9	HMTBA	45 UI
F	0,9	DL/HMTBA	45 UI
G	0,9	DL	100 UI
H	0,9	HMTBA	100 UI
I	0,9	DL/HMTBA	100 UI
J	1,5	DL	15 UI
L	1,5	HMTBA	15 UI
M	1,5	DL/HMTBA	15 UI
N	1,5	DL	45 UI
O	1,5	HMTBA	45 UI
P	1,5	DL/HMTBA	45 UI
Q	1,5	DL	100 UI
R	1,5	HMTBA	100 UI
S	1,5	DL/HMTBA	100 UI

As dietas experimentais foram divididas em duas fases de criação: crescimento (15 - 28 dias) e terminação (29 - 42 dias), formuladas à base de milho e farelo de soja, cujas composições estão discriminadas nas tabelas 3 e 4, respectivamente, de maneira a atender às exigências nutricionais estipuladas por Rostagno *et al.* (2011), cujos valores encontram-se descritos na tabela 2, e seu fornecimento foi *ad libitum*.

Tabela 4 - Formulação das dietas experimentais para a fase de Terminação de Frangos de Corte (29 a 42 dias).

TRATAMENTOS	A/D/G	B/E/H	C/F/I	J/N/Q	L/O/R	M/P/S
Lisina	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
Arginina	0,99	0,99	0,99	1,65	1,65	1,65
DL-Metionina	100%	0%	50%	100%	0%	50%
DL-HMTBA	0%	100%	50%	0%	100%	50%
Vitamina E	15/45/100	15/45/100	15/45/100	15/45/100	15/45/100	15/45/100

INGREDIENTES (Kg)

Milho	62,46	62,46	62,46	62,46	62,46	62,46
Farelo de Soja	22,02	22,02	22,02	22,02	22,02	22,02
Glutenose	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00	5,00
Óleo de Soja	5,98	5,98	5,98	5,98	5,98	5,98
Fosfato Bicálcico	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24	1,24
Calcário	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81
Inerte	0,78	0,70	0,74	0,08	0,00	0,04
L-lisina	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48	0,48
Sal	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
Premix Vit/Min*	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
DL-Metionina	0,30	0,00	0,15	0,30	0,00	0,15
DL-HMTBA	0,00	0,38	0,19	0,00	0,38	0,19
Treonina	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
Arginina	0,00	0,00	0,00	0,70	0,70	0,70
TOTAL	100	100	100	100	100	100

Durante o período avaliado, as aves foram submetidas a estresse por calor, mantendo-se a temperatura ambiente próxima de 32°C.

3.3 Características Avaliadas

3.3.1 Desempenho Zootécnico

As características de desempenho zootécnico (ganho de peso, consumo de ração e conversão alimentar) foram avaliadas no período de 15 a 28 dias e de 29 a 42 dias através de pesagens dos animais e das sobras de ração realizadas no início e no fim de cada uma das fases de criação.

3.3.2 Rendimento de Carcaça

Ao final do experimento, foram retiradas três aves de cada repetição para determinação das características de carcaça (rendimento de carcaça, peito e pernas). Estas foram identificadas, pesadas e submetidas a jejum de 8 horas.

O abate foi realizado no matadouro-escola da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo seguindo os princípios do bem-estar animal e abate humanitário.

Em seguida, as carcaças foram resfriadas em *chiller* por 4 horas e posteriormente procedeu-se à pesagem da carcaça inteira, peito com pele/ossos e pernas (coxa e sobre-coxa).

Para o cálculo do rendimento, comparou-se os valores obtidos após o resfriamento com o peso inicial da ave antes do jejum.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os dados obtidos foram analisados pelo programa *Statistical Analysis System* (SAS) e verificou-se que não houve interação entre os fatores estudados. Portanto, seus efeitos individuais sobre os parâmetros de interesse estão demonstrados a seguir.

4.1 Vitamina E

Conforme pode ser observado na tabela 5, a inclusão da vitamina E nas dietas experimentais não proporcionou diferenças significativas para os índices de peso corporal, consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar nas diferentes fases de criação. A ausência de resposta positiva também foi diagnosticada para os índices de rendimento de carcaça, peito e pernas, como pode ser observado na tabela 6. Estes resultados corroboram com as observações dos pesquisadores Leonel *et al.* (2007), Niu *et al.* (2009) e Bayraktar (2011) . Além disso, há de se considerar que estes estudos envolveram níveis de vitamina E muito acima dos utilizados neste experimento.

Tabela 5 - Efeito da Vitamina E sobre os parâmetros de desempenho zootécnico de frangos de corte, separados por etapa de criação.

Vitamina E	15 - 28 dias			
	15 UI	45 UI	100 UI	P
Peso Corporal (g)	1421	1420	1399	0,219
Consumo de ração (g)	1430	1430	1407	0,088
Ganho de Peso (g)	958	958	937	0,199
Conversão Alimentar (g/g)	1,5	1,5	1,51	0,711

Vitamina E	29-42 dias			
	15 UI	45 UI	100 UI	P
Peso Corporal (g)	2070	2062	2037	0,572
Consumo de ração (g)	1685	1690	1644	0,249
Ganho de Peso (g)	670	650	632	0,287
Conversão Alimentar (g/g)	2,56	2,65	2,65	0,348

Vitamina E	15 - 42 dias			
	15 UI	45 UI	100 UI	P
Peso Corporal (g)	2070	2062	2037	0,578
Consumo de ração (g)	3114	3121	3050	0,124
Ganho de Peso (g)	1628	1607	1568	0,144
Conversão Alimentar (g/g)	1,92	1,95	1,95	0,349

Tabela 6 - Efeito da Vitamina E sobre o rendimento de carcaça, peito e pernas de frangos de corte.

Vitamina E	15 UI	45 UI	100 UI	P
Carcaça (%)	73,50	72,10	73,01	0,041
Peito (%)	28,24	27,73	27,40	0,048
Pernas (%)	34,60	34,87	34,57	0,37

4.2 DL - Metionina e DL-HMTBA

A substituição da DL metionina por sua versão hidróxi-análoga (DL-HTMBA) nas proporções de 50% e 100% não afetaram os parâmetros de peso

corporal, consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar nas fases de crescimento e terminação dos frangos de corte (Tabela 7)

Tabela 7 - Efeito da adição de DL-HTMBA sobre os parâmetros de desempenho zootécnico de frangos de corte, separados por etapa de criação.

	15 - 28 dias			
	DL - Met	DL - HMTBA	DL Met / HMTBA	P
Peso Corporal (g)	1414	1407	1417	0,802
Consumo de ração (g)	1430	1419	1417	0,51
Ganho de Peso (g)	952	945	955	0,747
Conversão Alimentar (g/g)	1,51	1,51	1,49	0,284

	29-42 dias			
	DL - Met	DL - HMTBA	DL Met / HMTBA	P
Peso Corporal (g)	2027	2064	2078	0,275
Consumo de ração (g)	1668	1685	1665	0,777
Ganho de Peso (g)	634	658	660	0,498
Conversão Alimentar (g/g)	2,69	2,60	2,57	0,214

	15 - 42 dias			
	DL - Met	DL - HMTBA	DL Met / HMTBA	P
Peso Corporal (g)	2027	2064	2078	0,275
Consumo de ração (g)	3099	3104	3082	0,845
Ganho de Peso (g)	1586	1603	1615	0,644
Conversão Alimentar (g/g)	1,96	1,94	1,92	0,125

Além disso, não foram observadas diferenças significativas para os índices de rendimento de carcaça, peito e pernas, conforme demonstrado na tabela 8.

Tabela 8 - Efeito da adição de DL-HTMBA sobre rendimento de carcaça, peito e pernas de frangos de corte.

	DL - Met	DL - HMTBA	DL Met / HMTBA	P
Carcaça (%)	72,78	72,86	72,98	0,941
Peito (%)	27,81	27,76	27,81	0,986
Pernas (%)	34,73	34,80	34,50	0,399

Tais resultados estão de acordo com Summers *et al.* (1987), Bastiani (1994), Meirelles *et al.* (2002) Visentini *et al.* (2005), porém diferem das observações de Swick e Pierson (1988), Swick *et al.* (1990) e Balnave e Oliva (1990).

Acredita-se que a ausência de resultados positivos tanto para a inclusão de vitamina E quanto para a substituição da DL-Metionina por sua versão hidróxi-análoga seja resultante da adaptação do organismo frente a um estresse crônico, uma vez que a temperatura ambiente foi elevada e constante.

4.3 Arginina

Para a fase de crescimento (dos 15 aos 28 dias de idade), o aumento da adição de arginina na dieta (relação arg:lis de 1,5) promoveu diferenças significativas em todos os índices de desempenho avaliados. Já para a fase de terminação, na qual é o ritmo de crescimento e depósito de proteína é menor, observou-se apenas uma melhora do peso corporal das aves alimentadas com níveis maiores de arginina. Avaliando-se todo o período experimental (15 a 42 dias), observa-se que o incremento de arginina foi responsável pelo maior peso corporal, maior ganho de peso e melhor conversão alimentar (Tabela 9).

Tabela 9 - Efeito da adição de arginina sobre os parâmetros de desempenho zootécnico para as diferentes fases de criação de frangos de corte.

15 - 28 dias			
Arg:Lis	0,9	1,5	P
Peso Corporal (g)	1379 ^b	1447 ^a	0,001
Consumo de ração (g)	1409 ^a	1435 ^a	0,008
Ganho de Peso (g)	916 ^b	985 ^a	0,001
Conversão Alimentar (g/g)	1,54 ^b	1,46 ^a	0,04

29-42 dias			
Arg:Lis	0,9	1,5	P
Peso Corporal (g)	2030 ^b	2082 ^a	0,049
Consumo de ração (g)	1663	1682	0,452
Ganho de Peso (g)	648	645	0,768
Conversão Alimentar (g/g)	2,62	2,62	0,997

15 - 42 dias			
Arg:Lis	0,9	1,5	P
Peso Corporal (g)	2030 ^b	2082 ^a	0,049
Consumo de ração (g)	3072	3118	0,148
Ganho de Peso (g)	1563 ^b	1639 ^a	0,002
Conversão Alimentar (g/g)	1,97 ^b	1,91 ^a	0,001

Valores seguidos por letras diferentes na mesma linha diferem significativamente ao nível de 5% ($p < 0,05$) pelo Teste de Tukey.

Estes dados estão de acordo com os resultados obtidos por Mejia *et al.* (2012), e sugerem que o aumento da temperatura ambiente eleva as necessidades de arginina para frangos de corte.

Entretanto, o aumento da arginina na dieta não alterou os índices de rendimento de carcaça, peito e pernas, conforme observado na tabela 10.

Tabela 10 - Efeito da Adição de Arginina sobre o rendimento de carcaça, peito e pernas de frangos de corte.

Arg:Lis	0,9	1,5	P
Carcaça (%)	72,64	73,10	0,317
Peito (%)	27,65	27,93	0,311
Pernas (%)	34,45	34,91	0,016

Como o acréscimo de arginina proporcionou maiores pesos corporais, essa ausência de resultado positivo já era esperada, uma vez que os rendimentos de carcaça são calculados em função desse índice.

5 CONCLUSÕES

Diante das condições experimentais citadas, conclui-se que a adição de vitamina E na dietas em níveis acima de 15 UI não altera o desempenho de frangos de corte submetidos a estresse por calor.

A substituição da DL-metionina por sua versão hidróxi-análoga (DL-HMTBA) não proporciona diferenças significativas nos índices de desempenho zootécnico das aves criadas sob temperaturas elevadas e constantes.

O incremento de arginina na dieta promove aumento de peso corporal e ganho de peso, bem como melhora na conversão alimentar das aves mantidas em condições de estresse crônico por calor.

6 REFERÊNCIAS

ATENCIO, A. *et al.* Exigência de Arginina Digestível para Frangos de Corte Machos em Diferentes Fases. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, n. 6, p. 1456-1466, 2004.

BALL, R.O.; URSHEL, K. L.; PENCHARZ, P. B. Nutritional consequences of interspecies differences in arginine and lysine metabolism. **Journal of Nutrition**, v.137, 6. ed, p.1626S-1641S, jun. 2007.

BALNAVE, D.; OLIVA, A. Responses of finishing broilers at high temperatures to dietary methionine source and supplementation levels. **Australian journal of agricultural and research**, v.41, p.557-564, 1990.

BAKER, D. H.; BOEBEL, K. P. Utilization of the D-isomers and L-isomers of methionine and methionine hydroxyl analog as determined by chick bioassay. **Journal of Nutrition**, v. 110, ed. 5, p.959-964, 1980.

BAKER, D. H. Partitioning of nutrients for growth and other metabolic functions: efficiency and priority considerations. **Poultry Science**, v.70, ed. 8, p.1797-1805, ago. 1991.

BARRETO, S. L. T.; FERREIRA, W. M.; MORAES, T. Efeito de níveis de vitamina E na dieta sobre o desempenho e concentração de α -tocoferol na carne de frangos de corte. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 51, n.4, ago. 1999.

BASTIANI, M. F. **Avaliação de duas fontes de metionina a dois níveis de adição, no desempenho de frangos de corte (1 – 49 dias)**. 1994. 52 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria.

BAYRAKTAR, H. *et al.* Effects of oxidised oil and vitamin E on performance and some blood traits of heat stressed male broilers. **South African Journal of Animal**, v.41, ed.3, p. 288-296. 2011.

BRAKE, J.; BALNAVE, D.; DIBNER, J. J. Optimum dietary arginine:lysine ratio for broiler chickens is altered during heat stress in association with changes in intestinal uptake and dietary sodium chloride. **British Poultry Science**. v.39, ed.5, p.639-647, dez. 1998.

CERQUEIRA, F. M.; MEDEIROS, M. H. G.; AUGUSTO, O. Antioxidantes dietéticos: Controvérsias e perspectivas. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 441-447, jan. 2007.

COSTA, F. G. P. *et al.* Efeito da relação arginina:lisina sobre o desempenho e qualidade de carcaça de frangos de corte de 3 a 6 semanas de idade, em condições de alta temperatura. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, p.2021-2025, 2001.

DAGHIR, N. J. **Poultry production in hot climates**. 1.ed. Wallingford: CABI Publishing, 1995.

ESTEVE-GARCIA, E.; AUSTIC, R. E. Intestinal absorption and renal excretion of dietary methionine sources by the growing chicken. **Journal of nutritional biochemistry**. v.4, 10. ed, p. 576 – 587, oct. 1993.

EWANS, R. Vitaminas. In: SWENSON, M. J.; REECE, W. O. **Dukes Fisiologia dos Animais Domésticos**. Rio de Janeiro, Guanabara Koogan S.A., 1996, p.457-469.

FURLAN, R. L.; MACARI, M. Termorregulação. In: MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002. p.209-230.

HAN, Y. *et al.* Absorption and bioavailability of DL-methionine hydroxy analogue compared to DL- methionine. **Poultry Science**. v.69. p.281-287,1990.

KNIGHT, D. C.; DIBNER, J. J. Comparative absorption of 2-hydroxy-4-(methyltio) butanoic acid and L-methionine in broiler chick. **Journal of Nutrition**. v.114, p.2179 – 2186, 1984.

LARBIER, M. Digestibilité et metabolism de sources d'acides aminés soufrés. In: **Comptes-Rendus de la conference avicole**. Caribe, n.5. p.33-40,1988.

LEESON, L.; SUMMERS, J. D. **Scott's nutrition of the chicken**. 4.ed. Guelph: University Books, 2001.

LEONEL, F. R. *et al.* Performance, carcass yield, and qualitative characteristics of breast and leg muscles of broilers fed diets supplemented with vitamin E at different ages.**Revista Brasileira de Ciência. Avícola**. Campinas, v. 9, n. 2, jun. 2007 .

MCDOWELL, L. R. **Vitamins in animal and human nutrition**. EUA, 2.ed, Iowa State University Press, p. 155, 2000.

MARZOCCO, A.; TORRES, B. B. **Bioquímica Básica**. 3.ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2011.

MEJIA, L. *et al.* Ratio needs of arginine relative to lysine of male broilers from 28 to 42 days of age during a constant, elevated environmental temperature regimen. **Journal of Applied Poultry Research**, v. 21, ed.2, p. 305 - 310, jun. 2012.

MENDES, A. A. *et al.* Influence of dietary lysine levels and arginine:lysine ratios performance of broilers exposed to heat or cold stress during the period of three to six weeks of age. **Poultry Science**, v.76, 3.ed, p. 472-481, mar. 1997.

MEIRELLES, H. T. *et al.* Performance of broilers fed with different levels of methionine hydroxyl analogue and DL-methionine. **Brasilian Journal of Poultry Science**, v.5, n.1, p.69-74, jan./abr. 2003.

NIU, Z. Y. *et al.* Effects of different levels of vitamin E on growth performance and immune responses of broilers under heat stress. **Poultry Science**, v. 88, p. 2101-2107, out. 2009.

QURESHI, M. A. *et al.* Effect of environmental temperature and arginine:lysine ratio on broilers macrophage and monocyte function. **Poultry Science**. v. 79, supl.1, p.64, jan. 2000.

ROSTAGNO, H. S. **Tabelas brasileiras para aves e suínos**: composição de alimentos e exigências nutricionais. 3.ed. Viçosa: UFV, 2011.

ROSTAGNO, H. S.; BARBOSA, W. A. Biological efficacy and absorption of DL-methionine hydroxy analog free acid compared to DL-methionine in chickens as affected by heat-stress. **British Poultry Science**, v.36, ed. 2, p.303-312, 1995.

RUTZ, F. Proteínas: Digestão e absorção. In: MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002. p.135-142.

RUTZ, F. Absorção de vitaminas. In: MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte**. Jaboticabal: FUNEP/UNESP, 2002. p.149-166.

SAROKA, J.M.; COMBS JUNIOR, G. F. Comparison of the utilization of the methionine and its hydroxy analogue by chick. **Poultry Science**, v. 62, ed. 7, p.1496-1496, 1983.

SUMMERS, J. D. *et al.* Assay for estimating the potency of various methionine – active sources. **Poultry Science**, v. 66, ed. 11, p.1779-1787, 1987.

SURAI, P. F. **Natural antioxidants in avian nutrition and reproduction**. England: Nottingham University Press, 2002.

SWICK, R. A.; PIERSON, E. E. M. Effect of methionine sources and dietary acidulates on broilers during heat stress. **Poultry Science**, v. 68, Supl.1. p.208, 1988.

SWICK, R. A. *et al.* Impact of methionine sources on performance of broilers growing under warm and humid conditions. **Poultry Science**, v. 69, Supl.1. p.194, 1990.

UBABEF, **Relatório Anual da União Brasileira de Avicultura**, p. 57, 2013

WIDEMAN, R. F. *et al.* Supplemental L-arginine attenuates pulmonary hypertension syndrome (ascites) in broilers. **Poultry Science**, v.74, 2.ed, p.323-330, fev.1995.

WILLEMSEN, H. *et al.* Effects of dietary protein content and 2-hydroxy-4-methylthiobutanoic acid or DL-methionine supplementation on performance and oxidative status of broiler chickens. **British Journal of Nutrition**, v. 106, ed. 12, p.1845-1854, dez. 2011.

WU, G. *et al.* Arginine metabolism and nutrition in growth, health and disease. **Amino Acids**, v. 37, 1. ed, p.153-168, mai. 2009.