



ELIAS EMMANUEL CORDEIRO

**AVALIAÇÃO DA SUBSTITUIÇÃO DA L-LISINA-HCL POR LISINA HERBAL NA
DIETA DE FRANGOS DE CORTE**

LAVRAS-MG

2023

ELIAS EMMANUEL CORDEIRO

**AVALIAÇÃO DA SUBSTITUIÇÃO DE L-LISINA-HCL PELA LISINA HERBAL NA
DIETA DE FRANGOS DE CORTE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências
do Curso de Zootecnia, para a obtenção do título de
Bacharel.

Prof. Dr. Antônio Gilberto Bertechini

Orientador

Ms. Márcia das Neves Soares

Coorientadora

LAVRAS-MG

2023

RESUMO

A lisina é um aminoácido essencial na dieta de frangos de corte e desempenha um papel crucial no crescimento e desenvolvimento dessas aves. Os frangos não produzem lisina em quantidades adequadas a partir de outras fontes de proteína, sendo imprescindível incluir lisina na alimentação para suprir suas exigências nutricionais. Sendo assim, foi conduzido um experimento com objetivo de avaliar a possibilidade de substituição isométrica da lisina na forma HCl, pela forma herbal. Foram utilizados 1440 pintos de um dia machos Cobb 500 distribuídos em 48 parcelas experimentais no sistema cama, distribuídas em delineamento inteiramente casualizado em seis tratamentos com oito repetições de 30 aves em cada unidade experimental. As dietas experimentais foram à base de milho e farelo de soja em todas as fases de desenvolvimento (fase inicial, crescimento e final). Os tratamentos utilizados foram: T1 (Basal controle positivo 100% Lisina-HCL), T2 (Lisina-HCL 75% + Lisina Herbal 25%), T3 (Lisina-HCL 50% + lisina Herbal 50%), T4 (Lisina-HCL 25% + Lisina Herbal 75%), T5 (Lisina-HCL 0% + Lisina Herbal 100%), T6 (Lisina-HCL 0% + Lisina Herbal 125%). As avaliações de desempenho foram realizadas em cada fase e acumulado até 42 dias de idade das aves, já as características de carcaça foram avaliadas aos 42 dias de idade. Foram realizadas as análises de qualidades da carcaça (rendimentos de carcaça e cortes) e da carne (ph, cor, perda de peso por gotejamento e cozimento). Os dados foram submetidos à análise de variância utilizando o programa SISVAR, sendo utilizado o teste de SNK (*Student-Newman-Keuls*) ao nível de 5% de probabilidade para comparação das médias dos tratamentos experimentais. Considerando a fase total de criação (1 a 42 dias) os resultados indicam não haver diferenças significativas ($P>0,05$) no consumo de ração, no ganho de peso e na conversão alimentar. Não foram observadas diferenças nas medidas de rendimento de carcaça com relação a substituição da forma L-Lisina-HCl pela lisina na forma herbal. Não foram observadas diferenças significativas ($P>0,05$) para qualidade da carne de peito dos frangos de corte aos 42 dias de idade. Independentemente da fase de criação, a fonte de lisina na forma Herbal pode substituir isométricamente toda a lisina digestível da ração na forma L-Lisina-HCl, sem comprometimento no desempenho dos frangos de corte.

Palavras-chave: Aminoácidos; Desempenho Nutricional; Lisina Herbácea; Substituição isométrica.

ABSTRACT

Lysine is an essential amino acid in the diet of broiler chickens and plays a crucial role in their growth and development. Chickens do not produce lysine in adequate quantities from other protein sources, so it is essential to include lysine in their diet to meet their nutritional requirements. An experiment was therefore carried out to assess the possibility of isometrically replacing lysine in HCl form with the herbal form. 1440 Cobb 500 male day-old chicks were used, distributed in 48 experimental plots in the litter system, distributed in a completely randomized design in six treatments with eight repetitions of 30 birds in each experimental unit. The experimental diets were based on corn and soybean meal at all stages of development (initial, growth and final stages). The treatments used were: T1 (Basal positive control 100% Lysine-HCL), T2 (75% Lysine-HCL + 25% Herbal Lysine), T3 (50% Lysine-HCL + 50% Herbal Lysine), T4 (25% Lysine-HCL + 75% Herbal Lysine), T5 (0% Lysine-HCL + 100% Herbal Lysine), T6 (0% Lysine-HCL + 125% Herbal Lysine). Performance evaluations were carried out at each stage and accumulated up to 42 days of age, while carcass characteristics were evaluated at 42 days of age. Carcass quality (carcass and cut yields) and meat quality (pH, color, drip weight loss and cooking) were analyzed. The data was submitted to analysis of variance using the SISVAR program, and the SNK (Student-Newman-Keuls) test was used at the 5% probability level to compare the means of the experimental treatments. Considering the total rearing phase (1 to 42 days), the results indicate that there were no significant differences ($P>0.05$) in feed consumption, weight gain and feed conversion. There were no differences in carcass yield measurements when replacing L-Lysine-HCl with herbal lysine. There were no significant differences ($P>0.05$) in the quality of broiler breast meat at 42 days of age. Regardless of the stage of rearing, the lysine source in Herbal form can isometrically replace all the digestible lysine in the feed in L-Lysine-HCl form, without compromising broiler performance.

Keywords: Amino acids; Nutritional performance; Herbal lysine; Isometric substitution.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	5
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	6
2.1. Utilização de aminoácidos industriais na avicultura de corte.....	6
2.2. Função metabólica da lisina no organismo dos animais.....	7
2.3. Conceito de proteína ideal para frangos de corte.....	8
2.4. Fontes de lisina.....	9
2.5. Efeito da lisina sobre o desempenho e características de carcaça para frangos de corte.....	11
2.6. Efeito da lisina sobre a qualidade da carne em frangos de corte.....	12
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	13
3.1. Local, aves, instalações e equipamentos.....	13
3.2. Delineamento experimental, tratamentos e metodologia aplicada.....	13
3.3. Medidas de avaliação.....	15
3.4. Avaliação estatística.....	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	16
4.1. Desempenho.....	16
4.2. Rendimento de carcaça e cortes.....	18
4.3. Qualidade da carcaça.....	19
5. CONCLUSÕES.....	20
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	21

1. INTRODUÇÃO

O Brasil tem uma reputação de renome mundial no campo da agricultura e a avicultura é um dos setores de produção de proteína de origem animal que mais cresce no setor do agronegócio. O excelente desempenho da avicultura nacional é resultado de enormes avanços tecnológicos e de estratégias de gestão mais eficientes que levam em conta a variação espacial e temporal das unidades de produção e permitem o melhor aproveitamento dos insumos para evitar desperdícios (SANTANA & OLIVEIRA, 2021). Segundo a Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA, 2023) as exportações brasileiras de frango em 2022 (considerando todos os produtos, tanto in natura quanto processados) totalizaram 4.822 milhões de toneladas. O volume é recorde e ultrapassa 4,6% do total das exportações nos 12 meses de 2021, atingindo 4,609 milhões de toneladas.

Esses resultados foram alcançados graças a uma maior preocupação por parte dos produtores aos fatores de produção avícola. Dentre todos os fatores de produção, a alimentação tem grande influência no estado geral das aves e é responsável por 70% dos custos de produção (GEWEHR et al., 2014).

Atualmente são utilizados métodos de formulação mais apropriados como aminoácidos digestíveis e relações ideais entre lisina e outros aminoácidos. Isto porque sabe-se que o excesso de proteína ou o desequilíbrio entre aminoácidos promove uma carga excessiva de aminoácidos na circulação sanguínea, prejudicando o desempenho dos frangos, uma vez que exige um gasto extra de energia que é desviada da produção para os processos de excreção de nitrogênio na forma de ácido úrico (ALETOR et al., 2000). O excesso de nitrogênio excretado pelas aves pode causar danos ao meio ambiente (PARSON & BAKER, 1994).

Recentemente, o aumento na demanda por carne de aves tem levado ao uso mais frequente de suplementos de aminoácidos sintéticos. Contudo, o custo elevado desses compostos sintéticos tem impacto direto no custo final da ração. Além disso, a segurança dessas práticas tem sido questionada, resultando em restrições em várias partes do mundo. Diante desse cenário, há um renovado interesse no desenvolvimento de alternativas naturais aos suplementos sintéticos, visando manter o desempenho produtivo das aves e preservar a saúde do consumidor, conforme discutido por Chattopadhyay et al. (2006). A Lisina herbal é um aditivo fitoterápico que contém ingredientes provenientes de ervas, os quais replicam a atividade da lisina (SHARMA & RANJAN, 2016).

Assim objetivou-se avaliar a possibilidade de substituição isométrica da lisina na forma HCl pela forma Herbal, sendo oferecidas em diferentes proporções na dieta de frangos de corte no período de criação de 1 a 42 dias de idade avaliando desempenho, rendimento de carcaça e cortes e qualidade da carne.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Utilização de aminoácidos industriais na avicultura de corte

O principal objetivo da produção industrial é converter proteína da ração em proteína muscular de forma eficiente, a proteína acaba sendo considerada um dos nutrientes mais importantes na nutrição de frangos de corte (COSTA et al., 2001). Atender às necessidades proteicas ou de aminoácidos desses animais está diretamente relacionado aos custos de alimentação. Assim, a redução proteica é considerada uma das opções para diminuir os custos de produção (SAKOMURA & SILVA, 1998).

As formulações de rações no Brasil são à base de milho e farelo de soja, pois são fontes mais viáveis economicamente em comparação a proteína animal. A proteína de soja é favorecida pela sua estrutura equilibrada de aminoácidos, especialmente os aminoácidos essenciais (RAVINDRAN, 2013).

Os aminoácidos industriais são absorvidos mais rapidamente do que as proteínas, pois não sofrem digestão pelo sistema gastrointestinal, uma vez que estão disponíveis para serem absorvidos diretamente no intestino delgado. Esses aminoácidos livres são absorvidos na membrana dos enterócitos e transportados para a veia porta, processo esse que é mais rápido pois estão na forma livre e não ligados a proteína (WU, 2009).

Segundo Han & Lee (2000), a suplementação com quantidades precisas de aminoácidos sintéticos pode economizar de 2 a 3% de proteína dietética. Formular dietas com níveis proteicos mais baixos suplementado com aminoácidos industriais, além de obter dietas com níveis de proteína bruta inferior aos recomendados nas tabelas de necessidades nutricionais, também atende às exigências de aminoácidos essenciais em níveis mais próximos das exigências desses animais, além de possibilitar a formulação de uma dieta com custo mínimo.

2.2. Função metabólica da lisina no organismo dos animais

A lisina é um aminoácido com cadeia lateral básica aceptora de prótons, que é totalmente ionizada com carga positiva em pH fisiológico. Este aminoácido é classificado como aminoácido cetogênico porque, como resultado do seu catabolismo, produz ácido acetoacético ou um dos seus precursores (acetil-CoA ou acetoacetil-CoA) (CHAMPE et al., 2009).

O acetil-CoA pode reagir com o oxaloacetato para formar citrato, que possui duas vias metabólicas, assim pode participar da reação do ácido cítrico (ciclo de Krebs) ou da gliconeogênese (LEHNINGER et al., 1993). Segundo Champ et al. (2009), pelo fato de apresentar assimetria em seu carbono, a lisina pode assumir as formas isoméricas de L-lisina e D-lisina, sendo essa última forma menos comum na natureza e não utilizada pelos organismos vivos.

A lisina é absorvida pelo organismo através de canais específicos na membrana apical dos enterócitos e carregada para o sangue a partir da membrana basolateral dos hepatócitos (MATTHEWS, 2000). Alguns autores enfatizam a síntese proteica para deposição muscular como a principal função da lisina (ARAÚJO et al., 2001; LANA et al., 2005; ROSTAGNO et al., 2011), visto que ela serve principalmente a esse propósito e em proporções menores está envolvida com outros processos metabólicos.

Durante a degradação da lisina, o primeiro passo envolve a remoção do grupo amino processo conhecido como desaminação e através da via L-aminoácidos oxidase-catalase formam-se pequenas quantidades de α -ceto-lisina associada à desaminação oxidativa e liberação de amônia (BAKER, 1994). Estas propriedades são importantes porque os análogos α -ceto-lisina e D-lisina nas aves, não possuem atividade catalítica específica de transaminase e, portanto, não possuem eficácia biológica sendo apenas a L-lisina incorporada em proteínas (SUGAHARA et al., 1967; BAKER, 1994).

Segundo Sklan & Noy (2004), o músculo esquelético é o maior tecido do corpo e contém o maior equilíbrio de aminoácido encontrado em carcaças de frangos de corte, uma vez que 7,5% da proteína total da carcaça consiste em lisina. A lisina também atua na síntese de colágeno, proteína necessária à formação do tecido conectivo da matriz óssea, por ser precursora da hidroxilisina (SANDEL & DANIEL, 1998). De acordo com Smith et al (1998), ligações de resíduos de lisina e hidroxilisina estabilizam a estrutura fibrilar do colágeno e aumentam a força

mecânica do osso, tornando o colágeno ósseo mais denso e menos solúvel que o colágeno dérmico e dos tendões.

Segundo Champ et al. (2009), a lisina desempenha um papel importante na formação da proteína tecidual elastina, que nada mais é que uma proteína do tecido conjuntivo com propriedades elásticas encontrado nos pulmões, ligamentos elásticos e paredes de grandes artérias. Tal como a metionina, a lisina é um precursor da carnitina, que desempenha um papel no transporte intracelular de ácidos graxos de cadeia longa nas mitocôndrias permitindo o catabolismo na β -oxidação (CHAMPE et al., 2009). A carnitina também transporta produtos da β -oxidação do peroxissomo, incluindo acetil coa, para oxidação no ciclo de Krebs (JACOBS; WANDERS, 1995; VERHOEVEN et al., 1998). A lisina também atua como componente estrutural em certas proteínas, como as histonas, proteínas adjacentes ao DNA sendo compostas por mais de um quarto dos aminoácidos lisina e arginina (LEHNINGER et al., 1993).

2.3. Conceito de proteína ideal para frangos de corte

Mitchell (1964), definiu o conceito de proteína ideal, onde ele estabelece que todos aminoácidos essenciais sejam expressos por proporções ideais ou porcentagem de um aminoácido referência. Isto quer dizer que as necessidades de todos os aminoácidos podem ser facilmente estimadas através da determinação das exigências de aminoácidos de referência. Atualmente, o aminoácido utilizado como referência é a lisina, pois está efetivamente envolvido no crescimento animal e é de fácil mensuração (ARC, 1981; PARSONS & BAKER, 1994).

Cerca de 20 aminoácidos estão envolvidos em funções fisiológicas, porém apenas dez deles são considerados essenciais, ou seja, indispensáveis na dieta. Os demais não são essenciais pois suas sínteses são obtidas através de outros aminoácidos ou outros nutrientes da dieta e, portanto, não afeta o desempenho do animal (BERTECHINI, 2012).

A sequência limitante de aminoácidos essenciais em dietas pobres em proteína tem sido estudada. Metionina + Cistina, lisina e treonina são consideradas os aminoácidos mais críticos em dietas para frangos de corte quando formulada a base de milho e farelo de soja (Fernandez et al., 1994).

Segundo Aletto et al. (2000), uma carga excessiva de aminoácidos na circulação sanguínea requer consumo adicional extra de energia para serem desaminados, essa energia é

desviada da produção muscular para o processo de excreção de nitrogênio na forma de ácido úrico.

O excesso de excreção de nitrogênio pelos frangos causa poluição ambiental, que pode ser agravada pela grande quantidade de excrementos produzidos durante o processo produtivo das granjas avícolas (BERTECHINI, 2012).

Com isso é essencial manter o correto balanceamento entre os aminoácidos essenciais e a lisina, para garantir que nenhum outro aminoácido fique limitante na ração. Industrialmente, a disponibilidade dos principais aminoácidos utilizados para suplementar as rações (DL-metionina, L-lisina HCl, L-treonina, L-triptofano, L-valina), tem possibilitado aos nutricionistas a elaboração de rações mais eficientes, sem limitações ou excessos de aminoácidos. Nesse aspecto a determinação da real exigência de lisina é um fator de grande importância para a avicultura moderna (BUTERI et al., 2009).

2.4. Fontes de lisina

A lisina é considerada um dos aminoácidos essenciais para frangos de corte porque não pode ser biossintetizada e precisa ser suplementada na dieta (WALDROUP; JIANG & FRITTS, 2005). O farelo de soja, principal matéria-prima utilizada nas rações, possui baixa concentração de lisina, sendo de aproximadamente 2,8% de sua composição (NUNES et al., 2014).

Como não existem enzimas específicas que convertem a forma dextrógira para a forma levógira em aminoácidos como lisina e treonina, os animais precisam receber uma fonte sintética desses aminoácidos na forma L (ROCHA et al., 2009).

Esse aminoácido é produzido a partir de bactérias Gram-positivas presentes no solo do gênero *Corynebacterium Flutamicoum*, a partir de piruvato, oxaloacetato e duas moléculas de amônia e envolve o fornecimento adicional de quatro NADPH como poder redutor (MICHAL, 1999). Essa bactéria tem sido utilizada na produção industrial desde a década de 1950 por KyowaHakkoKogyo (atual KyowaHakkoBio) que descobriu que essa cepa em meio líquido é capaz de produzir uma quantidade significativa de lisina (NAKAYAMA.; KITADA & KINOSHITA, 1961). Desta época até os dias atuais, várias foram as ferramentas exploradas pela genética e técnicas moleculares com a intenção de melhorar e aumentar a produção de lisina (PFEFFERLE et al. 2003; KELLE et al. 2005).

A fabricação industrial da lisina segue diferentes etapas, dentre as quais se destacam o processo de fermentação, onde a escolha da fonte de carbono é um fator importante que afeta os custos na indústria de produção de lisina (KELLE et al., 2005). As fontes de carbono mais utilizadas para a produção de lisina são o melaço de cana-de-açúcar, o melaço de beterraba, a sacarose e os hidrolisados de amido (glicose ou dextrose) de milho, mandioca e trigo, amplamente utilizados em processos industriais, sendo a glicose responsável por apresentar os melhores resultados de biomassa (KIEFER et al., 2002).

A lisina ($C_6H_{14}N_2O_2HCl$; peso molecular = 182,65 g/mol) é uma fonte tradicional utilizada em formulações de rações animais (JACKSON, 2001), após o processo de fermentação é transferido para uma solução de ácido clorídrico e depois evaporado até a secura (SCHUTTE; PACK 1994; RODEHUTSCORD et al. 2000).

A lisina na forma herbal pode ser extraída de demasiadas ervas como *Tinospora cordifolia*, *Ocimum sanctum*, *Emblica officinalis*, *Withania somnifera*, *Asparagus officinalis*, *Mangifera indica*, *pimenta preta*, *Polianthes tuberosa*, *Salacia reticulata*, *Symplocos racemosa*, *Foeniculum vulgare*, *Anethum graveolens*, *Perilla frutescens* segundo Sharma & Ranjan, (2016).

Devido ao crescimento da demanda por produtos avícolas, os pesquisadores estão explorando alternativas naturais aos aditivos alimentares, motivados pelo surgimento de resistência a medicamentos, toxicidade residual e outros efeitos colaterais. Os extratos de ervas têm o potencial de desempenhar um papel significativo no suporte ao desempenho e estado de saúde das aves. O desenvolvimento de variedades de frangos de corte de alto rendimento, aliado a práticas padronizadas de alojamento, manejo, controle de doenças e nutrição, tem contribuído para taxas de crescimento notáveis de 4-6% ao ano na produção de ovos e 7-10% ao ano na produção de frangos (STATISTA, 2017).

2.5. Efeito da lisina sobre o desempenho e características de carcaça para frangos de corte

Fisiologicamente a lisina é um aminoácido essencial para a manutenção, crescimento e produção das aves, tendo a síntese de proteína como principal função (BEQUETTE, 2003). Estudos que utilizaram aminoácidos nas dietas para diferentes linhagens de frangos de corte, tem apresentado melhores dados de conversão alimentar, maior ganho de peso, maior rendimento de carcaça e menor teor de gordura abdominal (CORZO et al., 2005)

Brito et al. (2017) , avaliaram o aumento dos níveis de lisina digestível durante a fase inicial e observaram que a lisina aumentou significativamente o ganho de peso e a eficiência alimentar, corroborando outros estudos (LECLERCQ, 1998)

Ao adicionar níveis mais elevados de arginina a uma dieta rica em lisina, os efeitos depressivos causados pelo antagonismo são menores (GADELHA et al. 2003). O foco nutricional deve estar na suplementação de lisina para evitar sua deficiência e toxicidade (LIAO; WANG; REGMI, 2015).

Sklan & Noy (2004), na fase inicial de frangos de corte, utilizaram nível de 1,05% de lisina e obtiveram melhores resultados de ganho de peso. Trindade Neto et al. (2010), recomendaram pelo menos 1.002% de lisina digestível para frangos de corte de alto rendimento. Já conforme as recomendações de Rostagno (2011), os níveis de lisina digestíveis ideais para frangos de corte do são 1,324; 1,217; 1,131 e 1,060% para as fases pré-inicial, inicial, crescimento e final.

Investigando o efeito de níveis de lisina na composição da carcaça de frangos de corte machos dos 18 aos 40 dias de idade, Carlos et al. (2014), observaram diferenças significativas do rendimento de peito e da parte abdominal das aves.

Nas fases iniciais, Kidd & Fancher (2001), propuseram um nível ideal de lisina digestível para frangos de corte de 1,22%, a fim de alcançar alto ganho de peso e rendimento de carcaça. Frangos de corte alimentados com 1.075% de lisina digestível durante a fase final apresentaram melhor ganho de peso e conversão alimentar (LANA et al., 2005).

Maan et al. (2020), analisando os efeitos da lisina herbal no desempenho de frangos de corte, observaram um maior ganho de peso das aves suplementadas com lisina herbal em comparação com as aves suplementadas com lisina sintética.

2.6. Efeito da lisina sobre a qualidade da carne em frangos de corte

Vários fatores influenciam a síntese de proteínas, incluindo sexo, nutrição, idade, meio ambiente e genética. O processo de melhoramento genético de frangos de corte seleciona animais com maior deposição de massa muscular e rápido crescimento. Além disso, este processo diminui a capacidade oxidante do tecido muscular, resultando em músculos mais anaeróbios (SOIKE & BERGMANN, 1995).

Os músculos das aves são compostos por múltiplos tipos de fibras, o músculo do peitoral (pectoralis major) é composto por fibras tipo II-glicolíticas apresentando contração rápida (LECLERQ, 1998). Fibras tipo I (aeróbica) são de cor vermelha devido ao grande número de mitocôndrias e abundante mioglobina, estão associadas ao processo contínuo de produção e consumo de energia e possuem alta troca de metabólitos e oxigênio. As fibras do tipo II (anaeróbicas), por outro lado, são células musculares grandes que contêm menos mioglobina e mitocôndrias, por isso acumulam grandes quantidades de ácido láctico e fadigam facilmente. Um menor metabolismo e uma menor troca de oxigênio dessas fibras acaba favorecendo um maior processo hipertrofico por possuírem maior área (BANKS, 1992).

Frangos de corte de 1 a 21 dias de idade depositam proteína dietética de forma menos eficiente do que frangos nos estágios finais de desenvolvimento. Na fase inicial, a taxa de degradação proteica dos animais é elevada devido às necessidades energéticas e a capacidade de consumo é baixa se comparada às necessidades energéticas e à eficiência digestiva (KESSLER, 2001). Deve-se prestar atenção às necessidades de lisina durante esta fase inicial, a fim de proporcionar animais mais homogêneos e não afetar os resultados finais de desempenho (BEN SCHUTTE, 1999).

Durante a fase de crescimento dos frangos, há maior desenvolvimento do tecido muscular e menor desenvolvimento corporal. Os órgãos digestivos das aves diminuem gradualmente em proporção ao seu corpo, e suas partes comestíveis, incluindo peito e pernas, ficam maiores. Leeson (2004), observou aumento nas taxas de síntese proteica em frangos de corte machos ao utilizar nível de lisina digestível de 1,22% durante o período inicial de 1 a 21 dias.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Local, aves, instalações e equipamentos

O experimento foi realizado no Centro de Pesquisa em Tecnologia Avícola (CPTA/DATA), localizado na BR 265, Km 344, Lavras, Minas Gerais. Foram utilizados 1440 pintos machos Cobb-500, com 1 dia de idade, provenientes de um incubatório comercial, devidamente vacinados contra a doença de Marek e a doença de Gumboro (vetorizada).

O sistema utilizado foi um sistema de cama contendo uma maravalha nova de oito centímetros de espessura. Os pintinhos foram aquecidos em aquecedor a gás com controle automático de temperatura. Os galpões para criação de aves possuem cortinas laterais internas e

externas, forro de teto, ventiladores e termômetros para manter e registrar a temperatura ambiente de acordo com a idade no livro de pedigree. As rações foram fornecidas na forma farelada em comedouro tubular e bebedouro tipo *nipple*, sendo rações e água ad libitum durante todo o experimento.

3.2. Delineamento experimental e tratamentos

As aves foram distribuídas em delineamento inteiramente casualizado em seis tratamentos com oito repetições de 30 aves em cada unidade experimental. A descrição dos tratamentos experimentais encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1 – Tratamentos experimentais

T1	Basal Controle positivo (CP): 0%Herbal + 100% LIS-HCL
T2	Basal + Lis Herbal 25: 25% Herbal + 75% Lis-HCl
T3	Basal + Lis Herbal 50: 50% Herbal + 50% Lis-HCl
T4	Basal + Lis Herbal 75: 75% Herbal + 25% Lis-HCl
T5	Basal + List Herbal 100: 100%Herbal + 0% Lis-HCl
T6	Basal + Lis Herbal 125: 125%Herbal + 0% Lis-HCl

*Os níveis de lisina foram os indicados para cada fase. A substituição foi isométrica em relação a L-Lisina-99%.

As dietas experimentais foram formuladas à base de milho e farelo de soja, suplementada normalmente com aminoácidos, vitaminas, minerais e aditivos de acordo com as recomendações técnicas (Tabela 2).

Foi utilizado um programa nutricional com rações inicial, crescimento e final de acordo com as recomendações nutricionais de Bertechini (2021). As avaliações de desempenho foram realizadas em cada fase e acumulado até 42 dias de idade das aves. As características de carcaça foram avaliadas aos 42 dias de idade com o abate de 2 aves por parcela experimental. Foram realizadas as análises de qualidades da carcaça (rendimentos de carcaça e cortes) e da carne (ppc, força de cisalhamento e cortes).

Tabela 2 – Rações experimentais de acordo com a idade das aves

Ingredientes	1 a 21 dias	22 a 35 dias	36 a 42 dias
Milho (7.88%)	57,630	65,589	64,902
Farelo soja (46%)	36,750	28,929	28,000
Óleo vegetal	2,344	2,410	4,089
Fosfato bicálcico	1,002	0,841	0,853

Calcário	0,869	0,829	0,830
Sal	0,335	0,286	0,287
Bicarbonato sódio	0,200	0,200	0,200
Premixe minerais ²	0,100	0,100	0,100
Premixe vitaminas ¹	0,100	0,100	0,100
DL- Metionina 99%	0,296	0,287	0,259
L-Lisina 78	0,140	0,209	0,177
L-Treonina 98	0,019	0,029	0,014
Clor. de colina 60%	0,030	0,030	0,030
Salinomicina 12%	0,050	0,050	0,050
Fitase 10.000 FTU/g	0,010	0,010	0,010
Inerte	0,100	0,100	0,100
Total	100,000	100,00	100,00
Proteína, %	21,475	18,666	18,134
EM, kcal/kg	3000	3100	3200
Cinzas	4,070	3,699	3,680
Ca	0,840	0,760	0,760
Pd	0,420	0,380	0,380
Pt	0,526	0,472	0,468
Na	0,200	0,180	0,180
K	0,858	0,740	0,720
Cl	0,289	0,284	0,277
Lis dig	1,120	1,020	0,970
Met dig	0,560	0,543	0,509
M + C dig	0,850	0,800	0,760
Treo dig	0,730	0,661	0,630

¹ Suplementação por quilograma de ração: vitamina A, 12.000 UI; vitamina D3, 2.500 UI; vitamina E, 30 UI; vitamina B1, 2 mg; vitamina B6, 3 mg; pantotenato de cálcio, 10 mg; biotina, 0,07 mg; vitamina K₃, 3 mg; ácido fólico, 1 mg; ácido nicotínico, 35 mg; cloreto de colina, 100 mg; vitamina B₁₂, 15 µg; selênio, 0,300 mg.

² Suplementação por kg de ração: manganês, 80 mg; ferro, 50 mg; zinco, 50 mg; cobre, 10 mg; cobalto, 1 mg; iodo, 1 mg.

3.3. Medidas de avaliação

No início e ao final de cada fase, com duração de 21, 35 e 42 dias, foram realizadas pesagens das aves e das sobras de ração. Essas medidas foram posteriormente utilizadas para calcular o consumo médio de ração, o ganho médio de peso e a conversão alimentar. O consumo de ração foi determinado pela diferença entre a quantidade de ração fornecida no início do período e a quantidade restante no final do mesmo. O ganho de peso foi calculado subtraindo o peso inicial do peso final das aves. A mortalidade das aves foi monitorada diariamente e, quando ocorreu, foram realizados cálculos para ajustar a conversão alimentar.

No final do período experimental, aos 42 dias de idade, duas aves representativas do peso médio de cada grupo experimental ($\pm 5\%$) foram escolhidas. Estas aves foram pesadas, submetidas a um jejum alimentar de seis horas e, em seguida, insensibilizadas e sacrificadas por decapitação entre os ossos occipital e atlas, utilizando uma faca previamente esterilizada. A carcaça, que exclui vísceras, pescoço e pés, além da gordura abdominal e das partes individuais da carcaça (peito, coxas, sobrecoxas, asas e dorso), foram pesadas para determinar os rendimentos.

O rendimento de carcaça foi calculado em relação ao peso vivo da ave antes do abate, utilizando a fórmula $[(\text{Peso Carcaça}/\text{Peso Vivo}) \times 100]$. Os rendimentos das partes individuais (peito, asas, coxas e sobrecoxas) foram determinados em relação ao peso total da carcaça, utilizando a fórmula $[(\text{Peso Parte}/\text{Peso Carcaça}) \times 100]$.

As análises físicas da carne de peito (peito inteiro sem osso) foram realizadas no dia 42 de experimento. Os peitos foram armazenados em gelo por uma hora e trinta minutos para transporte até o laboratório para análises posteriores. As análises foram realizadas no laboratório de Engenharia de Alimentos da UFLA.

pH: O pH da carne do músculo Pectoralis major foi medido quatro horas após o abate utilizando um potenciômetro (DM-20, Digimed, Brasil) com eletrodo de punção e dispositivo calibrador de temperatura. Os valores foram obtidos a partir das médias de três leituras em diferentes posições (SILVA et al., 2018).

Coloração: A leitura objetiva da cor dos peitos foi realizada na superfície dorsal do músculo Pectoralis major com um colorímetro CM-700d (Konica Minolta Sensing Inc., Osaka, Japão). O processo seguiu as configurações de iluminante A, ângulo de 10° para o observador, reflectância especular excluída (SCE) e sistema de cor CIELAB. Os índices de cor (L^* , a^* , b^*) foram calculados a partir da média de seis leituras em diferentes pontos do músculo (SILVA et al., 2018).

Perdas por cozimento: As amostras de carne foram pesadas, envolvidas em papel alumínio e cozidas até atingir $72 \pm 2^\circ\text{C}$. Após resfriamento, as amostras foram pesadas novamente para determinar a perda de peso por cozimento (PPC), expressa como a diferença percentual antes e depois do cozimento, seguindo a metodologia de Oliveira et al (2014).

Perdas de peso por gotejamento: Determinadas a partir de cubos de carne mantidos em geladeira por 48 horas. As amostras foram pesadas antes e depois do período de refrigeração para

calcular a perda de peso por gotejamento, expressa em porcentagem (RASMUSSEN & ANDERSON, 1996).

3.4. Avaliação estatística

Ao final, os dados foram analisados mediante análise de variância (ANOVA), utilizando o pacote computacional SISVAR (2016) sendo utilizado o teste de SNK (Student-Newman-Keuls) ao nível de 5% de probabilidade para comparação das médias dos tratamentos experimentais.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Desempenho

Os resultados de desempenho no período de 1 a 21 dias estão sendo apresentados na Tabela 3. Não foram observadas diferenças significativas no consumo de ração, no ganho de peso e na conversão alimentar das aves nessa fase.

A substituição isométrica da L-Lisina-HCl 99% pela Lisina na forma herbal, não afetou o desempenho das aves. Resultados parecidos foram encontrados por Ahmed & Abbas (2015), em pesquisa avaliando fontes alternativas de metionina, onde relataram que os efeitos do nível de metionina herbal no consumo de ração durante o período inicial não foram significativamente ($P > 0,05$) influenciados por diferentes tratamentos dietéticos.

Tabela 3 – Consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) das aves no período de 1 a 21 dias de idade de acordo com os tratamentos.

Tratamentos	CR, kg	GP, kg	CA
1 Basal controle positivo	1,309	0,963	1,363
2 Basal + Lis Herbal 25	1,295	0,968	1,339
3 Basal + Lis Herbal 50	1,307	0,974	1,344
4 Basal + Lis Herbal 75	1,296	0,962	1,346
5 Basal + Lis Herbal 100	1,312	0,967	1,357
6 Basal + Lis Herbal 125	1,312	0,947	1,339
P<	0,924	0,921	0,215
CV, %	3,290	5,060	3,110

Do autor, (2023).

Na Tabela 4 estão os resultados acumulados na fase de 1 a 35 dias de idade das aves. Da mesma forma que na fase anterior, não foram verificadas diferenças significativas ($P > 0,05$) entre as médias de desempenho das aves, ao substituir gradativamente a L-Lisina-HCl pela Lisina na forma herbal. Esse padrão de resultados é consistente com um estudo anterior realizado por

Makinde et al (2017), que avaliou a metionina na forma herbal. Nesse estudo, também não foram encontradas diferenças significativas nos parâmetros de ganho de peso corporal, consumo médio de ração e conversão alimentar entre os tratamentos dietéticos.

Falar no geral sobre uso de outros AA herbais.

Os resultados sugerem que a substituição da L-Lisina-HCL pela Lisina na forma herbal não teve um impacto estatisticamente significativo no desempenho das aves durante a fase de 1 a 35 dias de idade, conforme avaliado pelos parâmetros de CR, GP e CA. Essa consistência nos resultados pode fornecer suporte à previsão dessa substituição na formulação de dietas para aves, pelo menos nas condições especificadas do experimento.

Tabela 4 – Consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) das aves no período de 1 a 35 dias de idade de acordo com os tratamentos.

Tratamentos	CR, kg	GP, kg	CA
1 Basal controle positivo	3,639	2,460	1,479
2 Basal + Lis Herbal 25	3,643	2,475	1,470
3 Basal + Lis Herbal 50	3,648	2,466	1,479
4 Basal + Lis Herbal 75	3,616	2,412	1,499
5 Basal + Lis Herbal 100	3,638	2,396	1,518
6 Basal + Lis Herbal 125	3,646	2,408	1,514
P<	0,961	0,207	0,152
CV, %	2,020	4,800	4,270

Do autor, (2023).

Considerando a fase total de criação (1 a 42 dias) os resultados da Tabela 5 indicam não haver diferenças significativas ($P>0,05$) no consumo de ração, no ganho de peso e na conversão alimentar, ao se substituir parcialmente ou total, a lisina da ração na forma de L-Lisina-HCl pela Lisina herbal. Os resultados de desempenho foram semelhantes ao período total da criação dos frangos de corte, indicando que se pode substituir a suplementação de Lisina-HCl pela Lisina herbal sem comprometimento algum no desempenho das aves. Os níveis de lisina digestível utilizado são práticos e os resultados indicam bom desempenho das aves.

Resultados divergentes foram encontrados em um estudo realizado por Maan et al. (2016), quanto consumo de ração, ganho de peso e conversão alimentar, onde o consumo de ração foi maior no grupo suplementado com 50% de lisina herbal + 50% de lisina sintética, essa variação pode ser devido ao efeito sinérgico da lisina vegetal e sintética no consumo de ração de frangos de corte.

Tabela 5 – Consumo de ração (CR), ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) das aves no período de 1 a 42 dias de idade de acordo com os tratamentos.

Tratamentos	CR, kg	GP, kg	CA
1 Basal controle positivo	4,899	3,043	1,610
2 Basal + Lis Herbal 25	4,921	3,080	1,598
3 Basal + Lis Herbal 50	4,949	3,099	1,597
4 Basal + Lis Herbal 75	4,933	3,072	1,605
5 Basal + Lis Herbal 100	4,929	3,042	1,620
6 Basal + Lis Herbal 125	4,860	2,989	1,626
P<	0,718	0,133	0,394
CV, %	2,400	2,660	1,990

Do autor, (2023).

4. 2. Rendimento de carcaça e cortes

Os resultados de rendimentos de carcaça e cortes aos 42 dias de idade das aves estão apresentados na Tabela 6. Não foram observadas diferenças nas medidas de rendimento de carcaça com relação a substituição da forma L-Lisina-HCl pela lisina na forma herbal. As rações foram isonutrientes com exceção dos níveis finais de lisina digestível, onde à medida que houve aumento da substituição da forma convencional de lisina pela forma herbal. O mesmo resultado foi encontrado por Makinde et al (2017), em um trabalho com metionina, no qual observaram que, não houve diferenças significativas ($P>0,05$) em todos os parâmetros medidos nos grupos de tratamento. Estudos anteriores de Chattopadhyay et al. (2006) revelaram similaridade nos parâmetros de carcaça de frangos de corte alimentados com dietas com metionina sintética e metionina herbácea.

Tabela 6 – Rendimentos de carcaça (RC), de peito (RP), de coxa + sobre coxa (RCSC), de dorso (RD), de asa (RA) e gordura abdominal (GA) das aves aos 42 dias de idade de acordo com os tratamentos.

Tratamentos	Rendimentos, %					
	RC	RP	RCSC	RD	RA	GA
1 Basal controle positivo	72,100	38,250	28,990	19,23	10,250	1,250
2 Basal + Lis Herbal 25	72,050	39,250	29,890	20,25	10,350	1,010
3 Basal + Lis Herbal 50	71,390	37,610	30,230	19,55	10,110	0,950
4 Basal + Lis Herbal 75	72,190	39,030	30,120	19,35	10,440	1,120
5 Basal + Lis Herbal 100	71,880	39,350	29,340	19,25	10,500	0,890
6 Basal + Lis Herbal 125	70,350	38,120	29,350	19,00	9,350	0,780
P<	0,3560	0,426	0,2450	0,852	0,953	0,351

CV, %	0,4630	0,657	0,873	0,255	0,025	14,200
-------	--------	-------	-------	-------	-------	--------

Do autor, (2023).

4.3. Qualidade de carcaça

Os resultados das medidas de qualidade da carcaça estão apresentados na Tabela 7. O pH é uma medida da acidez ou alcalinidade da carne. Neste estudo, todos os tratamentos apresentaram valores de pH próximos, indicando que a forma de lisina não influenciou a acidez da carne.

A luminosidade refere-se à intensidade da luz refletida pela carne. Não houve diferenças significativas nos valores de L* entre os tratamentos, sugerindo que a cor geral da carne não foi afetada pela substituição da lisina. Os componentes de cor a* e b* indicam as tonalidades de vermelho e amarelo na carne, respectivamente. Novamente, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos, indicando que a substituição da lisina não alterou as características de cor da carne.

Em resumo não foram observadas diferenças significativas ($P > 0,05$) em todas as medidas de qualidade da carne de peito dos frangos de corte aos 42 dias de idade com relação aos tratamentos estudados. A substituição parcial e total da lisina na forma HCl pela forma Herbal, não interferiu na qualidade da carne dos frangos de corte e os baixos coeficientes de variação sugerem consistência nos dados coletados.

Tabela 7. Efeito das fontes e níveis de substituição da lisina-HCl por lisina herbal sobre a qualidade de carne de frangos de corte abatidos aos 42 dias de idade.

Tratamentos	pH	L*	a*	b*
1. Basal controle positivo	6,320	60,250	6,730	11,890
2. Basal+Lis Herbal 25	6,430	59,650	6,830	12,050
3. Basal + Lis Herbal 50	6,280	60,850	6,750	11,050
4. Basal + Lis Herbal 75	6,350	60,550	6,550	12,350
5. Basal + Lis Herbal 100	6,380	60,250	6,760	12,150
6. Basal + Lis Herbal 125	6,320	59,560	6,450	11,180
P<	0,502	0,428	0,443	0,214
CV, %	1,550	2,400	3,660	3,990

Do autor, (2023).

As perdas de peso por gotejamento e cozimento estão representadas na Tabela 8. As perdas de peso por gotejamento (PPG), refere-se à quantidade de líquido que a carne libera durante o período de armazenamento. Neste estudo, não houve diferenças significativas entre os

tratamentos, indicando que a substituição da lisina-HCl por lisina herbal não influenciou as perdas de peso por gotejamento.

Da mesma forma, as perdas de peso por cozimento (PPC), indicam a quantidade de peso perdido pela carne durante o processo de cozimento. Da mesma forma, não foram observadas diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos, sugerindo que a substituição da lisina-HCl por lisina herbal não teve impacto nas perdas de peso durante o cozimento.

Com base nos resultados e nos níveis de significância, pode-se concluir que a substituição parcial e total da lisina-HCl pela forma herbal não influenciou estatisticamente ($P>0,05$) as perdas de peso por gotejamento e cozimento da carne de frangos de corte aos 42 dias de idade, entre os tratamentos estudados. A substituição da lisina-HCl por herbal não influencia nessas medidas físicas de qualidade da carne de frangos de corte.

Tabela 8. Efeito das fontes e níveis de substituição da lisina-HCl por lisina herbal sobre as perdas de peso por gotejamento e cozimento de carne de frangos de corte abatidos aos 42 dias de idade.

Tratamentos	PPG,%	PPC,%
1.Basal controle positivo	5,210	22,512
2.Basal+Lis Herbal 25	4,932	23,241
3. Basal + Lis Herbal 50	4,891	23,552
4.Basal + Lis Herbal 75	4,921	22,353
5.Basal + List Herbal 100	4,855	23,053
6.Basal + Lis Herbal 125	4,753	23,554
P<	0,258	0,458
CV,%	5,252	6,851

Do autor, (2023).

Não foi observado um desafio significativo em relação à lisina, indicando a necessidade de aumentar o estímulo desse aminoácido para verificar possíveis diferenças. Uma hipótese a ser considerada é que os valores desafiados foram superestimados, o que pode explicar a ausência de diferenças significativas em todas as variáveis utilizadas.

5. CONCLUSÃO

A fonte de lisina na forma Herbal pode substituir isometricamente toda a lisina digestível da ração na forma L-Lisina-HCl, sem comprometimento no desempenho dos frangos de corte, independentemente da fase de criação, bem como o rendimento de carcaça e qualidade da carne.

Nota-se a ausência de trabalhos realizados com fontes herbais de lisina, fazendo se necessários novas pesquisas para uma melhor comparação de resultados.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABPA. Relatório Anual 2023. **Associação Brasileira de Proteína Animal**. Disponível em: <https://abpa-br.org/noticias/exportacoes-de-carne-de-frango-encerram-2022-com-recorde/> Acesso em: 18 ago 2023.

AHMED, E.M.; ABBAS ET. The effect of feeding herbal methionine versus DL-methionine supplemented diets on broiler performance and carcass characteristic. **International Conference on Agricultural**. Ecological and Medical Sciences, 23-27, 2015.

ALETOR, V.A et al. Low-protein aminoacid-supplemented diets in broiler chickens: Effect on performance, carcass characteristics, whole body composition and efficiencies nutrient utilization. **Journal Science Food Agriculture**, v.80, p.547-554, 2000.

ARAÚJO, L.F et al. Proteína bruta e proteína ideal para frangos de corte no período de 1 a 21 dias de idade. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, 3(2), 157-162. 2001.

ARC. The Nutrient Requirements of Pigs. **Commonwealth Agricultural Bureau**. Slough, UK. 307p, 1981.

BAKER, D.H. Utilization of precursors for Lamino acids. In: D'MELLO, J.P.F. **Amino acids in farm animal nutrition**. New York: CAB International, p. 37-62, 1994.

BANKS, W. J. Tecido muscular. In: **Histologia veterinária aplicada**. 2.ed, 1992.

BEN SCHUTTE, J. Short communication. **Feed Mix**, vol. 7 n. 3, 1999.

BEQUETTE, B. J. Amino Acid Metabolism in Animals. In: D'MELLO, J. P. F. (Ed.). **Amino acids in animal nutrition**. 2. Oxon, UK: CABI Publishing, p.87-101, 2003.

BERTECHINI, A.G. **Nutrição de monogástricos**. Lavras: Editora UFLA, 301-373, 2012.

BORGES, B. S. **Níveis de triptofano digestível nas fases pré-inicial e inicial em frangos machos e fêmeas**. 2014. 38 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, Escola de Veterinária e Zootecnia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.

BRITO C. O et al. Effect of dietary lysine on performance and expression of electron transport chain genes in the pectoralis major muscle of broilers. p. 1–6, 2017.

BUTERI, C.B et al. Exigência de lisina, planos nutricionais e modelos matemáticos na determinação de exigências de frangos de corte. **Acta Veterinária Brasilica**, v. 3, p. 48-61, 2009.

- CARLOS, T. C. F et al. Evaluation of different digestible lysine levels for male broilers during the period of 18 to 40 days of age. **Revista Brasileira de Ciência Avícola**, v. 16, n. 1, p. 83-87, 2014.
- CHAMPE, P.C.; HARVEY, R.A; FERRIER, D.R. Bioquímica ilustrada. 4ª Edição. Porto Alegre: Artmed, 510p. 2009.
- CHATTOPADHYAY, K.; MONDAL, M. K.; ROY, B.; Comparative efficacy of DL- methionine and herbal methionine on performance of Broiler Chicken. **International Journal of Poultry Science**. 5: 1034-1039. 2006.
- CORZO, A., MORAN, E.T. JNR and HOEHLER, D. Lysine need of heavy broiler males applying the ideal protein concept. **Poultry Science**, 81: 1863– 1868, 2002.
- COSTA, F.G.P et al. Níveis dietéticos de lisina para frangos de corte de 1 a 21 e 22 a 40 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.20, p.1490-1505, 2001.
- FERNÁNDEZ, F.I et al. Free amino acid concentrations in plasma, muscle and liver as indirect measures of protein adequacy in growing chickens. **Animal Science**, v. 64, n. 3, p. 529-539, 1997.
- FERNANDEZ, R.S et al. Limiting order of amino acid in corn and soybean cereal for growth of the chick. **Poultry Science**; 73: 1887-96, 1994.
- GADELHA A.C., DAHLKE F., FARIA FILHO D.E. Interação entre arginina e lisina altera as respostas produtivas e a incidência de problemas de pernas em frangos de corte. **Revista Brasileira de Ciência Avícola** 5(supl.):75. 2003.
- GEWEHR, C. E *et al.* Complexo multienzimático e probióticos na dieta de frangos de corte. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 15, p. 907-916, 2014.
- HAN, K., LEE, J. The role of synthetic amino acids in monogastric animal production. *Asian-Australas. J Anim Sci*. 13:543-560. 2000.
- JACKSON, M. A closer look at lysine sources: L-lysine sulfate plus fermentation co-products. **Feed Int**. 22:18-20. 2001.
- KALBANDE, V.H., RAVIKANTH, K., MAINI, S., REKHE, D.S. Methionine supplementation options in poultry. **International Journal of Poultry Science**. 8(6): 588- 591, 2009.
- KELLE, R., HERMANN, T., BATH, B., L-Lysine Production. In: Eggeling, L., Bott, M. (Eds.), *Handbook of Corynebacterium glutamicum*. **CRC Press, Boca Raton**, pp.465–488. 2005.
- KESSLER, A. M.; SNIZEK, P. N. Considerações sobre a quantidade de gordura nacaraça do frango. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 2001, Piracicaba. Anais... Piracicaba: Sociedade Brasileira de Zootecnia, p.111-159. 2001.

KIDD M, FANCHER BI. Lysine needs of starting chicks and subsequent effect during the growing period. **Journal of Applied Poultry Research**; 10:385-393, 2001.

KIEFER, P., HEINZLE, E., and WITTMANN, C. Influence of glucose, fructose and sucrose as carbon sources on kinetics and stoichiometry of lysine production by *Corynebacterium glutamicum*. **J Ind Microbiol Biotechnol** 28: 338– 343, 2002.

LANA, S.R.V et al. Níveis de lisina digestível em rações para frangos de corte de 22 a 42 dias de idade, mantidos em ambiente de termoneutralidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, p.1624-1632, 2005.

LECLERQ B. Lysine: specific effects of lysine on broiler production: comparison with threonine and valine. **Poultry Science** 77, 118–123, 1998.

LEESON, S. Muscle (Pectoralis Major) Protein Turnover in Young Broiler Chickens Fed Graded Levels of Lysine and Crude Protein. p. 1–7, 2004.

LEHNINGER, A.L.; NELSON, D.L.; COX, M.M. Principles of Biochemistry. 2ª Edição. New York: Worth, 1993. 1013p.

LIAO, S. F.; WANG, T.; REGMI, N. Lysine nutrition in swine and the related monogastric animals: muscle protein biosynthesis and beyond. **SpringerPlus**, v. 4, n. 1, p. 147, 2015.

MAAN, N.S et al. S. Effect of herbal lysine supplementation on performance of broiler chicken. **International Journal of Chemical Studies**. SP-8(6): 260-263, 2020.

MAKINDE, O.J et al. Herbal methionine (methiorep®) improves growth performance of broiler chickens without affecting carcass characteristics and blood indices. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, 20: 131–139, 2017.

MATTEWS, J.C. Amino acid and peptide transport systems. In: D’MELLO, J.P.F. **Farm animal metabolism and nutrition**. New York: CAB International, 2000.

MICHAL, G. Biochemical pathways. **Wiley, Chichester**. 1999.

MITCHELL, H.H. Comparative nutrition of man and domestic animals. Academic Press, New York, NY, 1964.

NAKAYAMA. K, KITADA. S, KINOSHITA. S. **Studies on lysine fermentation**. I. The control mechanism on lysine accumulation by homoserine and threonine. *J Gen Appl Microbiol* 7:145–154, 1961.

NUNES, A. J. P et al. Practical supplementation of shrimp and fish feeds with crystalline amino acids. **Aquaculture**, v. 431, p. 20–27, 2014.

PARSONS, C.M.; BAKER, D.H. The concept and use of ideal proteins in the feeding of nonruminants. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE PRODUÇÃO DE NÃO-RUMINANTES, 1994, Maringá. **Anais...** Maringá: SBZ, 1994. p.119-128.

PFEFFERLE, W et al. Biotechnological manufacture of lysine. In: Faurie R, Thommel J (eds) *AdvBiochemEngBiotechnol*, vol 79, **Microbial production of L-amino acids**. Springer, Berlin Heidelberg, pp 59–112, 2003.

RASMUSSEN, A.J.; ANDERSON, M. New method for determination of drip loss in pork muscles. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEAT SCIENCE AND TECHNOLOGY, 42., 1996, Lillehammer. Proceedings... Lillehammer: Noeway, 1996, p.286-287.

RAVINDRAN, V. Feed enzymes: The science, practice, and metabolic realities. *Journal of Applied Poultry Research*, Champaign, v.22, n.3, p.628-636, 2013.

ROCHA, T.C et al. Níveis de lisina digestível em rações para poedeiras no período de 24 a 40 semanas de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.1726-1731, 2009.

ROSTAGNO, H. S et al. **Tabelas brasileiras para aves e suínos**. Composição de alimentos e exigências nutricionais. 3ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa - DZO, 2011. 252p

SAKOMURA, N.K.; SILVA, R. Conceitos aplicáveis à nutrição de não ruminantes. **Cadernos Técnicos da Escola de Vetrinária da UFMG**, v.22, p.125-146, 1998.

SANDEL, L.J.; DANIEL, J.C. Effects of ascorbic acid on collagen mRNA levels in short-term chondrocyte cultures. **Connective Tissue Research**, v. 17, p. 11- 22, 1988.

SANTANA, L.; OLIVEIRA, J. **Agricultura 4.0 e o desenvolvimento de pesquisas de computação aplicada às ciências agrárias**. SBC Horizontes, março. 2021. ISSN 2175- 9235. Disponível em: <<http://horizontes.sbc.org.br/index.php/2021/03/Agricultura-4-0-e-o-desenvolvimento-de-pesquisas-de-computacao-aplicada-as-ciencias-agrarias/>>. Acesso em 18 ago 2023.

SCHUTTE, J. B., M. PACK. Biological efficacy of L-lysine preparations containing biomass compared to L-lysine HCl. *Arch. Anim. Nutr.* 46:261–268. 1994.

SILVA, Janiele de Lemos et al. Avaliação do uso do photometrix como ferramenta de detecção em medida espectrofotométrica de lítio em solução aquosa. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM CIÊNCIAS, 3., Campina Grande, 2018. **Anais...** Campina Grande: Realize, 2018.

SHARMA, A., Ranjan S. Estudo comparativo de n-lisina e lisina sintética no desbotamento em frangos de corte. **Jornal Mundial de Pesquisa Farmacêutica**, p. 820-826, 2016.

SKLAN, D., Noy, Y. Catabolism and deposition of amino acids in growing chicks: effect of dietary suply. **Poultry Science**; 83:952-961, 2004.

SMITH, E.R.; PESTI, G.M. Influence of broiler strain cross and dietary protein on performance of broilers. **Poultry Science**, v. 77, p. 276-281, 1998.

SOIKE, D.; BERGMANN, V. Performance-dependent health disorders in poultry with special reference to differences in muscle characteristics between layer- and meat type chickens. In: **INTERNATIONAL CONFERENCE ON PRODUCTION DISEASES IN FARM ANIMALS**, 1995.

STATISTA. Meat, dairy and poultry product export in India by value 2010-2017.

TRINDADE NETO M.A., KOBASHIGAWA E., NAMAZU L.B. Lisina digestível e zinco orgânico para frangos de corte machos na fase de 22 a 42 dias de idade. **Revista Brasileira de Zootecnia**: 39:2460-2470. 2010.

WALDROUP, P. W.; JIANG, Q.; FRITTS, C. A. Effects of supplementing broiler diets low in crude protein with essential and nonessential amino acids. **International Journal of Poultry Science**, 4(6):425-431, 2005.

WU GUOYAO, "Aminoacids: metabolism, functions and nutritivo" Amino acids 31.1 1-17. 2009.