



BARBARA LOPES DE OLIVEIRA

**BIOEFICACIA DA LISINA-SULFATO PARA
FRANGOS DE CORTE**

**LAVRAS - MINAS GERAIS
2018**

BARBARA LOPES DE OLIVEIRA

BIOEFICACIA DA LISINA-SULFATO PARA FRANGOS DE CORTE

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Lavras, como
parte das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Zootecnia, área de
Produção e Nutrição de Não Ruminantes,
para obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Antônio Gilberto Bertechini
Orientador

**LAVRAS - MINAS GERAIS
2018**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Oliveira, Barbara Lopes de.
Bioeficácia da lisina-sulfato para frangos de corte / Barbara
Lopes de Oliveira. - 2017.
52 p.

Orientador(a): Antônio Gilberto Bertechini.
Coorientador(a): Alcinéia de Lemos Souza Ramos, Alexandre
de Oliveira Teixeira, Raimundo Vicente de Souza.
Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2017.
Bibliografia.

1. Desempenho. 2. Fontes. 3. Qualidade de carne. I. Bertechini,
Antônio Gilberto. II. Ramos, Alcinéia de Lemos Souza. III.
Teixeira, Alexandre de Oliveira. IV. Souza, Raimundo Vicente de.
V. Título.

BARBARA LOPES DE OLIVEIRA

BIOEFICACIA DA LISINA-SULFATO PARA FRANGOS DE CORTE

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Lavras, como
parte das exigências do Programa de Pós-
Graduação em Zootecnia, área de
Produção e Nutrição de Não Ruminantes,
para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 5 de outubro de 2017.
Dra. Alcinéia de Lemos Souza Ramos UFLA
Dr. Alexandre de Oliveira Teixeira UFSJ
Dr. Raimundo Vicente de Souza UFLA

Prof. Dr. Antônio Gilberto Bertechini
Orientador

**LAVRAS - MINAS GERAIS
2018**

*Aos meus pais, Celia e Luiz Henrique, pela confiança, por me apoiarem
sempre e ao meu irmão Henrique.*

A minha avó Ozias por me incentivar e ensinar a amar os animais.

*Aos meus familiares e amigos por acreditarem em mim,
acompanhando meus sonhos e luta, pelo amor e apoio em todos
os momentos.*

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, por guiar meus passos durante essa caminhada.

A Universidade Federal de Lavras, pela oportunidade de realização desse curso.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudo durante o curso.

Aos meus pais Celia e Luiz Henrique pelo apoio, incentivo e por acreditar em mim.

A meu irmão Henrique pela força, incentivo e amizade.

Ao meu Orientador, Dr. Antônio Gilberto Bertechini, pela paciência, confiança, dedicação, incentivo, pelo apoio, amizade e orientação.

Aos professores Dr. Eduardo Mendes Ramos e Dra. Alcinéia de Lemos Souza Ramos pela dedicação e auxílio, cedendo o Laboratório de Análise de Carnes e Derivados e direcionando minhas análises.

Aos professores Dr. Raimundo Vicente de Sousa, Dra. Alcinéia de Lemos Souza Ramos e Dr. Alexandre de Oliveira Teixeira pela participação na banca, críticas e sugestões.

Aos demais professores, colegas e funcionários do departamento de Zootecnia pelo apoio na realização deste trabalho.

Ao Necta pela oportunidade de crescimento profissional e pessoal, onde fiz amizades e adquiri conhecimentos que levarei comigo a vida toda.

A todos os meus amigos, especialmente: Sebastian, Mylena, Bernardo (Murango), Vanessa, Alisson, Marcelo, Lívia, Raquel

Milagros, Osbel, Aline, Renata, Andressa, Charles, Jesus, Melissa, Ivan pela amizade e ajuda durante o experimento.

Aos amigos Anderson e Maria pelo auxílio durante todo experimento.

Aos meus amigos distantes mas sempre presentes: Amanda, Bruno, Priscila, Sâmara, Thamirys, Esther, Janaína, Joelma, Sérgio e Roberta.

À empresa CJ Brasil, pelo apoio durante o experimento.

E a todos aqueles que contribuíram de alguma forma para a realização desse curso.

MUITO OBRIGADA!

*“Como, pois, sereis vós
Que me dareis machados,
ferramentas e coragem
Para eu derrubar os meus
obstáculos?...*

*Corre, nas vossas veias, sangue
velho dos avós,
E vós amais o que é fácil!
Eu amo o Longe e a Miragem,
Amo os abismos, as torrentes, os
desertos*

*.... Ah, que ninguém me dê piedosas
intenções,
Ninguém me peça definições!
Ninguém me diga: "vem por aqui"!
A minha vida é um vendaval que se
soltou,
É uma onda que se alevantou,
É um átomo a mais que se animou...
Não sei por onde vou Não sei para
onde vou
Sei que não vou por aí!...."*

Maria Bethânia

RESUMO

A presente pesquisa teve como objetivos estudar a bioeficácia de fontes de lisina utilizando as medidas de desempenho, ganho de peso e conversão alimentar como variáveis de avaliação. As medidas de bioeficácia foram realizadas por meio das análises de regressão linear simples (*slope-ratio*) e a regressão linear múltipla para cada medida de desempenho das aves. Foram avaliadas uma fonte padrão de lisina (L-Lisina HCl), a L-Lisina Sulfato e um tratamento controle sem adição de lisina sintética, correspondente ao menor nível de lisina dietética 0,90% para a fase inicial e 0,85% de lisina digestível para a fase final, totalizando 9 tratamentos e 8 repetições, distribuídos em um delineamento experimental inteiramente casualizado. Para a fase inicial os níveis de lisina digestível das dietas foram de 1,00; 1,10; 1,20 e 1,30% e para a fase final, os níveis de 0,95; 1,05; 1,15 e 1,25%. Foram utilizados 2016 pintos para fase inicial e 1800 para a segunda fase final. Na fase inicial além do desempenho também foi medido o rendimento de peito e qualidade de carne sendo que para a fase final, além dessas medidas foram avaliados também o rendimento de carcaça. A L- Lisina Sulfato apresentou melhores resultados de bioeficácia para conversão alimentar e ganho de peso em ambos os métodos utilizados e em ambas as fases estudadas. Os resultados da bioeficácia da fonte sulfato para a fase inicial utilizando o ganho de peso e a conversão alimentar foram de 113,25 e 113,18%, respectivamente e, para a fase final os valores foram de 111,4 e 110,0% para a *slope-ratio* e regressão linear múltipla, respectivamente. Em relação ao desempenho em ambas as fases, as fontes de lisina utilizada promoveram efeito positivo sobre o crescimento das aves. Ao avaliar qualidade de carne, não foram observadas diferenças significativas entre a perda de peso por cozimento. Ao avaliar a cor objetiva em ambas as fase foi possível observar o efeito das fontes, bem como dos níveis ao serem suplementadas com lisina.

Palavras Chaves: Desempenho. Fases. Fontes de lisina. Qualidade de Carne.

ABSTRACT

The present research had as objectives to study the bioefficacy of lysine sources using measures of performance, weight gain and feed conversion as evaluation variables. Bioefficacy measures were performed using simple linear regression (slope-ratio) analyzes and multiple linear regression for each measure of bird performance. A standard source of lysine (L-Lysine HCl), L-Lysine Sulfate and a control treatment without addition of synthetic lysine, corresponding to the lowest dietary lysine level 0.90% for the initial phase and 0.85% of lysine for the final phase, totaling 9 treatments and 8 replicates, distributed in a completely randomized experimental design. For the initial phase the digestible lysine levels of the diets were 1.00; 1.10; 1.20 and 1.30% and for the final phase, the levels of 0.95; 1.05; 1.15 and 1.25%. 2016 broilers were used for the initial phase and 1800 for the second final phase. In the initial stage besides performance, the chest yield and meat quality were also measured, and for the final stage, besides these measures, the carcass yield was also evaluated. L-Lysine Sulphate presented better bioefficacy results for feed conversion and weight gain in both methods used and in both phases studied. The results of the sulfate source bioefficacy for the initial phase using the weight gain and the feed conversion were 113.25 and 113.18%, respectively, and for the final phase the values were 111.4 and 110.0% for slope-ratio and multi-linear regression, respectively. Regarding the performance in both phases, the sources of lysine used promoted a positive effect on the growth of the broilers. When evaluating meat quality, no significant differences were observed between baking weight loss. When evaluating the objective color in both phases it was possible to observe the effect of the sources as well as the levels when being supplemented with lysine.

Keywords: Performance. Phases. Sources of lysine. Quality of Meat.

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE	12
1. INTRODUÇÃO.....	12
2. REFERENCIAL TEÓRICO	13
2.1 Utilização de Aminoácidos Industriais na Avicultura de Corte	13
2.2 Fontes de Lisina	15
2.3 Efeito da Lisina Sobre Características de Carcaça e Desempenho para Frangos de Corte.....	20
2.4 Efeito da Lisina Sobre a Qualidade da Carne em Frangos de Corte ...	22
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	24
Artigoredigidoconformenormas The Journal of Applied Poultry Research	33
BIOEFICÁCIA DA LISINA-SULFATO PARA FRANGOS DE CORTE .	33
1. RESUMO.....	34
2. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA	35
3. MATERIAL E METODOS	37
4. RESULTS AND DISCUSSION	39
5. CONCLUSÕES E APLICAÇÕES	46
6. REFERENCIAL TEÓRICO	46

PRIMEIRA PARTE

1. INTRODUÇÃO

Diversos fatores contribuem para os avanços na produção de frangos de corte no mundo, sendo a nutrição um dos mais significativos. No Brasil foram produzidos 12,90 milhões de toneladas de carnes de frangos de corte em 2016 (ABPA,2017), superando a produção chinesa, o que proporcionou ao país o segundo lugar no ranking de maior produtor mundial, superado apenas pelos Estados Unidos. Esse aumento na produção foi alcançado principalmente pela utilização de dietas formuladas de forma à atender as necessidades nutricionais em seus diferentes estágios de desenvolvimento e de produção buscando a máxima eficiência produtiva.

Com o avanço da biotecnologia industrial nos últimos anos houve um aumento na produção de aminoácidos, sendo estes utilizados com mais frequência na formulação de rações com a finalidade de proporcionar um equilíbrio desses nutrientes, reduzindo custos e a excreção de nitrogênio no meio ambiente.

Embora a lisina seja considerada o segundo aminoácido limitante para frangos de corte, ela é utilizada como aminoácido-referência na formulação de rações, dessa forma os níveis dietéticos dos demais aminoácidos são definidos em função dos níveis de lisina. A lisina deve ser fornecida na forma natural L, pois, a forma D não é interconvertida na forma L como acontece com a metionina. Assim, ambas as fontes de lisina são produzidas por biotecnologia de fermentação, resultando apenas na forma L-lisina no entanto, diferem no pós-fermentação onde a L-Lisina HCl é separada da biomassa, purificada e posteriormente transferida para solução de ácido clorídrico. A fonte L-Lisina

Sulfato (L-Lisina S) por não ser separada da biomassa é menos complexa e gera menos desperdícios sendo vantajoso tanto pelo lado econômico como ecológico.

A fonte dietética tradicionalmente utilizada em dietas de aves é a forma HCl. No entanto, a indústria tem desenvolvido novas fontes entre elas destaca-se a L-Lisina S, possui 90% de pureza e 70% de efetividade (CJ do Brasil Ltda.), comparada a forma HCl que apresenta 99% de pureza e 79% de efetividade.

Dessa forma, o objetivo do trabalho foi estudar a bioeficácia relativa da nova fonte de lisina para frangos de corte em relação à fonte comumente usada L-Lisina HCl, de modo a adequar seus níveis de inclusão por meio de avaliações de desempenho, características de carcaça e qualidade de carne em frangos de corte.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Utilização de Aminoácidos Industriais na Avicultura de Corte

Ao formular dietas para frangos de corte, tem-se uma preocupação com os ingredientes da ração dentre eles se destaca a proteína, principal constituinte dos compostos biologicamente ativos no organismo. As proteínas auxiliam na síntese de tecido, renovação e crescimento corporal. Portanto, nutricionalmente e economicamente, deve-se atentar ao uso adequado de proteínas durante todo o sistema de criação, evitando desperdícios e aumento nos custos de produção (BESKI; SWICK e IJI, 2015).

As principais fontes de proteínas utilizadas na alimentação animal são de origem vegetal e animal. As proteínas animais, oferecem um melhor perfil de aminoácidos, possuem valor biológico elevado, minerais como o fósforo e níveis moderados de energia. São produtos derivados do processamento das aves e seus

sub-produtos como: farinha de carne, farinha de ossos, farinha de penas hidrolisada e a farinha de sangue.

No caso das formulações de dietas no Brasil e na maioria dos países da América, as rações para frangos de corte têm como base o milho e o farelo de soja, fontes mais baratas quando comparada a proteína animal. Comparada com outros grãos oleaginosos, a proteína da soja é favorecida devido ao seu perfil bem equilibrado de aminoácidos, especialmente os essenciais (RAVINDRAN, 2013). Em geral, as fontes de proteína vegetal são nutricionalmente desequilibradas e pobres em certos aminoácidos, a suplementação das dietas com aminoácidos industriais tem sido utilizada para melhores resultados de crescimento e desenvolvimento das aves.

Comumente, vinte aminoácidos (AAs) participam das funções fisiológicas, no entanto, apenas dez destes são considerados essenciais na dieta, ou seja, indispensáveis. Sendo os restantes não-essenciais, pois suas sínteses são obtidas por meio de outros aminoácidos ou de outros nutrientes na dieta, não afetando assim o desempenho dos animais (BERTECHINI, 2012).

Em contraste com as proteínas, a absorção dos aminoácidos industriais é mais rápida por estes não sofrerem digestão pelo sistema gastrointestinal, pois estão diretamente disponíveis para absorção no intestino delgado. Na membrana dos enterócitos os aminoácidos são absorvidos e transportados para a veia porta, processo que é mais rápido pois estes se encontram na forma livre ao invés de estarem ligados a proteínas (WU, 2009). O equilíbrio dos AAs nas dietas são importantes, de forma a garantir melhor absorção e a máxima eficiência na sua utilização, o que resulta em melhores valores de desempenho. Entretanto os excessos de AAs podem resultar em sérios efeitos adversos, como diminuição no consumo de ração, alterações comportamentais e comprometimento no crescimento (WU, 2009).

Os níveis de AAs nos frangos de corte são influenciados por vários fatores: genótipo, sexo, estado fisiológico, ambiente e estado de saúde. Além disso, a composição de AA nas dietas é variável de acordo com a inclusão de ingredientes, de forma a otimizar o desempenho e os rendimentos da carne do peito (VIEIRA, 2016). O conceito de proteína ideal, estabelece que todos os aminoácidos essenciais sejam expressos por proporções ideais ou porcentagens de um aminoácido-referência (lisina), utilizado na tentativa de reduzir a quantidade de AA em excesso, evitando oxidação e diminuindo os custos metabólicos (LEMME, 2003; VIEIRA e ANGEL, 2012).

Altos níveis de deposição de carne magra requerem relativamente altos níveis de lisina (RAVIDRAN, 2013). Em frangos de corte, Han e Lee, (2000), citam que a suplementação de aminoácidos sintéticos em quantidades limitadas, poderia poupar entre 2 e 3% de proteína na dieta. A formulação de dietas precisas é essencial para otimizar a eficiência alimentar e minimizar o custo dos alimentos para frangos de corte. Energia e os aminoácidos (AA) são responsáveis pelo maior custo das dietas de suínos e aves (KONG e ADEOLA, 2014).

2.2 Fontes de Lisina

A lisina é considerada um dos aminoácidos essenciais para os frangos de corte uma vez que não é sintetizada biologicamente em seu corpo, sendo necessário sua suplementação na dieta para desempenhar as importantes funções nos processo metabólicos e no desenvolvimento dos animais (WALDROUP; JIANG e FRITTS, 2005; FARIDI et al. 2013). Segundo Nunes et al., (2014), o farelo de soja principal matéria prima utilizada nas rações brasileiras apresenta baixas concentrações de lisina, 2,8% de lisina, em sua composição (ROSTAGNO et al. 2017). A suplementação com a fonte industrial se torna de

extrema importância, contudo, ocorre tanto limitações zootécnicas quanto financeiras buscando atender à exigência em cada fase do animal e diminuir os desperdícios.

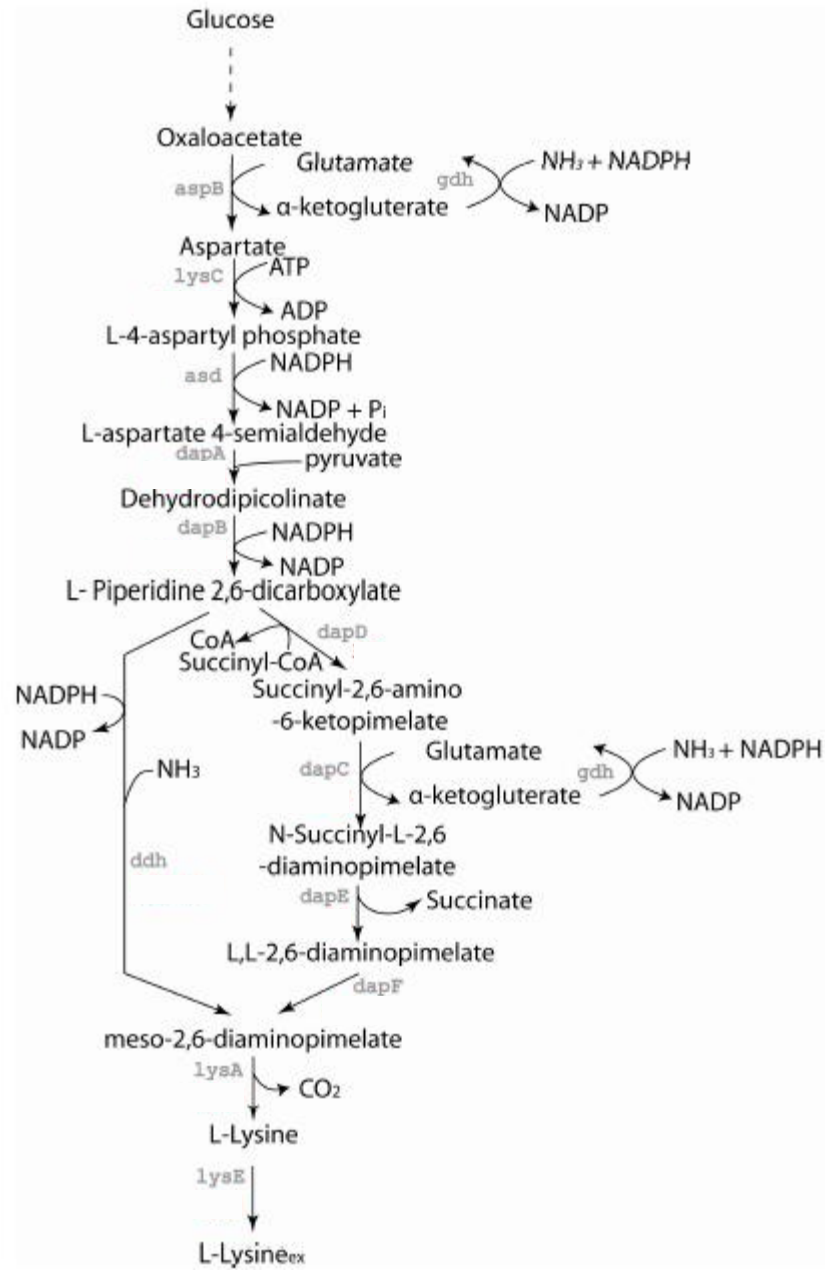
Por não haver enzimas específicas para a conversão da forma dextrógira para a forma levógira, em aminoácidos como lisina e treonina, tem-se a necessidade de fornecer ao animal as fontes sintéticas desses aminoácidos na forma L (ROCHA et al. 2009). O consumo de L-Lisina HCl no Brasil desde 2009 até 2016 teve um aumento de 113,88%, a previsão esperada para o ano de 2017 é de 140,382 toneladas, sendo 86,976 toneladas e aproximadamente 62% de toda produção, destinados a produção de frangos de corte (SINDIRAÇÕES, 2017). O mercado global de Lisina incrementou de 45,3 mil para 340,2 mil toneladas/ano, principalmente devido ao aumento na produção de aves e suínos em todo o mundo (JU et al. 2008).

Sua produção se dá através da utilização de bactérias Gram-positivas presentes no solo do gênero *Corynebacterium glutamicum*, as quais vem sendo empregadas na produção industrial desde a década de 50 quando KyowaHakkoKogyo (atual KyowaHakkoBio) descobriu que uma cepa desta bactéria era capaz de produzir quantidades significativas de lisina em meio líquido (NAKAYAMA. K; KITADA. S e KINOSHITA 1961). No final da década de 80 até atualmente, várias são as ferramentas exploradas pela engenharia genética e pelas técnicas moleculares de forma a melhorar a produção de lisina (PFEFFERLE et al. 2003; KELLE et al. 2005). As principais fontes de carbono utilizadas na produção de L- Lisina são melação de cana, melação de beterraba, sacarose e hidrolisados de amido (glicose ou dextrose) de milho, mandioca e trigo são amplamente utilizados em processos industriais. Os melhores resultados de biomassa de acordo com Kiefer et al. (2002) são obtidas com uso de glicose.

A lisina sintética é produzida por meio do *Corynebacterium glutamicum* (Figura 1) a partir do piruvato, oxaloacetato e duas moléculas de amônia envolvendo o fornecimento adicional de quatro NADPH como potência de redução (MICHAL, 1999). Os dois ramos alternativos presente na rota metabólica, permite uma maior flexibilidade principalmente em resposta a mudanças ambientais e ,diferentes níveis de amônia (SAHM et al. 1999).

A fabricação industrial da lisina segue diferentes etapas, dentre esses processos destaca o processo de fermentação a escolha da fonte de carbono a ser utilizada é o principal fator que afeta o custo na indústria produção de lisina (KELLE et al. 2005). As principais fontes utilizadas são melão de cana, melão de beterraba, sacarose e dextrose, pelo que o último é obtido por hidrólise de amido (IKEDA, 2003). A etapa posterior de purificação é realizada pelos processos de filtração por vácuo, evaporação e secagem por meio pulverização como indicado na (Figura. 2).

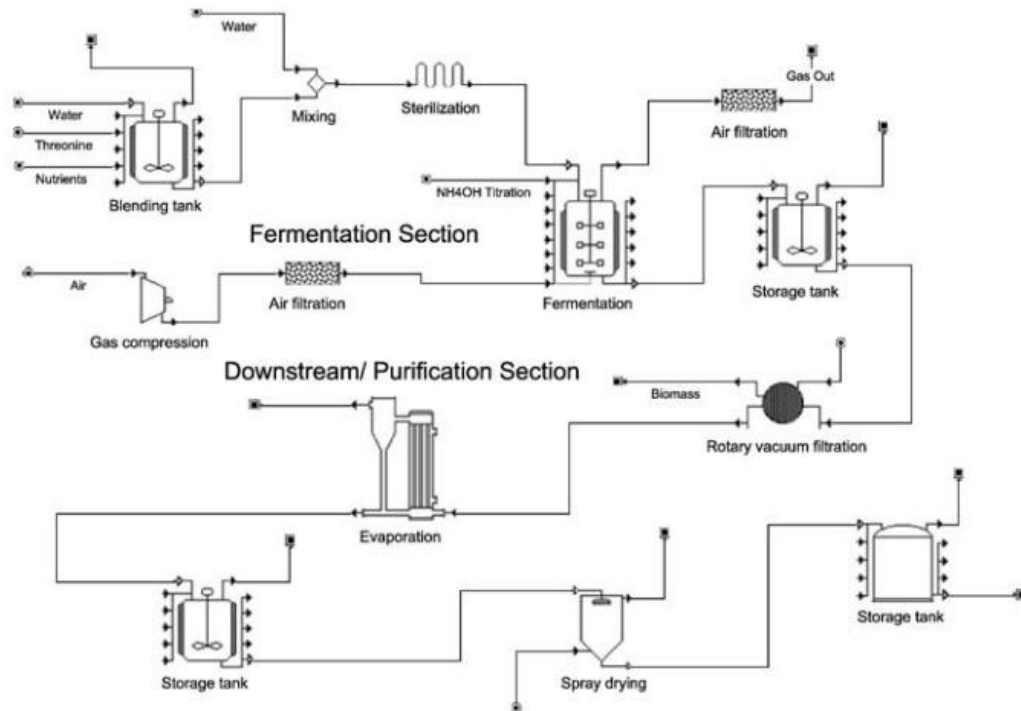
Figura 1. Via biossintética de L- Lisina em *Corynebacterium glutamicum*.



A L-Lisina HCl ($C_6H_{14}N_2O_2HCl$; peso molecular =182,65 g/mol) é a fonte tradicional usada na formulação de dietas para animais (JACKSON, 2001), após o processo de fermentação é transferida para solução de ácido clorídrico, onde sofre evaporação posteriormente a secagem (SCHUTTE e PACK 1994;RODEHUTSCORD et al. 2000).

Atualmente, o desenvolvimentos de diferentes fontes permitiu um processamento mais econômico entre essas fontes alternativas presentes no mercado, tais como lisina líquida (50% de pureza), sulfato de lisina granulado (40-55% de pureza), ou sulfato de lisina líquida (20-30% pureza), que hoje estão bem estabelecidas no mercado (KELLE et al. 2005). Entre elas destaca a L-Lisina Sulfato ($[C_6H_{14}N_2O_2] 2H_2SO_4$; peso molecular = 390,4 g / mol), devido ao fato de seu produto final não ser separado da biomassa o produto granulado apresenta um valor nutricional adicionado segundo Wittmann e Becker (2007), o processo de produção por ser menos complexo e gera menos desperdício sendo sua produção altamente atrativo tanto para o ecológico como para o econômico (KIRCHER e PFEFFERLE, 2001).

Figura 2. Diagrama do processo de fabricação da L- Lisina.



2.3 Efeito da Lisina Sobre Características de Carcaça e Desempenho para Frangos de Corte

O conceito de proteína ideal definido por Mitchell, (1964), estabelece que todos os aminoácidos essenciais sejam expressos por proporções ideais ou porcentagens de um aminoácido-referência. Isso significa que as exigências de todos os aminoácidos podem ser prontamente estimadas a partir da determinação da exigência do aminoácido-referência. Atualmente, o aminoácido utilizado como referência é a lisina por participar efetivamente no crescimento dos animais e ser de fácil mensuração (ARC, 1981; PARSONS e BAKER, 1994; CUARÓN, 2000).

Pesquisas utilizando dietas com AAs na alimentação de frangos de corte, tem apresentado melhores dados de conversão alimentar, aumento no ganho de peso e melhores rendimentos de carcaças com menores teores de gordura abdominal em diferentes linhagens de frango de corte (CORZO et al. 2005; ZHAI et al. 2013).

Araújo et al. (2001), ao analisarem as diferenças entre formulações com base na proteína bruta e proteína ideal para frangos de corte, verificou que frangos de corte alimentados com dieta formulada no conceito de proteína ideal apresentaram melhor desempenho na fase inicial. Avaliando níveis crescentes de lisina digestível durante a fase inicial, Brito et al. (2017) observaram que a lisina proporcionou aumentos significativos no ganho de peso e na eficiência alimentar, corroborando com outros estudos (LECLERCQ, 1998; FATUFE et al. 2004; WIJTEN et al. 2004).

Em doses elevadas a suplementação com lisina dietética não se apresenta de forma tóxica, porém ocorre aumento do antagonismo lisina-arginina, competindo pelos mesmo sítios de absorção na borda em escova intestinal entre os aminoácidos de cadeias estruturais semelhantes (D'MELLO, 2003; BRASÍLICA e LIMA, 2007). Segundo Andriguetto et al. (1999) a atividade da enzima diminui a glicina-amidinotransferase no fígado, o que limita a formação de creatina. Ao adicionar maiores níveis de arginina em dieta rica em lisina, menor é o efeito depressivo causado pelo antagonismo (GADELHA et al. 2003). A ênfase nutricional deve ser colocada na suplementação de lisina para evitar sua deficiência e não sua toxicidade (LIAO; WANG e REGMI, 2015).

Na fase inicial de frangos de corte, Sklan e Noy (2004), utilizando o nível de 1,05% obteve melhor ganho de peso. Para ambos os sexos, o melhor índice de conversão alimentar foi utilizando o nível de 1,03% de lisina digestível (MENDES et al. 2014). Trindade Neto et al. (2010) recomendou um mínimo de 1,002% de lisina digestível para frangos de corte de alto rendimento.

Ao avaliar frangos de corte durante as fases pré-inicial e inicial, Toledo et al. (2011) observaram diferenças nos níveis de lisina digestível de acordo com seu ambiente, os animais criados em ambientes limpos exigiram 1,30 e 1,24% e em ambientes sujos, 1,26 e 1,165%, respectivamente. Na fase inicial, Kidd e Fancher (2001) propuseram um nível ótimo de lisina digestível de 1,22% para frangos de corte buscando obter alto valores para ganho de peso e rendimento de carcaça. Frangos de cortes alimentados com o nível de 1.075% de lisina digestível na fase final, apresentaram melhor ganho de peso e conversão alimentar (LANA et al. 2005). Ao avaliar rendimento de carcaça, Almeida et al. (2002) observaram que os maiores níveis de lisina na dieta promoveram melhores resultados. De acordo com os estudos apresentados, os níveis adequados de lisina digestível para frangos de corte ainda são controversos e dependem de fatores como idade, sexo e ambiente.

2.4 Efeito da Lisina Sobre a Qualidade da Carne em Frangos de Corte

As musculaturas das aves são compostas por vários tipos de fibras, a musculatura do peito - *pectoralis major* - é composta por fibras tipo II-glicolíticas que apresentam rápida contração (LECLERQ, 1998). As fibras do tipo I (aeróbicas) devido ao fato de possuírem numerosas mitocôndrias e abundância de mioglobina, apresentam uma coloração avermelhada, estão associadas a processo contínuo de produção e consumo de energia, com elevada troca de metabólitos e oxigênio. Por outro lado, as fibras do tipo II (anaeróbicas) são células musculares grandes que apresentam em menor quantidade mioglobina e mitocôndrias, como possuem grande acúmulo de ácido láctico são facilmente fatigáveis. As baixas trocas metabólicas e de oxigênio dessas fibras favorecem ao maior processo de hipertrofia, por apresentarem maior área (BANKS, 1992).

Diversos fatores afetam a síntese proteica, entre eles, o sexo, nutrição, idade, ambiente e a genética. O processo de melhoramento genético do frango de corte seleciona animais para maior deposição de massa muscular e rápido crescimento. Além disso o processo reduz a capacidade oxidativa da musculatura, resultando em músculos mais anaeróbios (SOIKE e BERGMANN, 1997).

O músculo estriado esquelético está envolvido com a locomoção, postura, movimentos de respiração e forma o maior tecido constituinte do corpo dos vertebrados (DAL SILVA e CARVALHO, 2007). Seu desenvolvimento ocorre em dois períodos distintos, na fase embrionária, o número de fibras musculares é estabelecido quando um grande número de células precursoras é determinado a expressar genes de músculos-específicos. E posteriormente, no período pós eclosão, ocorre a hipertrofia das fibras musculares, principalmente através do acréscimo de proteína e núcleos originados da proliferação e fusão de células satélites (CHIST e BRAND-SABERI, 2002).

Frangos de corte na fase de 1 a 21 dias de idade são menos eficientes em depositar proteína dietética do que frangos na fase final de desenvolvimento. Na fase inicial, os animais apresentam uma maior taxa de degradação proteica em função da demanda energética e também uma menor capacidade de consumo comparado a exigência energética e a eficiência digestiva (KESSLER, 2001). Deve-se atentar as exigências de lisina nessa fase inicial, de forma a proporcionar animais mais homogêneos e afim de não comprometer o resultado final de desempenho (BEN SCHUTTE, 1999).

Na fase de crescimento dos frangos, ocorre maior desenvolvimento dos tecidos musculares e um menor desenvolvimento corporal. Os órgãos digestivos das aves são gradualmente reduzidos proporcionalmente ao corpo, ocorrendo maior crescimento das partes comestíveis incluindo peito e pernas.

Ao utilizar nível de lisina digestível de 1,22% durante a fase inicial de 1 a 21 dias, Leeson (2004) observou aumento da taxa de síntese de proteínas frangos de corte machos. Holsheimer e Ruesink (1998) mostraram que o rendimento da carne de peito foi aumentado em frangos de corte machos alimentados com uma dieta contendo níveis crescentes de lisina 1-14 dias de idade, no entanto seu desempenho não foi afetado pela lisina no período de 15 a 49 dias de idade.

3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, I.C.L., MENDES, A.A., OLIVEIRA, E.G., GARCIA, R.G., GARCIA, E.A. Efeito de dois níveis de lisina e do sexo sobre o rendimento e qualidade da carne de peito de frangos de corte. Revista Brasileira de Zootecnia;31(4):1744-1752, 2002.

ANDRIGUETTO J.M., Pérly L., Minardi I. et al. Nutrição animal, 6ª ed. Nobel, São Paulo. 395p., 1999.

ARAÚJO, L.F., JUNQUEIRA, O.M., ARÚJO, C.S.S., LAURENTIZ, A.C., ALMEIDA, J.G., e SERRANO, P.P. 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.

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

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

BERTECHINI, A.G. Nutrição de monogástricos. Lavras: Editora UFLA, 301p, 2012.

BESKI, S. S. M.; SWICK, R. A.; IJI, P. A. Specialised protein products in broiler chicken nutrition: A review. *Animal Nutrition Journal*, 2015.

BRASILICA, A. V.; LIMA, M. R. DE. Efeito Da Relação Lisina : Arginina Digestível Sobre O Desempenho De Poedeiras Comercias No Período De. p. 118–124, 2007.

BRITO C. O., DUTRA J. L. L., DIAS T. N., BARBOSA L. T., NASCIMENTO C. S., PINTO A. P. G., ALBINO L. F. T., FERNANDES R. P. M., MACÁRIO M. S. and MELO, J. S. Effect of dietary lysine on performance and expression of electron transport chain genes in the pectoralis major muscle of broilers. p. 1–6, 2017.

CHRIST, B and BRAND-SABERI, B. Limb muscle development. *The DISEASES IN FARM ANIMALS*, 9., 1995, Berlin.

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.

CUARÓN, J.A., *Proteína Ideal en la Alimentación de Cerdos: Aspectos Prácticos*, 2000.

SILVA, Maeli Dal Pai; CARVALHO, Robson Francisco. Mecanismos celulares e moleculares que controlam o desenvolvimento e o crescimento muscular. *R. Bras. Zootec.*, Viçosa , v. 36, supl. p. 21-31, 2007 .

D'MELLO, J.P.F. Responses of growing poultry to amino acids. 2nd ed. Wallingford: CABI Publishing, p.237-264. 2003.

FARIDI, A., Golian A., France J., HeraviMousavi A. Study of broiler chicken responses to dietary protein and lysine using neural network and response surface models. *British Poultry Science*, 54(4):524-530, 2013.

FATUFE A.A., Timmler R. and Rodehutsord M. Response to lysine intake in composition of body weight gain and efficiency of lysine utilization of growing male chickens from two genotypes. *Poultry Science* 83, 1314–1324, 2004.

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.

HAN, K., LEE, J. The role of synthetic amino acids in monogastric animal production. *Asian- Australas. J Anim Sci.* 13:543-560. 2000.

HOLSHEIMER, J.P.; RUESNIK, E.W. Effect on performance, carcass composition, yield and financial return of dietary energy and lysine levels in starter and finisher diets fed to broilers. *Poultry Science*, v.72, n.5, p.806-815, 1993.

IKEDA, M. and NAKAGAWA, S., The *Corynebacterium glutamicum* genome: features and impacts on biotechnological processes. *Appl. Microbiol. Biotechnol.* 62, 99-109. 2003.

IKEDA, M. L-Tryptophan Production. In *Handbook of Corynebacterium glutamicum* (Edited by Eggeling, L. and Bott, M.) Pp. 489-510. CRC Press, Boca Raton, 2005.

JACKSON, M. A closer look at lysine sources: L-lysine sulfate plus fermentation co-products. *Feed Int.* 22:18-20. 2001.

JU, W. S. Yun, M. S., Jang, Y. D., Choi, H. B., Chang, J. S., Lee, H. B., Oh, H. K., Kim Y. Y.. Comparison of synthetic lysine sources on growth performance, nutrient digestibility and nitrogen retention in weaning pigs. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences*, v. 21, n. 1, p. 90–96, 2008.

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 na carcaça 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.

KIRCHER, M. and PFEFFERLE, W. The fermentative production of L-lysine as an animal feed additive. *Chemosphere*, 43: 27–31. 2001.

KONG, C.; ADEOLA, O. Invited Review - Evaluation of Amino Acid and Energy Utilization in Feedstuff for Swine and Poultry Diets. v. 27, n. 7, p. 917–925, 2014.

LANA, S.R.V., OLIVEIRA, R.F.M., DONZELE, J.L. 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; 34:1624- 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.

LEMME, A. The Ideal Protein Concept in Broiler Nutrition 1. Methodological Aspects–Opportunities and Limitations, 4. Degussa AG Amino News, pp. 7–14. 2003.

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.

MENDES, A. S, API, I., SILVA, L., SILVA, R.T.L., SAUSEN, L., MENEZES, L.F.G., MORELLO, G.M., and CARVALHO, E.H. Effects of Dietary Lysine on Broiler Performance and Carcass Yield – Meta-Analysis. Brazilian Journal of Poultry Science, v. 16, n. 4, p. 425–430, 2014.

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.; SÁ, M. V. C.; BROWDY, C. L.; VÁZQUEZ-AÑÓN, M. Practical supplementation of shrimp and fish feeds with crystalline amino acids. *Aquaculture*, v. 431, p. 20–27, 2014.

PARSONS, C. M. and BAKER, D. H. The concept and use of ideal proteins in the feeding of non ruminants. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 31, Maringá. Anais... Maringá: SBZ, p. 120-128, 1994.

PFEFFERLE. W, MOCKEL. B, BATHE. B, MARX. A. 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.

RAVIDRAN V. Poultry feed availability and nutrition in developing countries: Main ingredients used in poultry feed formulations. *Poultry development review*. F. A. O. Rome, Italy. 67-69. 2013.

ROCHA, T.C.; GOMES, P.C.; DONZELE, J.L., BARRETO, S. L.T., MELLO, H. H. C. and BRUMANO, G. 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.

RODEHUTSCORD, M., BORCHERT, F., GREGUS, Z. and PFEFFER, E. Availability and utilisation of free lysine in rainbow trout

(*Oncorhynchus mykiss*): 2. Comparison of L-lysine·HCl and L-lysine sulphate. 2000.

ROSTAGNO, H.S., ALBINO, L.F.T., DONZELE, J.L. et al. 2017. Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais. 3ª ed. UFV/DZO, 252p.

SAHM, H. and EGGELING, L. D-pantothenate synthesis in *Corynebacterium glutamicum* and use of *pan BC* and genes encoding L-valine synthesis for D-pantothenate overproduction. Applied and Environmental Microbiology **65**, 1973-1979, 1999.

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

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

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.

TOLEDO, R. S., ROSTAGNO, H. S., ALBINO, L. F. T., DIONIZIO, M. A., CARVALHO, D. C. O. and NOGUEIRA, E.T. Lysine nutritional requirements of broilers reared in clean and dirty environments during the pre-starter and starter phases. Revista Brasileira de Zootecnia, 40(10), 2205-2210. 2011.

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.

VIEIRA, S.L., ANGEL, C.R. Optimizing broiler performance using different amino acid density diets: what are the limits? *J. Appl. Poult. Res.* 21, 149–155. 2012.

VIEIRA, S. L.; STEFANELLO, C.; CEMIN, H. S. amino acids and the use of a mono component protease. *Animal Feed Science and Technology*, p. 1–5, 2016.

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.

WIJTEN PJA, Prak R, Lemme A and Langhout DJ. Effect of different dietary ideal protein concentrations on broiler performance. *British Poultry Science* 45, 504–511, 2004.

WITTMANN, C. and BECKER, J. The L-lysine story: From metabolic pathways to industrial production. In: Wendisch V (ed) *Amino acid biosynthesis ~ pathways, regulation and metabolic engineering. Microbiology Monographs* (5):39–70. 2007.

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

ZHAI, W.; PEEBLES, E. D.; ZUMWALT, C. D.; MEJIA, L. and CORZO, A.
Effects of dietary amino acid density regimens on growth performance and meat
yield of Cobb × Cobb 700 broilers. J. Appl. Poult. Res. 22:447–460, 2013.

<http://abpabr.com.br/storage/files/versao_final_para_envio_digital_1925a_final_abpa_relatorio_anual_2017_portugues_web1.pdf> acesso em: 30 jun.2017

<<http://sindiracoes.org.br/produtos-e-servicos/boletim-informativo-do-setor/>>
acesso em: 30 jun.2017

Artigo redigido conforme normas **The Journal of Applied Poultry Research**

BIOEFICÁCIA DA LISINA-SULFATO PARA FRANGOS DE CORTE

Barbara L. Oliveira*¹, Antônio G. Bertechini*¹, Matheus P. Reis†, Vanessa A. Silva*, Bernardo R. F. Nogueira*, Alisson S. Clemente*, Alcineia L. S.

Ramos ‡

* Department of Animal Science, and ‡ Department of Food Science, Universidade Federal de Lavras, 37200-000, Lavras, MG, Brazil; † Department of Animal Science, Universidade Estadual Paulista, 14884900, Jaboticabal, SP, Brazil

Primary Audience: Nutritionists, Researchers, Meat Scientists,

Consumers

Meat quality; Poultry nutrition

¹Corresponding author: bertechini@dzo.ufla.br or

barbaraloliveira@hotmail.com.br

1. RESUMO

O objetivo principal deste estudo foi determinar a bioeficácia da L-Lisina Sulfato em comparação a L-Lisina HCl utilizando o ganho de peso e a conversão alimentar, avaliando também o rendimento de peito e qualidade da carne nas fases de criação inicial e final de frangos de corte. Foram conduzidos dois experimentos, sendo o primeiro na fase de 1 a 21 dias, utilizando 2016 pintos machos Cobb 500 de um dia, distribuídos em 72 parcelas experimentais (boxes) aleatoriamente no esquema fatorial $4 \times 2 + 1$, sendo 4 níveis de lisina digestível (1,0; 1,1; 1,2 e 1,3%), duas fontes (L-Lisina Sulfato e L-Lisina HCl) e um tratamento controle sem adição de L-Lisina. No segundo experimento na fase de 22 a 42 dias, foram utilizados 1800 aves machos Cobb 500 com 21 dias de idade, distribuídos aleatoriamente em 72 parcelas experimentais no esquema fatorial $4 \times 2 + 1$, sendo 4 níveis de lisina digestível (0,95; 1,05; 1,15 e 1,25%), duas fontes e um tratamento controle, de maneira similar ao primeiro experimento. As rações foram formuladas a base de milho e farelo de soja. Os resultados da bioeficácia da fonte sulfato utilizando o ganho de peso e a conversão alimentar foram de 113,25 e 113,18%, respectivamente e, para a fase final os valores foram de 111,4 e 110,0% para a *slope-ratio* e regressão linear múltipla, respectivamente. Em relação ao desempenho em ambas as fases, as fontes de lisina utilizada promoveram efeito positivo sobre o crescimento das aves. Ao avaliar qualidade de carne, não foram observadas diferenças

significativas entre a perda de peso por cozimento. Ao avaliar a cor objetiva em ambas as fase foi possível observar o efeito das fontes, bem como dos níveis ao serem suplementadas com lisina. A L- Lisina Sulfato apresentou resultados melhores de bioeficácia em ambos os métodos utilizados em relação a L- Lisina HCl, podendo ser substituída em ambas as fases sem afetar o desempenho, características da carcaça e a qualidade de carne.

Key words: desempenho, fontes, sulfato, qualidade de carne

2. DESCRIÇÃO DO PROBLEMA

A lisina é o segundo aminoácido limitante nas dietas de frangos de corte atuante na construção dos tecidos corporais, fornece compostos indispensáveis que participam em todas as reações bioquímicas e atividades fisiológicas, além de contribuir na redução dos níveis proteicos e excreção de nitrogênio no ambiente [1]. A sua deficiência acarreta efeitos negativos no crescimento, consumo de ração e afeta principalmente a deposição proteica [2].

A suplementação desse aminoácido com a fonte industrial é de extrema importância, uma vez que os principais ingredientes, milho e farelo de soja, utilizados nas rações para frangos de corte apresentam níveis dietéticos de lisina que não complementam as necessidades das dietas mais eficientes para essas aves. As fontes comerciais são produzidas por biotecnologia de fermentação aeróbica, atingindo uma produção a nível mundial de 2.200.000 toneladas/ano

[3]. No Brasil a produção de L-Lisina HCl é de 140,382 toneladas, sendo aproximadamente 62% destinados a alimentação de frangos de corte [4].

A produção industrial da lisina segue diferentes etapas, e, dentre esses processos destaca a fermentação e a purificação, sendo que a fonte de carbono utilizada no processamento é que garante o maior grau de pureza com implicações econômicas nos produtos, sendo que as diferenças entre as duas fontes (HCl e Sulfato) está nos maiores custos operacionais e de energia para a produção da forma HCl [5,6]. No processamento da L-Lisina Sulfato (L-Lisina S), a biomassa não é transferida para a solução contendo ácido clorídrico, sendo menos complexa do que a da forma HCl, gerando menos desperdício durante o processo [7].

A dúvida seria se a forma sulfato seria igualmente biodisponível à forma HCl para formulação das dietas de frangos de corte. Uma das formas de conhecer a eficiência do nutriente é por meio da sua bioeficácia, termo que, se refere à eficiência com que o nutriente ingerido é absorvido e convertido na sua forma ativa [8,9]. Com o uso das diferentes fontes de lisina, a bioeficácia pode ser medida pelas respostas dos animais por meio do ganho de peso e da conversão alimentar [10].

Dessa forma, objetivo deste estudo foi o de determinar a bioeficácia da L-Lisina Sulfato comparativamente com a forma HCl, utilizando o desempenho

de frangos de corte nas fases inicial e final e, ao mesmo tempo, verificar os efeitos na qualidade da carne dessas aves.

3. MATERIAL E METODOS

Os experimentos foram realizados de acordo com as normas de bem-estar animal aprovadas pela Universidade Federal de Lavras. Todos os procedimentos utilizados no estudo foram conduzidos de acordo com as diretrizes para experimentos com animais no Brasil [11].

Aves e tratamentos

Foram conduzidos dois experimentos, sendo no primeiro utilizados 2016 pintos machos de um dia, Cobb 500, distribuídos aleatoriamente no esquema fatorial $4 \times 2 + 1$ (níveis de lisina x fontes de lisina + controle) com nove tratamentos e oito repetições, totalizando 72 parcelas experimentais (28 aves/parcela). Os níveis de lisina digestível foram de 1,0; 1,1; 1,2 e 1,3%, provenientes de duas fontes L-Lisina S e L-Lisina HCl e um tratamento controle (Tabela 1).

No segundo experimento, até os 20 dias as aves foram criadas recebendo ração basal de acordo com as recomendações propostas por Rostagno et al. [12]. Aos 21 dias de idade foram utilizados 1800 aves machos, Cobb 500, distribuídos aleatoriamente no esquema fatorial $4 \times 2 + 1$ (níveis x fontes de lisina + controle) com nove tratamentos e oito repetições, totalizando 72 parcelas (25 aves/parcela). Os níveis de lisina digestível foram de 0,95; 1,05; 1,15 e 1,25% e

as fontes de lisina as mesmas da primeira fase mais o tratamento controle (Tabela 1).

A dieta controle foi formulada a base de milho e farelo de soja sem a suplementação de lisina industrial, correspondente ao menor nível de lisina, respectivamente em ambos os ensaios.

Desempenho

O peso corporal e consumo de ração, foram registrados nos períodos de 1 a 21 dias de idade, no primeiro experimento e, de 22 a 42 dias de idade no segundo experimento para determinar o ganho de peso e a conversão alimentar.

Bioeficácia

A bioeficácia da Lisina Sulfato foi calculada pela relação dos coeficientes de regressão (b) considerando a L-Lisina HCL (100% disponível) como padrão e os resultados de ganho de peso (GP) e conversão alimentar (CA) das aves no período foram utilizadas as regressões linear simples (SlopeRatio) [13] e a regressão linear múltipla [14], como metodologia para determinação da bioeficácia da L-Lisina Sulfato.

Características físico-químicas da carcaça e da carne

Ao final de cada ensaio aos 21 e 42 dias de idade, duas aves por parcela experimental foram submetidas ao jejum por oito horas e abatidas por deslocamento cervical, sangradas, escaldadas por 3 minutos a 54°C, depenadas e

evisceradas. No primeiro experimento foi avaliado o rendimento de peito e no segundo experimento foram avaliados os rendimentos de carcaça e peito.

Após o abate os músculos *Pectoralis major* direito e esquerdo foram retirados e armazenados em sacos de polietileno a 4°C para análises de qualidade da carne. Duas amostras dos lóbulos do peito esquerdo de cada repetição foram utilizados para determinar pH [15], perda de peso por gotejamento (PPG), de acordo metodologia proposta por Bocard et al. [16,17], e cor objetiva, [18,19]. Os outros dois lóbulos do peito direito foram congelada para posterior análise da perda de peso por cozimento (PPC), de acordo com Honikel [20,21].

Análise Estatística

Os resultados foram analisados com ANOVA utilizando o pacote estatístico SAS® (2002) [22] e, quando necessário para comparar as medias, foi utilizado o teste Student-Newman-Keuls com probabilidade de 5%.

4. RESULTS AND DISCUSSION

A bioeficácia da fonte L- Lisina S na fase inicial, para GP, utilizando os métodos *slope-ratio*(Tabela 2) e regressão linear múltipla (Tabela 3) foram de 107,40 e 107,91%, respectivamente. Para CA, os valores de bioeficácia foram de 119,10 e 118,44%, respectivamente. As médias obtidas utilizando os dois métodos de cálculos foram de 113,25 e 113,18%, respectivamente.

Para a fase final, abioeficácia da fonte L- Lisina S, para GP utilizando os métodos *slope-ratio* (Tabela 4) e regressão linear múltipla (Tabela 5) foram de 117,0 e 114,50%, respectivamente. Para CA, a bioeficácia utilizando os métodos *slope-ratio* e regressão linear múltipla apresentaram os valores de 105,0 e 104,8%, respectivamente. As médias obtidas para *slope-ratio* e regressão linear múltipla foram de 111,4 e 110,0%, respectivamente.

A equação obtida por meio do método *slope-ratio*, indicou que ao adicionar 0,01% de L-Lisina S proporcionou aumento de 1,75 gramas no GP e melhoria de 0,003 gramas na CA. Na fase final utilizando da mesma metodologia ao adicionar 0,01% da fonte L- Lisina S proporcionou aumento de 3,55 gramas no GP e melhoria de 0,014 gramas na CA.

Estudos de Neme et al.[23] verificaram que a bioeficácia para GP e CA da L- Lisina S para frangos de corte, por meio do modelo de regressão linear múltipla encontraram a média de 110,72% para a fase inicial e 94,02% para a fase final de criação. Os valores obtidos nessa pesquisa foram de 113,2% e 110,5%, para essas mesmas fases. Utilizando do mesmo modelo de análise Wang et al. [24] encontraram uma média para a L-Lisina S de 101,05%. As médias obtidas por este estudo apresentaram resultados melhores a favor da L-Lisina S quando comparado aos estudos anteriores. Estudos de Schutte e Pack [7] utilizando o método de análise por regressão exponencial de GP e CA,

avaliando a L-Lisina S em três níveis graduados a uma dieta basal deficiente em lisina encontrou média estimada em 97%, 103% e 113%, respectivamente.

Para as características de desempenho e rendimento de peito (Tabela 6) para a fase inicial, não foram observadas interação significativa entre todos os fatores estudados ($p > 0,05$) no entanto, observaram-se diferenças significativas ($p < 0,05$) entre níveis e fontes, com exceção para o consumo de ração onde não foi observada diferença significativa ($p > 0,05$) para fontes. Ao analisar as características de desempenho, rendimento de peito e rendimento de carcaça para a fase final (Tabela 7), também não foram observadas interações ($p > 0,05$) entre os fatores, havendo diferenças significativas ($p < 0,05$) entre níveis e fontes, com exceção para o consumo de ração e rendimento de carcaça onde não foi observada diferença significativa ($p > 0,05$) entre níveis e fontes.

Os resultados do desempenho indicam que a suplementação com as duas fontes de lisina em relação a dieta controle sem suplementação de lisina industrial, resultou em melhorias no consumo de ração, GP e na CA, o que indica que tanto para a fase inicial quanto a final, as fontes de lisina possibilitaram efeitos metabólicos envolvidos no crescimento das aves, efeito similar observados por outro autor [24]. A deficiência de lisina dietética afeta a ingestão de alimentos pelas aves, e como forma de suprir essa deficiência ocorre aumento no consumo de alimentos pelos animais [25, 26]. Já Wang et al, [24] encontrou que a ingestão de ração foi menor para aves alimentadas com dietas

suplementadas com L-lisina S quando comparada a L-lisina HCl tanto no período inicial quanto no final.

Durante o processo de produção da L- Lisina S a biomassa apresenta microrganismos secos nas células que podem promover efeitos positivos sobre o desempenho das aves [27]. Emmert et al. [28] ao comparar as duas fontes de lisina não encontraram diferenças em relação ao desempenho, resultado similar observado por outros autores [23,29,24].

Bahadur; Haldar e Ghosh, [30], observaram que a L- Lisina S apresentou maior eficiência na deposição proteica e maior rendimento de peito, quando comparado ao controle e L-Lisina HCl. Nesse trabalho observou que ambas as fases estudadas as fontes utilizadas apresentaram melhor eficiência quando comparada ao controle, e não houve diferença significativa entre as características de rendimentos peito na fase inicial e rendimento de peito e carcaça na fase final, resultado similar foi encontrado por outro autor [23].

Os resultados da qualidade de carne para a fase inicial estão apresentados na (Tabela 8). Observaram-se diferenças significativas ($p < 0,05$) entre níveis e fontes para pH, cor objetiva, perda peso por gotejamento, em relação a perda de peso por cozimento não foi observada diferença significativa ($p > 0,05$) entre os níveis bem como a interação entre esses fatores para todas as análises realizadas.

Em relação a fase final foi observado diferença significativa ($p < 0,05$) entre fontes e níveis para a luminosidade (L^*). Ao avaliar os índices de vermelho (a^*) e amarelo (b^*) foram observadas diferenças significativas ($p < 0,05$) para níveis. Em relação a perda de peso por gotejamento e perda de peso por cozimento não foram observadas diferenças significativas conforme apresentados na (Tabela 9).

Em relação ao pH da carne do peito não houve influência na fase final, já na fase inicial ambas as fontes de lisina proporcionaram valores de pH mais altos em comparação com dieta controle sem a suplementação da lisina industrial. Observou-se incremento linear para os níveis ($p < 0,05$) a medida que se elevou os níveis de lisina na dieta e isso ocorreu devido ao fato das aves terem sido selecionadas ao longo dos anos para maior deposição proteica induzindo mudanças nas características musculares, como o aumento do tamanho da fibra [31, 32, 33] e reduzindo o potencial glicolítico resultando em pH mais alto [34, 35, 36].

A cor objetiva é considerada atributo de qualidade mais importante da carne de frangos de corte, apresentando alta influência sobre a aceitação do consumidor. Em relação a característica de luminosidade (L^*) em ambas as fases, foram observados melhores resultados para as aves suplementadas com as fontes de lisina em relação a dieta controle, sendo que o nível alimentar que

apresentou valores mais baixos para a luminosidade foram de 1,24% fase inicial e 1,20% fase final, efeito similar observados em outros trabalhos [37].

A cor objetiva é obtida pela análise da superfície do peito, representando a absorção de luz pela mioglobina, sendo que quanto maiores os níveis de dispersão de luz mais pálida será a carne favorecendo a maiores valores luminosidade (L^*) [38]. Valores de L^* similares ao presente estudo na fase final utilizando L- Lisina HCl e L- Lisina S, com médias de 50,32% e 50,13% respectivamente, foram encontrados por Zhang e Barbut, [39] e Tang et al., [40] classificando estas carnes como normais. De acordo com Qiao et al., [41] a classificação varia de acordo com a luminosidade em relação ao corte do peito de frango sendo a classificação; pálidas ($L^* > 53$), normal ($48 < L^* < 53$) e escura ($L^* < 46$). No presente estudo na fase final as carnes apresentaram coloração normal, já na fase inicial estas foram classificadas como pálida.

A faixa de cor b^* está relacionada com o pH, sendo esse o principal fator envolvido na oxidação da mioglobina a metamioglobina. Desta forma a redução do valor de pH, favorece a redução no índice de vermelho (a^*) e aumento nos índices de amarelo (b^*) [41,42]. No presente estudo devido aos maiores valores de pH, em relação a fonte basal foi observado uma diminuição dos índices de a^* e b^* , com o aumento dos níveis de lisina na dieta. O nível alimentar que apresentou melhores valores para os índices de vermelho (b^*) e amarelo (a^*) foram de 1,20% fase inicial e 1,05% fase final.

A capacidade de retenção de água determina a suculência, sabor e sensibilidade da carne [43]. A PPC e PPG são métodos utilizados para medir a capacidade retenção de água do musculo. A avaliação é feita através dos valores referentes ao pH e L^* , a cor objetiva é considerada de mais rápida e de fácil mensuração quando comparada ao pH, podendo ser utilizado na classificação da carne de frango de corte [44]. Petracci et al., [45] relataram que o peito de carne de frangos de corte apresentando maiores valores de L^* estão associados a menores pH e PPC mais alta.

O acúmulo de ácido láctico e a diminuição do pH pós morte resulta na desnaturação da proteínas, reduzindo a capacidade de retenção de água intramuscular, Tang et al., [40] observaram que a taxa de perda de água foi influenciada pelos níveis de lisina dietética, sendo maior a perda em frangos de corte suplementados com maiores níveis em comparação com aqueles suplementados com níveis médios ou baixos.

No presente estudo na fase inicial menor foi a perda de água por gotejamento ao suplementar os animais com L- Lisina HCl, porem apresentou maior perda de água durante o cozimento. Em relação a L- Lisina S apresentou maior perda de água por gotejamento em relação a fonte sem suplementação e a L- Lisina HCl, ao avaliar a perda por cozimento a L- Lisina S apresentou melhores resultados. Avaliando diferentes níveis de lisina dietética Zhai et al., [46] observaram que os melhores resultados para avaliação de qualidade de

carne foram utilizando o nível de 1,20%, além de proporcionar menor perda de água por cozimento. Rosenvold et al., [47] e Guardia et al., [48] relataram que menores perdas de água podem ser influenciados por maiores valores de pH final e menores valores de L^* .

5. CONCLUSÕES E APLICAÇÕES

1. A L- Lisina Sulfato apresentou melhores resultados de bioeficácia utilizando dos métodos *slope-ratio* e regressão linear múltipla para ganho de peso e conversão alimentarem relação a L-Lisina HCl em ambas as fases estudadas.
2. Ao suplementar a dieta com ambas as fontes de lisina houve melhores resultados de desempenho dos frangos de corte em ambas as fases estudadas.
3. A fonte alternativa estudada pode ser utilizada em ambas as fases sem comprometer rendimento de carcaça e a qualidade da carne das aves.

6. REFERENCIAL TEÓRICO

1. Liao, S. F., Wang, T., &Regmi, N. 2015. Lysine nutrition in swine and the related monogastric animals: muscle protein biosynthesis and beyond. *Sprin. Plus*, 4: 147.

2. Carew, L., McMurtry J. and Alster, F. 2005. Effects of lysine deficiencies on plasma levels of thyroid hormones, insulin-like growth factors I and II, liver and body weights, and feed intake in growing chickens. *Poult. Sci.*, 84: 1045– 1050.

3. Eggeling L, Bott M (2015) A giant market and a powerful metabolism: L-lysine provided by *Corynebacterium glutamicum*. *Appl Microbiol Biotechnol* 99(8):3387–3394. doi:10.1007/s00253-015-6508-2

4. Kelle, R., Hermann, T., Bathe, B., 2005. L-Lysine Production. In: Eggeling, L., Bott, M. (Eds.), *Handbook of Corynebacterium glutamicum*. CRC Press, Boca Raton, pp.465–488.

5. <<http://sindiracoes.org.br/produtos-e-servicos/boletim-informativo-do-setor/>> acesso em: 30 jun.2017.

6. Anaya-Reza1, O and Lopez-Arenas, T. (2017) Comprehensive assessment of the L-lysine production process from fermentation of sugarcane molasses. *Bioprocess Biosyst Eng* 40:1033–1048.

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

8. Jackson, M. 2001. A closer look at lysine sources: L-lysine sulfate plus fermentation co-products. *Feed Int.* 22:18-20.

9. Castenmiller, J.J. and West, C.E. 1998 Bioavailability and bioconversion of carotenoids. *Annu Rev Nutr.*; 18:19-38.

10. Hackenhaar, L. 2006. Aminoácidos: Essencial na alimentação dos animais. *Feed&Food*. 1: 45-49.

11. Brasil. Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008. Regulamenta o inciso VII do § 1o do art. 225 da Constituição Federal, estabelecendo procedimentos para o uso científico de animais; revoga a Lei no 6.638, de 8 de maio de 1979; e da outras providências.

12. Rostagno, H.S., Albino, L.F.T., Donzele, J.L. et al. 2011. Tabelas Brasileiras para Aves e Suínos: Composição de Alimentos e Exigências Nutricionais. 3ª ed. UFV/DZO, 252p.

13. Sasse, C. E. and Baker, D. H. 1973. Availability of sulfur amino acids in corn and corn gluten meal for growing chicks. *J AnimSci*. 37: 1351–1355.

14. Sakomura, N.K. and Rostagno, H.S. 2017. Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos. Jaboticabal: Funep, 262p.

15. O pH foi medido 4 horas após o abate com um Digimed DM-20 Potenciômetro 257 usando um eletrodo de perfuração e um dispositivo de calibração de temperatura inserido na carne de mama muscular

16. Boccard, R., Buchter, L., Casteels, E., Cosentino, E., Dransfield, E., Hood, D. E., Joseph, R. L., Macdougall, D. B., Rhodes, D.N.; Schon, I.,

Tinbergen, B. J. and Touraille, C. 1981. Procedures for measuring meat quality characteristics in beef production experiments. *Livest. Prod. Sci.*, 8: 385-397.

17. A PPG usando duas amostras por parcela com aproximadamente 4 cm de diâmetro, da seção craniana do músculo peitoral foram coletadas e pesadas. Após a pesagem as amostras são envoltas em embalagens plásticas reticuladas e suspensas no interior de saco de polietileno estes foram inflados e fechados com barbante, de modo que o exsudado não permaneça em contato com a carne, mantidos por 48 horas sob refrigeração a 4 °C. Posteriormente a este período, as amostras foram pesadas novamente para ser calculada a perda de água por gotejamento.

18. Honikel, K.O. 1998. Reference methods for the assessment of physical characteristics of meat. *Meat Sci.* 49: 447- 457.

19. A cor foi medida com a utilização do aparelho colorímetro CM- 700d (Konica Minolta Sensing Inc., Osaka, Japão). Os peitos foram expostos ao ar durante por 30 min a 15°C para a reação da mioglobina com o oxigênio atmosférico e em seguida a cor foi avaliada pela determinação da luminosidade (**L***), do índice de vermelho (**a***) e do índice de amarelo (**b***), sendo feita três leituras na superfície ventral no meio do crânio.

20. Honikel, K.O. The water binding of meat. 1987. *Fleischwirtsch.* 67:1098-1102.

21. Para a determinação da perda de peso por cocção (PPC), foi utilizado o músculo peitoral esquerdo da ave, o qual foi embalado em papel laminado, assadas, até que a temperatura interna atingisse 40°C. Na sequência, as amostras foram viradas e mantidas no forno até alcançarem a temperatura interna de 71°C. Depois de uma hora, a amostra de peito foi pesada. A diferença de peso entre peso do peito in natura e peso uma hora após o cozimento correspondeu à perda de peso por cozimento.

22. Statistical analysis system-SAS. SAS user's guide. Cary: SAS Institute, 2002.1686p.

23. Neme, R., Albino, L.F.T., Rostagno, H.S., Rodrigueiro, R.J.B. and Toledo, R.S. 2001b. Bioavailability determination of lysine sulfate and lysine HCl with broiler chickens. *Rev. Bras. Zootec.* 30:1750–1759.

24. Wang, Z.R., You, J.M., Qiao, S.Y., Wang, X. and Wang, D.H. 2008. Estimation of bioavailability of L-lysine H₂SO₄ to L-lysine HCl in broiler chickens with slope-ratio model. *Chin. J. Anim. Nutr.* 20:52–57.

25. Gous, R.M. and Morris, T.R. 1985. Evaluation of a diet dilution technique for measuring the response of broiler chickens to increasing concentrations of lysine. *Brit. Poult. Sci.* 26:147-161.

26. Dilger, R. N., Martinez A. C., Pillai P. B., Emmert J. L., Parsons C. M., and Baker D. H. 2006. Effect of reciprocating dietary lysine fluctuations on chick growth and carcass yield. *Poult. Sci.* 85:1226–1231.

27. Smiricky-Tjardes, M. R., Mavromichalis, D. M., Albin, J. E., Wubben, M. Rademacher and V. M. Gabert. 2004. Bioefficacy of L-lysine sulfate compared with feed-grade L-lysine-HCl in young pigs. *J. Anim. Sci.* 82:2610-2614.
28. Emmert, J. L., M. W. Douglas, S. D. Boling, C. M. Parsons, and D. H. Baker. 1999. Bioavailability of lysine from a liquid lysine source in chicks. *Poult. Sci.* 78:383–386.
29. Ahmad, G., Mushtaq, T., Aslam, M. M. and Ahmed, Z. 2007. Comparative bioefficacy of lysine from L-lysine hydrochloride or L-lysine sulfate in basal diets containing graded levels of canola meal for female broiler chickens. *Poult. Sci.* 86:525–530.
30. Bahadur, V., Haldar, S. and Ghosh, T. K. 2010. Assessment of the Efficacy of L-Lysine Sulfate vis-à-vis L-Lysine Hydrochloride as Sources of Supplemental Lysine in Broiler Chickens. *Veter. Med. Intern.* 2010:1–9.
31. Guernec A, Berri C, Chevalier B, Wacrenier-Cere N, Le Bihan-Duval E and Duclos MJ. 2003. Muscle development, insulin-like growth factor-I and myostatin mRNA levels in chickens selected for increased breast muscle yield. *Growth Horm.* 13:8-18.
32. Felicio, A.M., Gaya, L.G., Ferraz, J.B.S., Moncau, C.T., Mattos, E.C., Santos, N.P., Michelan, F. T., Balieiro, J.C.C. and Eler, J.P. 2013. Heritability and genetic muscle fiber traits in broiler. *Livest. Sci.* 157:81–87.

33. Koomkron, N., Threerawatanasirikul, S., Boonkaewwan, C., Jaturasitha, S., Zhang, L. and Barbut, S. 2005. Rheological characteristics of fresh and frozen PSE, normal and DFD chicken breast meat, *Brit. Poul. Sci.* 46:687-693.
34. Berri, C., Wacrenier, N., Millet, N. and Le Bihan-Duval, E. 2001. Effect of selection for improved body composition on muscle and meat characteristics of broilers from experimental and commercial lines. *Poult. Sci.* 80:833–838.
35. Berri, C., Le Bihan-Duval, E., Debut, M., Santé-Lhoutellier, V., Baéza, E., Gigaud, V., Jégo, Y. and Duclos, M.J. 2007. Consequence of muscle hypertrophy on characteristics of Pectoralis major muscle and breast meat quality of broiler chickens. *J. Anim. Sci.* 8: 2005-2011.
36. Le Bihan-Duval, E., Debut, M., Berri, C., Sellier, N., Santé-Lhoutellier, V., Jégo, Y. and Beaumont, C. 2008. Chicken meat quality: genetic variability and relationship with growth and muscle characteristics. *BMC Genetics.* 9: 53.
37. Corzo, A., Moran, E.T. JNR & Hoehler, D. 2002. Lysine need of heavy broiler males applying the ideal protein concept. *Poult. Sci.* 81: 1863–1868.
38. Swatland HJ 2008. How pH causes paleness or darkness in chicken breast meat. *Meat Sci.* 8: 396–400.
39. Zhang, L., and S. Barbut. 2005. Rheological characteristics of fresh and frozen PSE, normal and DFD chicken breast meat. *Br. Poult. Sci.* 46:687–693.

40. Tang, M. Y., Q. G. Ma, X. D. Chen and C. Ji. 2007. Effects of dietary metabolizable energy and lysine on carcass characteristics and meat quality in arbor acres broilers. *Asian- Aust. J. Anim. Sci.* 20:1865-1873.

41. Qiao, M., Fletcher, D.L., Smith, D.P. and Northcutt, J.K. 2001. The effect of broiler breast meat color on pH, moisture, water-holding capacity, and emulsification capacity. *Poult. Sci.* 80: 676–680.

42. Wiegand, C. &Waloszek, G. 2003. Color glossary A—C. http://www.sapdesignguild.org/resources/glossary_color/index1.html#norm_cs.

43. Wood, J. D. 1993. Consequences of changes in carcass composition on meat quality. In *Recent Development in Pig Nutrition*. Nottingham University Press, Nottingham, UK, pp. 20-29.

44. Woelfel, R. L., Owens, C. M. ,Hirschler, E. M., Martinez-Dawson, R. and Sams A. R. 2002. The characterization and incidence of pale, soft, and exudative broiler meat in a commercial processing plant. *Poult. Sci.* 81:579–584.

45. Petracchi, M., M. Betti, M. Bianchi, and C. Cavani. 2004. Color variation and characterization of broiler breast meat during processing in Italy. *Poult. Sci.* 83: 2086 –2092.

46. Zhai, W., Peebles, E. D., Schilling, M. W. and Mercier, Y. 2016. Effects of dietary lysine and methionine supplementation on Ross 708 male broilers from 21 to 42 d of age (I): growth performance, meat yield, and cost effectiveness, *J. Appl. Poult. Res.* 25: 197–211.

47. Rosenvold, K., B. Essén-Gustavsson and H. J. Andersen. 2003. Dietary manipulation of pro- and macroglycogen in porcine skeletal muscle. *J. Anim. Sci.* 81:130-134.

48. Guardia, S., M. Lessire, A. Corniaux, S. Metayer- Coustard, F. Mercierand, S. Tesseraud, I. Bouvarel, and C. Berri. 2014. Short-term nutritional strategies before slaughter are effective in modulating the final pH and color of broiler breast meat. *Poult. Sci.* 93:1764–1773.

Tabela 1. Ingredientes e composição das dietas controle para frangos de corte em diferentes estágios

Ingredientes	Inicial (%)	Final (%)
Milho	64,569	70,727
Farelo de Soja	30,389	21,895
Óleo Vegetal	0,931	3,127
Fosfato Bicálcico	1,037	0,944
Calcário	0,922	0,917
Sal	0,456	0,457
Caulim	0,800	0,800
L-Lisina HCL, 79%	-	-
L-Lisina SO ₄ , 70%	-	-
DL-Metionina, 99%	0,362	0,346
L-Treonina, 98%	0,209	0,230
L-Triptofano, 98%	-	0,033
L-Valina, 98%	-	0,200
Vitamínico premix ¹	0,100	0,100
Mineral premix ²	0,100	0,100
Fitase, 10.000 FTU/g	0,010	0,007

Bacitracina, 10%	0,030	0,025
Salinomicina, 12%	0,050	0,050
Cloreto Colina, 60%	0,040	0,040
Total	100	100
EM (kcal/kg)	2950	3160
Proteína bruta (%)	19,500	15,589
Extrato Etéreo %	4,422	6,601
Lisina total%	1,046	0,809
Lisina dig. (%)	0,900	0,850
Met.+Cist. Total (%)	0,974	0,865
Met.+Cist. dig. (%)	0,900	0,580
Valina dig. (%)	-	0,850
Treonina dig. (%)	0,814	0,720
Cálcio (%)	0,800	0,700
Fósforo disp. (%)	0,4500	0,400
Sódio (%)	0,200	0,200

¹Níveis por kg de ração: Vit. A - 8250 UI; Vit. D3 - 2090 UI; Vit E - 31 UI; Vit B1 - 2,20 mg; Vit B2 - 5,50 mg; Vit B6 - 3,08 mg; Vit B12 - 0,013 mg; Ácido nicotínico- 33,0 mg; Ác. Pantotênico - 11,0 mg; Vit. K3 - 1,65 mg; Ác. Fólico - 0,770 mg; Biotina - 0,077 mg; Colina Cl (60%) - 1,0 g

²Níveis por kg de ração: Selênio - 0,330 mg; Manganês - 77 mg; Ferro - 55 mg; Zinco - 71,5 mg; Cobre - 11 mg; Iodo - 1,10 mg.

Tabela 2. Bioeficácia da lisina para a fase inicial utilizando a técnica de *slope-ratio*.

Fontes	Ganho de Peso (GP)		
	Equações	r ²	Bioeficácia%
L-Lisina HCl	$y = 65,07x + 776,4$	0,98	100
L-Lisina Sulfato	$y = 69,901x + 776,66$	0,99	107,4
Conversão Alimentar (CA)			

Fontes	Equações	r ²	Bioeficácia%
L-Lisina HCl	$y = -0,0957x + 1,48$	0,98	100
L-Lisina Sulfato	$y = -0,114x + 1,48$	0,98	119,1
Médias			
Fontes	((GP+CA)/2) %		
L-Lisina HCl	100		
L-Lisina Sulfato	113,25		

Tabela 3. Bioeficácia da lisina para a fase inicial utilizando a técnica de regressão linear múltipla.

$Y = a + b_1x_1 + b_2x_2$				
Diets	Ganho de peso, 21d			
	b	SE	Disponibilidade	r ²
Controle	777,31346	3,18509	-	
HCl-Lysine	64,20985	3,40497	100,00%	84%
L-Lysine sulfate	69,2866	3,40497	107,91%	
Conversão Alimentar 21d				
Diets	b	SE	Disponibilidade	r ²
Controle	1,48259	0,00941	-	
HCl-Lysine	-0,09806	0,01006	100,00%	62%
L-Lysine sulfate	-0,11614	0,01006	118,44%	

Tabela 4. Bioeficácia da lisina para a fase final utilizando a técnica de *slope-ratio*.

Ganho de Peso (GP)			
	Equações	r ²	Bioeficácia%
Fontes			
L-Lisina HCl	$y = 151,84x + 1830,3$	0,98	100
L-Lisina Sulfato	$y = 177,52x + 1827,1$	0,98	117
Conversão Alimentar (CA)			
	Equações	r ²	Bioeficácia%
Fontes			
L-Lisina HCl	$y = -0,1533x + 2,0368$	0,95	100
L-Lisina Sulfato	$y = -0,1607x + 2,0368$	0,96	105
Médias			
Fontes	((GP+CA)/2) %		
L-Lisina HCl	100		
L-Lisina Sulfato	111,43		

Tabela 5. Bioeficácia da lisina para a fase final utilizando a técnica de regressão linear múltipla.

Y = a + b ₁ x ₁ + b ₂ x ₂				
Diets	Ganho de Peso, 42d			
	b	SE	Disponibilidade	r ²
Controle	1825,8917	19,43708	.	
HCl-Lysine	156,02995	20,77894	100,00%	52%
L-Lysine sulfat	178,65525	20,77894	114,50%	
Conversão Alimentar, 42d				
	b	SE	Disponibilidade	r ²
Controle	2,0427	0,01528	.	
HCl-Lysine	-0,1588	0,01633	100,00%	62%
L-Lysine sulfat	-0,16637	0,01633	104,77%	

Tabela 6. Efeito das fontes e níveis de lisina sobre o desempenho e características de frangos de corte na fase inicial.

	Fontes	Níveis					Efeito ¹	r ²
		0,9	1,0	1,1	1,2	1,3		
Consumo de Ração (g/dia)	Controle	1145,88	1145,88					
	L- Lisina HCl	1165,75	1169,88	1174,13	1161,88	1157,13	NS	
	L-Lisina SO ₄	1157,63	1166,25	1165,38	1155,38	1143,50		
	Níveis	1145,86	1168,06	1169,75	1158,63	1150,31	**	$y=-527,23x^2+1159,35x+531,74$
	CV(%)	1,98						
	Média	1159,93						0,88
Ganho de Peso (g/dia)	Controle	775,63b	775,63					
	L- Lisina HCl	844,56a	833,63	845,88	848,25	850,50	NS	
	L-Lisina SO ₄	849,91a	840,75	849,50	851,63	857,75		
	Níveis	775,63	837,19	847,69	849,94	854,13	**	$y=-878,57x^2+2102,61x-399,31$
	CV(%)	1,12						
	Média	839,28						0,93
Conversão Alimentar (g/g)	Controle	1,48b	1,48					
	L- Lisina HCl	1,38a	1,40	1,39	1,37	1,36	NS	
	L-Lisina SO ₄	1,36a	1,39	1,37	1,36	1,33		
	Níveis	1,48	1,40	1,38	1,36	1,35	**	$y=0,929x^2-2,339x+2,821$
	CV(%)	2,06						
	Média	1,38						0,95
Rendimento de Peito (%)	Controle	20,77b	20,77					
	L- Lisina HCl	22,81a	22,55	22,87	23,19	22,64		
	L-Lisina SO ₄	23,12a	23,10	22,55	23,06	23,73		
	Níveis	20,77	22,83	22,71	23,13	23,20	**	$y=-24,58x^2+59,22-12,39$
	CV(%)	4,11						
	Média	22,72						0,87

*Means followed by the same letter in the column do not differ from each other according to an SNK test at the 5% significance level.
Effect: **Quadratic; NS: Not significant

Tabela 7. Efeito das fontes e níveis de lisina sobre o desempenho e características de frangos de corte na fase final.

	Fontes	Níveis					Efeito ¹	r ²		
		0,85	0,95	1,05	1,15	1,25				
Consumo de Ração (g/dia)	Controle	3717,25	3717,25							
	L- Lisina HCl	3733,16		3743,13	3783,00	3708,75	3697,75	NS		
	L-Lisina SO ₄	3759,59		3773,63	3749,25	3768,25	3747,25			
	Níveis		3717,25	3758,38	3766,13	3738,50	3722,50	NS		
	CV(%)	2,27								
	Média	3743,14								
Ganho de Peso (g/dia)	Controle	1831,75b	1831,75							
	L- Lisina HCl	1988,59a		1951,25	1990,75	2002,50	2009,88	NS		
	L-Lisina SO ₄	2011,41a		1968,88	1998,50	2025,63	2052,63			
	Níveis		1831,75	1960,06	1994,63	2014,06	2031,25	**	$y=-1695,54x^2+4183,18x-549,64$	0,96
	CV(%)	3,00								
	Média	1981,31								
Conversão Alimentar (g/g)	Controle	2,03b	2,03							
	L- Lisina HCl	1,88a		1,92	1,90	1,85	1,84	NS		
	L-Lisina SO ₄	1,87a		1,92	1,88	1,86	1,83			
	Níveis		2,03	1,92	1,89	1,86	1,83	**	$y=1,24x^2-3,18x+3,88$	0,97
	CV(%)	2,36								
	Média	1,89								

Rendimento de Peito (%)	Controle	35,79b	35,79						
	L- Lisina HCl	38,35a		37,84	39,28	38,12	38,18		
	L-Lisina SO ₄	38,05a		37,05	38,23	38,24	38,67		
	Níveis		35,79	37,44	38,76	38,18	38,42	**	$y=-33,66x^2+80,05-08,94$
	CV(%)	6,00							0.92
	Média	37,93							
Rendimento Carcaça	Controle	77,06	77,06						
	L- Lisina HCl	77,51		76,91	77,83	77,80	77,49	NS	
	L-Lisina SO ₄	77,86		78,44	77,78	77,57	77,64		
	Níveis		77,06	77,68	77,80	77,68	77,56	NS	
	CV(%)	2,00							
	Média	77,61							

* Os meios seguidos pela mesma letra na coluna não diferem uns dos outros de acordo com um teste SNK no nível de significância de 5%.

¹Efeito: **Quadrático; NS: Não significativo

Tabela 8. Efeito das fontes e níveis de lisina sobre a qualidade de carne de frangos de corte na fase inicial.

	Fontes	Níveis					Efeito ¹	r ²	
		0,90	1,00	1,10	1,20	1,30			
pH	Controle	6,21b	6,21						
	L- Lisina HCl	6,33a		6,25	6,44	6,42	6,44	NS	
	L-Lisina SO ₄	6,39a		6,28	6,26	6,36	6,42		
	Níveis		6,21	6,26	6,35	6,39	6,43	**	$y=-0,48x^2+1,63x+5,13$
	CV(%)	1,04							
	Média	6,34							
L*	Controle	66,54b	66,54						
	L- Lisina HCl	60,43a		64,22	60,48	58,75	58,27	NS	
	L-Lisina SO ₄	59,55a		61,36	59,54	57,71	59,58		
	Níveis		66,54	62,79	60,01	58,23	58,92	**	$y=70,57x^2-175,05x+167,05$
	CV(%)	2,10							
	Média	6,72							
a*	Controle	7,80b	7,80						
	L- Lisina HCl	6,54a		7,20	6,74	6,12	6,11	NS	
	L-Lisina SO ₄	6,41a		6,80	6,78	6,02	6,06		
	Níveis		7,80	7,00	6,76	6,07	6,08	**	$y=8,51x^2-23,09x+21,68$
	CV(%)	10,34							
	Média	6,62							
b*	Controle	13,39b	13,39						
	L- Lisina HCl	11,98a		13,34	12,08	11,27	11,24		
	L-Lisina SO ₄	11,64a		11,76	11,73	11,06	12,04		
	Níveis		13,39	12,55	11,90	11,17	11,64	**	$y=18,10x^2-44,69x+39,03$
	CV(%)	5,28							

	Média	11,99								
Perda Peso por Gotejamento	Controle	5,70b	5,70							
	L- Lisina HCl	5,38a		5,14	5,34	5,35	5,68	NS		
	L-Lisina SO ₄	5,98c		5,92	5,78	6,11	6,10			
	Níveis		5,70	5,53	5,56	5,73	5,89	**	$y=5,71x^2-11,97x+11,83$	0,94
	CV(%)	3,41								
	Média	5,68								
Perda Peso por Cozimento	Controle	23,30a	23,30							
	L- Lisina HCl	24,21b		23,97	2,74	23,29	24,83	NS		
	L-Lisina SO ₄	23,16a		23,34	22,86	23,71	22,72			
	Níveis		23,30	23,66	23,80	23,50	23,77	NS		
	CV(%)	3,13								
	Média	23,64								

* Os meios seguidos pela mesma letra na coluna não diferem uns dos outros de acordo com um teste SNK no nível de significância de 5%.

¹Efeito: **Quadrático; NS: Não significativo

	CV(%)	15,50						
	Média	10,62						
Perda Peso por Gotejamento	Controle	5,25	5,25					
	L- Lisina HCl	5,26		5,40	5,18	5,20	5,28	NS
	L-Lisina SO ₄	5,12		5,22	5,01	5,10	5,14	
	Níveis		5,25	5,31	5,10	5,15	5,21	NS
	CV(%)	5,22						
	Média	5,20						
Perda Peso por Cozimento	Controle	28,07	28,07					
	L- Lisina HCl	25,93		29,41	24,68	24,92	24,71	NS
	L-Lisina SO ₄	26,21		27,02	27,34	24,89	25,58	
	Níveis		28,07	28,21	26,01	24,90	25,14	NS
	CV(%)	12,46						
	Média	26,90						

* Os meios seguidos pela mesma letra na coluna não diferem uns dos outros de acordo com um teste SNK no nível de significância de 5%.

¹Efeito: **Quadrático; ***Cúbico; NS: Não significativo