



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ

GEOVANI COSTA SENGER

DIGESTIBILIDADE VERDADEIRA DE AMINOÁCIDOS EM FRANGOS DE CORTE
ALIMENTADOS COM DIFERENTES FARELOS DE SOJA E FORMAS FÍSICAS

CURITIBA

2024

GEOVANI COSTA SENGER

DIGESTIBILIDADE VERDADEIRA DE AMINOÁCIDOS EM FRANGOS DE CORTE
ALIMENTADOS COM DIFERENTES FARELOS DE SOJA E FORMAS FÍSICAS

Dissertação apresentada ao curso de Pós- Graduação em Zootecnia, Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

Orientador: Prof. Dr. Alex Maiorka

CURITIBA

2024

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO (CIP)
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
SISTEMA DE BIBLIOTECAS – BIBLIOTECA DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS

Senger, Geovani Costa

Digestibilidade verdadeira de aminoácidos em frangos de corte alimentados com diferentes farelos de soja e formas físicas / Geovani Costa Senger. – Curitiba, 2024.

1 recurso online: PDF.

Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia.

Orientador: Prof. Dr. Alex Maiorka

1. Nutrição Animal. 2. Frango de corte. 3. Digestibilidade. 4. Soja. I. Maiorka, Alex. II. Universidade Federal do Paraná. Programa de Pós-Graduação em Zootecnia. III. Título.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SETOR DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO ZOOTECNIA -
40001016082P0

TERMO DE APROVAÇÃO

Os membros da Banca Examinadora designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação ZOOTECNIA da Universidade Federal do Paraná foram convocados para realizar a arguição da Dissertação de Mestrado de **GEOVANI COSTA SENGER** intitulada: **Digestibilidade verdadeira de aminoácidos em frangos de corte alimentados com diferentes farelos de soja e formas físicas**, sob orientação do Prof. Dr. ALEX MAIORKA, que após terem inquirido o aluno e realizada a avaliação do trabalho, são de parecer pela sua APROVAÇÃO no rito de defesa.

A outorga do título de mestre está sujeita à homologação pelo colegiado, ao atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca e ao pleno atendimento das demandas regimentais do Programa de Pós-Graduação.

CURITIBA, 25 de Março de 2024.

Assinatura Eletrônica

10/04/2024 15:58:43.0

ALEX MAIORKA

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

11/04/2024 12:41:47.0

FABIANO DAHLKE

Avaliador Externo (INSTITUTO POLITÉCNICO DE SANTARÉM)

Assinatura Eletrônica

10/04/2024 15:42:04.0

MARCOS MARTINEZ DO VALE

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Rua dos Funcionários, 1540 - CURITIBA - Paraná - Brasil
CEP 80035-050 - Tel: (41) 3350-5861 - E-mail: ppgz@ufpr.br

Documento assinado eletronicamente de acordo com o disposto na legislação federal Decreto 8539 de 08 de outubro de 2015.

Gerado e autenticado pelo SIGA-UFPR, com a seguinte identificação única: 356129

Para autenticar este documento/assinatura, acesse <https://siga.ufpr.br/siga/visitante/autenticacaoassinaturas.jsp> e insira o código 356129



ATA Nº082024

ATA DE SESSÃO PÚBLICA DE DEFESA DE MESTRADO PARA A OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE EM ZOOTECNIA

No dia vinte e cinco de março de dois mil e vinte e quatro às 14:00 horas, na sala Anfiteatro do Prédio de Administração do SCA, Setor de Ciências Agrárias da UFPR, foram instaladas as atividades pertinentes ao rito de defesa de dissertação do mestrando **GEOVANI COSTA SENGER**, intitulada: **Digestibilidade verdadeira de aminoácidos em frangos de corte alimentados com diferentes farelos de soja e formas físicas**, sob orientação do Prof. Dr. ALEX MAIORKA. A Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-Graduação ZOOTECNIA da Universidade Federal do Paraná, foi constituída pelos seguintes Membros: ALEX MAIORKA (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ), FABIANO DAHLKE (INSTITUTO POLITÉCNICO DE SANTARÉM), MARCOS MARTINEZ DO VALE (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ). A presidência iniciou os ritos definidos pelo Colegiado do Programa e, após exarados os pareceres dos membros do comitê examinador e da respectiva contra argumentação, ocorreu a leitura do parecer final da banca examinadora, que decidiu pela APROVAÇÃO. Este resultado deverá ser homologado pelo Colegiado do programa, mediante o atendimento de todas as indicações e correções solicitadas pela banca dentro dos prazos regimentais definidos pelo programa. A outorga de título de mestre está condicionada ao atendimento de todos os requisitos e prazos determinados no regimento do Programa de Pós-Graduação. Nada mais havendo a tratar a presidência deu por encerrada a sessão, da qual eu, ALEX MAIORKA, lavrei a presente ata, que vai assinada por mim e pelos demais membros da Comissão Examinadora.

CURITIBA, 25 de Março de 2024.

Assinatura Eletrônica

10/04/2024 15:58:43.0

ALEX MAIORKA

Presidente da Banca Examinadora

Assinatura Eletrônica

11/04/2024 12:41:47.0

FABIANO DAHLKE

Avaliador Externo (INSTITUTO POLITÉCNICO DE SANTARÉM)

Assinatura Eletrônica

10/04/2024 15:42:04.0

MARCOS MARTINEZ DO VALE

Avaliador Interno (UNIVERSIDADE FEDERAL DO PARANÁ)

Dedico este trabalho a meus pais que sempre me apoiaram durante os estudos, aos meus amigos que me ajudaram durante o decorrer deste trabalho e a todos que contribuíram de forma direta ou indireta para realização deste trabalho.

AGRADECIMENTO

Agradeço aos meus pais, Luiz e Ana que são a minha base e durante toda minha vida me apoiaram e me deram o suporte necessário para poder ir atrás dos meus objetivos.

A Deus, por conduzir minha jornada com saúde e por um caminho de fé.

A toda minha família, por me apoiar em todos meus projetos de vida.

Ao meu Orientador Alex Maiorka pelos conselhos e ensinamentos desde a graduação até a pós-graduação.

As professoras Simone, Ananda, Chayane e aos membros do LNA pelo apoio e aprendizados.

A equipe do LEPNAN pela ajuda, que nunca pouparam esforços para a realização dos projetos desenvolvidos pelo Laboratório.

Aos meus amigos Vivian, Filipe, Isabella, Marley, Guilherme, Ana, Alana, Suzete e Letícia pelas contribuições e apoio em toda a caminhada do mestrado.

Aos meus amigos da graduação Janaina, Ana, Renata, Bruna, Alessandra, Jéssica, Rosiane, Maurílio, João, Juliana, Karise e Italo, por me apoiar e ajudar em todos os momentos e dificuldades.

Ao Ismael, funcionário da fazenda Canguiri, ao Aldo, funcionário do LNA.

Agradeço também a todos que de alguma forma contribuíram para realização deste estudo.

A CAPES pela bolsa concedida que auxiliou na realização do projeto.

“É melhor terem companhia do que estarem sozinhos. Se um cair, o amigo pode ajudá-lo a levantar-se. Mas pobre do homem que cai e não tem quem o ajude a levantar-se!”

Eclesiastes 4:9-10 (NVI).

RESUMO

A metodologia para avaliação das perdas endógenas de aminoácidos é importante para o avanço do conhecimento na área da nutrição de frangos de corte e otimização da utilização de nutrientes. O objetivo do estudo foi investigar se a forma física da dieta isenta de proteína (DIP) tem influência nas perdas endógenas de aminoácido em frangos de corte alimentados com dietas a base de milho e farelo de soja de alta e baixa solubilidade proteica em KOH. Foram utilizados 360 frangos de corte da linhagem Ross 308 de 21 a 26 dias de idade, distribuídos em 4 tratamentos seguindo um arranjo fatorial 2x2 (2 formas físicas de DIP, farelada e peletizada sem processamento térmico (PSPT); 2 solubilidades de farelo de soja, alta e baixa) com 9 repetições de 10 aves cada. Avaliou-se consumo das dietas, variação do peso corporal (VPC), perdas endógenas ileal de aminoácidos (AAI) aos 26 dias e coeficientes de digestibilidade verdadeira (CDV) de aminoácidos essenciais e não essenciais. O consumo de DIP não foi influenciado pela forma física da dieta ($P>0.05$), bem como a VCP no período. As aves alimentadas com DIP farelada apresentaram AAI ligeiramente mais alta do que as aves alimentadas com DIP PSPT. Os CDV de lisina foram influenciados pela solubilidade do farelo de soja ($P=0.009$), mas não pela forma física da DIP ($P=0.402$). O CDV da cisteína e da serina foram superiores para as aves alimentadas com farelo de soja de baixa solubilidade ($P<0.05$). Não houve interação entre a forma física da dieta e o tipo de farelo de soja no CDV de aminoácidos. Dessa maneira, a forma física da DIP não influenciou a digestibilidade de aminoácidos para frangos de corte aos 26 dias e as aves alimentadas com DIP PSPT apresentaram menor concentração de aminoácidos na digesta ileal.

Palavras-chave: aminoácidos; digestibilidade; processamento; solubilidade.

ABSTRACT

The methodology for evaluating endogenous amino acid losses is important for advancing knowledge in the area of broiler nutrition and optimizing the use of nutrients. This study aimed to investigate whether the physical form of the nitrogen-free diet (NFD) influences endogenous amino acid losses in broilers-fed diets based on corn and soybean meal with different protein solubilities in KOH. A total of 360 Ross 308 broilers from 21 to 26 day-old were used, distributed in 4 treatments following a 2x2 factorial arrangement (2 physical forms of NFD, mash and pelletized without thermal processing; 2 soybean meal solubilities, high and low protein solubility in KOH) with 9 replicates of 10 birds each. NFD consumption, body weight variation (BWV), ileal endogenous amino acids (IAA) at 26 days, and true ileal digestibility (TID) of essential and non-essential amino acids were evaluated. NFD consumption was not influenced by the physical form of the diet ($P>0.05$), nor VCP during the period. Birds fed mash-type NFD had slightly higher IAA than birds fed pelletized without thermal processing NFD type. The TID of lysine was influenced by soybean meal solubility ($P=0.009$), but not by the physical form of the NFD ($P=0.402$). The TID of cysteine and serine were greater for birds fed low-solubility soybean meal ($P<0.05$). There was no interaction between the physical form of the NFD and the type of soybean meal on the TID of amino acids. Thus, the physical form of the NFD did not influence the ileal digestibility of amino acids for broilers at 26 days and the birds fed pelletized without thermal processing NFD type showed lower concentration of amino acids in the ileal digesta.

Keywords: amino acids; digestibility; processing; solubility.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

QUADRO 1 - Mecanismos desencadeadores do estímulo de apreensão e fome relacionados com o sistema sensorial.....	17
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – INGREDIENTES E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA DIETA INICIAL (1 A 21 DIAS DE IDADE) FORNECIDAS PARA FRANGOS DE CORTE...	32
Tabela 2 – INGREDIENTES E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA DIETA ISENTA DE PROTEÍNA (DIP) FORNECIDA DE 21 A 26 DIAS DE IDADE PARA FRANGOS DE CORTE	33
Tabela 3 – MÉDIAS E DESVIOS PADRÃO DO CONSUMO DE RAÇÃO, PESO MÉDIO INICIAL (21 DIAS), PESO MÉDIO FINAL (26 DIAS) E ESTIMATIVA DE PERDA DE PESO DE FRANGOS DE CORTE ALIMENTADOS COM DIETA ISENTA DE PROTEÍNA COM DIFERENTES FORMAS FÍSICAS.....	36
Tabela 4 – MÉDIAS DE PERDAS ENDÓGENAS DE AMINOÁCIDOS (g/kg de MS) ESSENCIAIS E NÃO ESSENCIAIS NO CONTEÚDO ILEAL DE FRANGOS DE CORTE AOS 26 DIAS DE IDADE ALIMENTADOS COM DIETA ISENTA DE PROTEÍNA (DIP) EM DIFERENTES FORMAS FÍSICAS	37
Tabela 5 – COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDADE VERDADEIRA (%) DE AMINOÁCIDOS ESSENCIAIS E NÃO ESSENCIAIS DE FRANGOS DE CORTE AOS 26 DIAS DE IDADE ALIMENTADOS COM DIETA ISENTA DE PROTEÍNA (DIP) EM DIFERENTES FORMAS FÍSICAS.	40

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E UNIDADES

AAd - % aminoácido da dieta

AAdig - % aminoácido da digesta ileal

AAend - % aminoácido endógeno

AAI - Aminoácidos ileais

AEE - Aminoácidos essenciais

ANE - Aminoácidos não essenciais

CDIvAA - Coeficiente de digestibilidade ileal verdadeira do aminoácido

CDV - Coeficientes de digestibilidade verdadeira

CDV - Coeficientes de digestibilidade verdadeira

CEUA - Comitê de Ética no Uso de Animais

CHE - Caseína hidrolisada enzimaticamente

CIA - Cinza insolúvel em ácido

CIAd - Concentração de cinza insolúvel em ácido da dieta

CIAdip - Concentração de cinza insolúvel em ácido da dieta isenta de proteína

CIAile - Concentração de cinza insolúvel em ácido da digesta ileal

DIP - Dieta isenta de proteína

DP - Desvio padrão

EPM - Erro padrão da média

FI1 - Fator de indigestibilidade da dieta

FI2 - Fator de indigestibilidade da dieta isenta de proteína

g - Gramas

HPLC - Cromatografia líquida de alta performance

kcal - Quilocalorias

kg - Quilogramas

MS - Matéria seca

PSPT - Peletizada sem processamento térmico

SNC - Sistema nervoso central

TGI - Trato gastrointestinal

VPC - Variação do peso corporal

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	13
2. CAPÍTULO 1 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	15
2.1. CONSUMO NAS AVES	15
2.1.1. FATORES INTRÍNSECOS	15
2.1.2. FATORES EXTRÍNSECOS	17
2.2. DIGESTIBILIDADE E DISPONIBILIDADE DE AMINOÁCIDOS	19
2.3. METODOLOGIA PARA AVALIAR A DIGESTIBILIDADE DE AMINOÁCIDOS	19
2.4. PERDAS ENDÓGENAS	20
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS	21
REFERÊNCIAS	22
4. CAPÍTULO 2 – FORMA FÍSICA DA DIETA AFETA A DIGESTIBILIDADE VERDADEIRA DE AMINOÁCIDOS EM FRANGOS DE CORTE?	27
5. INTRODUÇÃO	29
6. MATERIAL E MÉTODOS	30
6.1. ANIMAIS E LOCAL DO EXPERIMENTO	30
6.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	30
6.3. DIETAS EXPERIMENTAIS	31
6.4. PESAGEM DOS ANIMAIS	33
6.5. COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDADE ILEAL VERDADEIRA	33
6.6. ANÁLISE ESTATÍSTICA	35
7. RESULTADOS	36
8. DISCUSSÃO	42
9. CONCLUSÕES	45

10. IMPLICAÇÕES46

REFERÊNCIAS48

1. INTRODUÇÃO GERAL

Diversas metodologias têm sido desenvolvidas nas últimas décadas para mensurar as perdas de aminoácidos endógenos em frangos de corte. Entre essas abordagens, destacam-se o uso de dieta isenta de proteína (DIP) (Green et al., 1987), o método de jejum (Adedokun et al., 2007a), a utilização de dieta de proteína altamente digestível, a adoção de dieta com proteína hidrolisada por enzima (Yin et al., 2004), a aplicação do método de regressão (Eklund et al., 2015), o emprego de dieta de homoarginina (Nyachoti et al., 1997b) e a técnica de marcação de isótopos de ^{15}N (Hess et al., 1998). Neste sentido, Adeola et al. (2016) analisaram as perdas endógenas em frangos de corte, destacando o fornecimento de dietas isentas de proteína como uma estratégia mais precisa. Essa abordagem baseia-se na premissa de que os aminoácidos excretados pelos animais provêm exclusivamente de suas perdas endógenas. Entretanto, a implementação desse método requer que os animais se alimentem, por um período, de uma dieta completamente desprovida de proteína, o que pode resultar em distúrbios fisiológicos e sérios problemas de saúde. Uma possível resposta da ave a essa deficiência de proteína é a redução e até interrupção do consumo da dieta.

Uma alternativa para melhorar o consumo é a modificação da forma física da ração. As aves, naturalmente, têm preferência por partículas de maior tamanho, o que provavelmente estimula o consumo (Condé et al., 2014). Essa estratégia pode representar uma solução viável para atenuar os desafios associados à oferta de dietas isentas de proteína para aves de corte em pesquisas científicas.

Desde as fases iniciais, as aves demonstram a capacidade de selecionar partículas de ração de diversos tamanhos. O formato e a estrutura do bico desempenham papel determinante na escolha do tamanho e do tipo de alimento a ser ingerido, conferindo, portanto, relevância significativa à granulometria das partículas para a regulação do consumo. Pesquisas indicam que peletes de alta qualidade influenciam positivamente no peso de carcaça, comprovado por estudos como o de Lilly et al. (2011), que demonstrou um aumento de 25% no crescimento dos frangos e no consumo médio de ração em comparação com dietas de baixa qualidade e fareladas, notadamente ricas em proteínas (McKinney & Teeter, 2004).

De maneira geral, as dietas fareladas apresentam maior consumo de ração com ganho de peso semelhante aos peletes de baixa qualidade, sugerindo, nesse contexto, uma melhor digestibilidade. Este fenômeno destaca a complexidade das interações entre a forma física da ração e as respostas fisiológicas das aves, ressaltando a necessidade de um entendimento aprofundado para otimizar a eficiência alimentar e o desempenho nas operações de produção avícola.

Nesse contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar duas formas físicas de uma dieta isenta de proteína (farelada e peletizada sem processamento térmico). O estudo propôs analisar a possível influência da forma física nas perdas endógenas de aminoácidos essenciais e não essenciais de frangos de corte em fase de crescimento. Como objetivo principal foi de verificar se a forma física da dieta poderia impactar a digestibilidade verdadeira dos aminoácidos.

2. CAPÍTULO 1 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. CONSUMO NAS AVES

A regulação do consumo alimentar é governada pela homeostase do organismo, que induz o aumento do consumo e catabolismo em resposta ao balanço energético negativo, enquanto inibe o consumo e favorece o anabolismo em situações de balanço energético positivo. Além da homeostase, outros fatores desempenham papel crucial na modulação do consumo alimentar, incluindo palatabilidade, estresse, influências sociais e experiências individuais (Félix e Maiorka, 2017).

Para manter o controle sobre o consumo do alimento, o hipotálamo desempenha um papel central, importante para receber sinais que fundamentam essa atividade. Esses sinais se originam tanto de informações internas, as quais demandam tempo prolongado para gerar uma resposta, quanto de sistemas periféricos, proporcionando ação imediata (Gonzalez, 2002).

2.1.1. Fatores intrínsecos

O sistema nervoso central (SNC) desempenha um papel importante no controle do consumo alimentar, abrigando as conexões dos neurônios hipotalâmicos responsáveis por assimilar informações internas e externas, além de monitorar alterações na composição química do sangue, conteúdo hormonal e temperatura do ambiente circulante (Guyton e Hall, 2002; Denbow, 1989; Snapir e Robison, 1989).

Durante a ingestão de alimentos, certos estímulos ativam o centro da saciedade, induzindo o animal a cessar a alimentação. Posteriormente, o centro da fome é estimulado pela diminuição da inibição da saciedade, desencadeando sinais de fome que alcançam o hipotálamo e motivam a busca por alimentos (Injidi e Forbes, 1983). Diversas teorias abordam sobre os fatores que influenciam o centro da saciedade nas aves, sendo os fatores químicos (glicose, aminoácidos e ácidos graxos) e físicos (preenchimento do trato digestório) elementos de discussão (Félix e Maiorka, 2017).

No âmbito dos fatores químicos, destacam-se diversas teorias sobre os nutrientes que interferem no centro da saciedade. A teoria glicostática considera que o estado de saciedade é alcançado após a utilização da glicose plasmática por

receptores centrais de glicose, sendo a sua influência no consumo das aves presumivelmente de origem periférica, com a identificação da glicose relacionada a glicorreceptores periféricos localizados no fígado do animal (Mayer, 1955; Forbes, 1988).

Por sua vez, a teoria aminostática sugere que a qualidade da proteína presente nos alimentos controla o consumo alimentar (Yo et al., 1998). Entretanto, é importante ressaltar que essa teoria não se restringe apenas a esses parâmetros. A presença de um desbalanceamento de aminoácidos pode resultar em uma redução do consumo, enquanto um desequilíbrio menos pronunciado pode ocasionar aumento na ingestão desse alimento (Boorman, 1979). Cabe destacar que, o controle do consumo por meio dos aminoácidos está intrinsecamente ligado a natureza específica de cada aminoácido e sua influência no metabolismo (Lacy et al., 1982; Lacy et al., 1986).

A teoria lipostática atua em função do aumento do depósito de gordura corporal acima de um ponto de referência conhecido pelo organismo, estimulando a lipólise e reduzindo a sensação de fome (Ferket e Gernat, 2006). Enquanto isso, a teoria energostática considera a energia da ação como programa alimentar nas diferentes fases de criação e considera que o consumo alimentar é regulado de acordo com a demanda energética necessária para sustentar diversas atividades e processos fisiológicos (Félix e Maiorka, 2017). Sinais quimiostáticos ou neurotransmissores específicos são captados quando o alimento é absorvido, adentrando a corrente sanguínea e resultando na ativação do centro da saciedade, inibindo, por conseguinte, o centro da fome.

Concomitantemente, à medida que o trato digestório se esvazia e surge um déficit energético, ocorre a atuação de catecolaminas, noradrenalina e neuropeptídeos específicos no centro da fome. O trato gastrointestinal (TGI), via receptores mecânicos de estiramento, envia informações sensoriais (via nervo vago) para o hipotálamo, acerca do enchimento do trato digestório e ao receber sinais do córtex cerebral, que influenciam diretamente o padrão de consumo alimentar (Ferket e Gernat, 2006).

Além dos fatores intrínsecos relacionados à homeostase, a temperatura é reconhecida como um agente regulador significativo do consumo alimentar. Estudos indicam que a termogênese pode representar até 23% da energia metabolizável aparente ingerida na dieta (Swennen, 2004). Existe uma relação inversamente proporcional entre o consumo alimentar dos animais e a temperatura do meio (NRC, 1981).

Esses animais empregam mecanismos fisiológicos para preservar a estabilidade da temperatura corporal, sendo um desses mecanismos relacionados a ingestão de alimentos, que por sua vez, eleva a produção de calor metabólico. Em contrapartida, quando em situação de calor, existe a diminuição da ingestão de alimento como estratégia para minimizar a geração de calor proveniente do metabolismo dos nutrientes (Laganá e Ribeiro, 2007).

2.1.2. Fatores extrínsecos

Estudos evidenciam divergências na regulação da ingestão alimentar entre aves e mamíferos (Buyse et al., 2002; Ferket e Guyse, 2006; Swennen, 2006). Enquanto os mamíferos utilizam o odor e o sabor para identificação de alimentos, as aves fundamentam-se em características visuais, como cor, tamanho e formato (Quadro 1).

QUADRO 1 - Mecanismos desencadeadores do estímulo de apreensão e fome relacionados com o sistema sensorial

Sistema	Ação	Fator
Visual	Seleção e apreensão do alimento	Social: presença de outras aves se alimentando. Cor do alimento: não saturada, laranja, verde e cor do comedouro vermelha Forma: arredondada.
Gustativo	Seleção do alimento	Rejeição: salgado e amargo Tolerância: doce, até 20% de sacarose, azedo.
Olfatório	Seleção do alimento	Estimulantes: odores de manteiga e EBPA (ácido etil-butirato-fenil-acético).

Fonte: Adaptado de Gonzales (2002); Gentle (1972, 1979); Sturki (1986), Balog e Millar(1989); Kuenzel (1989).

A visão desempenha um papel importante no estímulo da procura e ingestão de alimentos pelas aves. Sua anatomia favorece esse comportamento, uma vez que

seus olhos ocupam uma considerável porção da cabeça, posicionada lateralmente para proporcionar uma visão panorâmica monocular, além de apresentarem visão frontal binocular para uma percepção precisa de profundidade (Vieira, 2010).

Em relação ao formato e tamanho dos alimentos, esses animais manifestam preferência por partículas redondas e sólidas (Gonzales, 2002). Adicionalmente, o volume de alimento disponível à vontade exerce influência direta sobre o consumo, estabelecendo uma relação diretamente proporcional (Ross et al., 1962). Da mesma forma, o tamanho das partículas alimentares, quando perceptíveis pelas aves, pode influenciar o consumo, sendo que aves preferem partículas de maior tamanho (Gonzales, 2002).

A interação do bico com o alimento exerce influência na aceitação dos alimentos pelas aves. O bico, por ser queratinizado, limita a manipulação oral, dificultando o consumo de partículas maiores que o próprio bico, devido a incapacidade de expansão da cavidade bucal e a ausência de dentes (Vieira, 2010). A falta de lábios e a dificuldade de apreensão também tornam o consumo de partículas muito pequenas desafiador, demandando gasto energético adicional.

O elevado grau de queratinização do bico, juntamente com a baixa produção de saliva, dificulta a manipulação do alimento na cavidade oral (Turk, 1982). A ingestão de dietas farelada, quando muito finas, pode resultar na formação de uma massa viscosa-pastosa, prejudicando a apreensão e a deglutição (Ferket e Guyse, 2006).

O tamanho de partícula exerce impacto significativo no consumo e desempenho de frangos de corte. A capacidade das aves de selecionar o tamanho de partícula mais adequado para a sua idade é evidente na preferência por partículas mais grosseiras, independentemente da composição química da ração (Reece et al., 1986). Aves jovens, por exemplo, possuem preferência por partículas maiores que 1.180 μm , enquanto adultos preferem partículas maiores que 2.360 μm (Portella et al., 1988).

É reconhecido na literatura que frangos de corte alimentados com dietas peletizadas apresentam melhor desempenho em relação a dietas fareladas (Chewning et al., 2012; Massuquetto et al., 2017). Os benefícios da peletização incluem um aumento do consumo devido a facilidade de apreensão das partículas aglomeradas no formato de peletes, aumento da efetividade calórica devido a maior frequência de descanso das aves, e maior digestibilidade das frações da dieta.

2.2. DIGESTIBILIDADE E DISPONIBILIDADE DE AMINOÁCIDOS

A digestibilidade, técnica para avaliar a utilização de aminoácidos, é definida pela diferença entre a quantidade consumida e excretada, seja nas fezes ou na digesta ileal, utilizando procedimentos específicos. A determinação dos aminoácidos metabolizáveis em aves, pode não apresentar um valor verdadeiro devido aos aminoácidos da urina serem incluídos no cálculo. A coleta do material para análise da digestibilidade pode ser realizada tanto pelo método ileal quanto fecal. Contudo, a presença de microorganismos no ceco pode induzir interferências, destacando a importância da coleta na porção terminal do íleo para uma estimativa mais precisa (Sakomura e Rostagno, 2016).

A digestibilidade aparente, que engloba aminoácidos dietéticos não digeridos e também as perdas endógenas, é calculada como a diferença entre a quantidade ingerida e a quantidade presente nas fezes ou digesta ileal (Stein et al, 2007). A digestibilidade verdadeira é calculada corrigindo-se os valores de digestibilidade aparente pelas perdas endógenas dos aminoácidos ileais totais, proporcionando uma estimativa mais precisa da eficiência de utilização dos aminoácidos. Quando se utiliza uma dieta isenta de proteína ou aminoácidos cristalinos, as perdas endógenas estimadas são apenas as perdas basais, e a determinação resultante da digestibilidade aparente corrigida para estes valores é conhecida como digestibilidade estandardizada, entretanto para os valores de aminoácidos digestíveis para aves é utilizada a palavra digestibilidade verdadeira (Stein et al, 2007).

Este conjunto de métodos oferece uma abordagem abrangente para avaliar a eficácia da utilização de aminoácidos na dieta, especialmente em aves, contribuindo para uma compreensão mais completa dos processos digestivos e metabólicos.

2.3. METODOLOGIA PARA AVALIAR A DIGESTIBILIDADE DE AMINOÁCIDOS

Diversas metodologias são empregadas na determinação da perda ou fluxo endógeno de aminoácidos e nitrogênio, cada uma apresentando vantagens e desvantagens específicas. Sibbald (1976) propôs a utilização de animais em jejum, porém esta abordagem pode acarretar alterações na produção enzimática e

mudanças fisiológicas devido a alimentação forçada, resultando em menor perda endógena de aminoácidos em comparação com aves alimentadas (Lemmer et al., 2004; Parsons et al., 1982; Wang et al., 2008).

Outra metodologia envolve o uso de DIP. Essa técnica permite o fluxo de alimento e de processos digestíveis normais no TGI, considera os aminoácidos coletados como de origem endógena, baseando-se na relação entre a quantidade de aminoácidos excretados e a quantidade de matéria seca consumida, independente da influência da proteína alimentar (Rostagno et al., 1973, Adedokun et al., 2007a, b; Golian, et al., 2008; Papadoulos, 1985).

Entretanto, Zanella et al. (1999) observaram que em aves alimentadas com DIP em que seus processos digestíveis foram normais as enzimas digestivas podem ser ou não estimuladas pela fonte exógena de proteína, enquanto Gabert et al. (2001) destacam que a falta de aminoácidos dietéticos compromete a produção normal de enzimas proteolíticas, subestimando a perda endógena de aminoácidos quando se utiliza a DIP.

Chung & Baker (1992) e Adedokun et al. (2007a) exploraram a utilização da caseína hidrolisada enzimaticamente (CHE) para determinar o fluxo endógeno de aminoácidos, destacando a alta digestibilidade da dieta promovida pela caseína. No entanto Moughan e Schuttert (1991) e Moughan et al. (2005), que apontaram que o fluxo endógeno contém aminoácidos livres ou pequenos peptídeos menores que 10.000 Daltons, não retidos no filtrado, contribuindo para uma subestimação do fluxo endógeno ou um possível erro metodológico. Essas considerações ressaltam a importância de uma abordagem cuidadosa na escolha e interpretação das metodologias para garantir resultados precisos na avaliação do fluxo endógeno de aminoácidos.

2.4. PERDAS ENDÓGENAS

Diversos estudos têm se dedicado à estimativa do fluxo basal das perdas endógenas de aminoácidos, utilizando os métodos previamente abordados nesta revisão. No entanto, resultados inconsistentes têm sido observados em alguns casos, sendo atribuídos a fatores como o método utilizado, a idade, a espécie, a linhagem das aves, a escolha do marcador, diferentes fontes de energia, níveis de proteína e

aminoácidos na dieta, bem como às técnicas de análise química (Ravindran e Hendriks, 2004; Adedokun et al., 2007 b, c; Ravindran et al., 2004; Golian et al., 2008).

Outro aspecto relevante na presença da mucina, uma glicoproteína polimérica que constitui o componente principal da camada de muco no trato gastrointestinal (Smirnov et al., 2006). A constante secreção e renovação da mucina, uma elevada porção parece não ser digerida na porção distal do intestino delgado, podem interferir nos valores de digestibilidade ileal de alguns aminoácidos (Adedokun et al., 2011).

Em suínos, os aminoácidos predominantes na digesta são prolina, glicina, ácido glutâmico e ácido aspártico, enquanto que em aves, são ácido glutâmico, ácido aspártico, serina e treonina (Adedokun et al., 2007 a,b). Treonina, serina, prolina e valina são encontrados em teores elevadas concentrações na mucina, destacando a importância da avaliação dos efeitos dos componentes da dieta sobre os monossacarídeos que compõem a mucina para compreender seu impacto na digestibilidade de aminoácidos (Adedokun et al., 2011).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Existe uma variedade de trabalhos relatando os benefícios e respostas da peletização de rações para frangos de corte. Porém há limitação de informações quanto ao impacto da utilização deste processo sobre metodologias de estudo envolvendo DIP. Qual é a influência no consumo desse tipo de dieta? Qual impacto na determinação das perdas endógenas de aminoácidos?

REFERÊNCIAS

- ADEDOKUN, S.A.; ADEOLA, O.; PARSONS, C.M. et al. **Factors affecting endogenous amino acids flow in chickens and the need for consistency in methodology.** Poultry Science, v.90, n.8, p.1737-1748, 2011.
- ADEDOKUN, S.A.; PARSONS, C.M.; LILBURN, M.S. et al. **Comparison of ileal endogenous amino acid flows in broiler chicks and turkey poults.** Poultry Science, v.86, n.8, p.1682-1689, 2007a.
- ADEDOKUN, S.A.; PARSONS, C.M.; LILBURN, M.S. et al. **Endogenous amino acid flow in broiler chicks is affected by the age of birds and method of estimation.** Poultry Science, v.86, n.12, p.2590-2597, 2007b.
- ADEDOKUN, S.A.; PARSONS, C.M.; LILBURN, M.S. et al. **Effect of age and method on the ileal flow of endogenous amino acids in turkey poults.** Poultry Science, v. 86, p. 1948-1954, 2007c.
- ADEOLA, O.; XUE, P.C.; COWIESON, A.J.; AJUWON, K.M. **Basal endogenous losses of amino acids in protein nutrition research for swine and poultry.** Animal Feed Science and Technology, 221:274-283, 2016.
- BALOG JM, MILLAR RI. **Influence of the sense of taste on broiler chick feed consumption.** Poultry Science, Nov;68(11):1519-26, 1989.
- BOORMAN, K. N. **Regulation of protein and amino acid intake.** IN: Food Intake Regulation in Poultry. K. N. Boorman and B. M. Freeman, ed. Br. Poultry Science Ltd., Edinburgh, Pages 87—126, 1979.
- BUYSE, J., JANSSENS, K., VAN DER GEYTEN, S., VAN AS, P., DECUYPERE, E. and DARRAS, V.M. **Pre - and postprandial changes in plasma hormone and metabolite levels and hepatic deiodinase activities in meal-fed broiler chickens.** British Journal of Nutrition, 88: 641-653, 2002.
- CHEWNING, C.G.; STARK, C.R.; BRAKE, J. **Effects of particle size and feed form on broiler performance.** Journal of Applied Poultry Research, v.21, p.830-837, 2012.
- CHUNG TK, BAKER DH. **Apparent and true amino acid digestibility of a crystalline amino acid mixture and of casein: comparison of values obtained with ileal-cannulated pigs and cecectomized cockerels.** J Animal Science, 70(12):3781-90, 1992.
- CONDÉ MS, DEMARTINI GP, PENA SM, ROCHA JUNIOR CM, HOMEM BGC. **Influência da granulometria do milho na alimentação de frangos de corte,** Revista Eletrônica Nutritime, 11(5):3637-3647, 2014.
- DENBOW, M. **Peripheral and Central Control of Food Intake.** Poultry Science, Volume 68, Issue 7, p. 938-947, 1989.
- EKLUND, M., SAUER, N., SCHÖNE, F., MESSERSCHMIDT, U., ROSENFELDER, P., HTOO, J., MOSENTHIN, R., **Effect of processing of rapeseed under defined**

conditions in a pilot plant on chemical composition and standardized ileal amino acid digestibility in rapeseed meal for pigs. Journal of Animal Science, 2015.

FÉLIX, A.P.; MAIORKA, A. **Ingestão de Alimentos: mecanismos regulatórios.** In: MACARI, M.; MAIORKA, M. Fisiologia das aves comerciais. Jaboticabal: Funep, p. 382-401, 2017.

FORBES, J.M. **Metabolic aspects of the regulation of voluntary food intake and appetite.** Nutr.Res.Rev.1:145–168, 1988.

GABERT, V. M., H. JØRGENSEN, C. M. NYACHOTI. **Bioavailability of amino acids in feedstuffs for swine.** In: A. J. Lewis, and L. L. Southern, editors, Swine nutrition. 2nd ed. Washington, DC: CRC Press. p. 146–181, 2001.

GENTLE, M. J. **Single unit responses from the solitary complex following oral stimulation in the chicken.** J. Comp. Physiol. 130:259-264, 1979.

GENTLE, M. J. **Taste preference in the chicken (*Gallus domesticus* L.).** British Poultry Science, 13:2, 141-155, 1972.

GOLIAN, A.; GUENTER, W.; HOEHLER, D. et al. **Comparison of various methods for endogenous ileal amino acid flow determination in broiler chickens.** Poultry Science, v.87, n.4, p.706-712, 2008.

GONZALES, E. **Ingestão de Alimentos: Mecanismos Regulatórios.** In: MACARI, M; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte, Jaboticabal: FUNEP/NESP, ed. 2, p. 187-199, 2002.

GREEN, S., BERTRAND, S.L., DURON, M.J., MAILLARD, R., **Digestibilities of amino acids in maize, wheat and barley meals: determined with intact and caeectomised cockerels.** Br. Poultry Science, 28, 631–641, 1987.

GUYTON, A. C.; HALL, J. E. **Tratado de Fisiologia Médica.** 10. ed. Rio de Janeiro: Guanabara-Koogan, 2002.

HESS, V., THIBAUT, J.N., SÈVE, B., **The 15 N amino acid dilution method allows the determination of the real digestibility and of the ileal endogenous losses of the respective amino acid in pigs.** Journal Nutrition,128, 1969–1977, 1998.

INJIDI, M.H., AND J.M. FORBES. **Growth and food intake of intact and pinealectomized chickens treated with melatonin and triiodothyronine.** Br. Poultry Science, 24:463–469, 1983.

KUENZEL WJ. **Neuroanatomical substrates involved in the control of food intake.** Poultry Science, Jul;68(7):926-37, 1989.

LACY, M. P., H. P. Van Krey, P. A. Skewes, and D. M. Denbow. **Food intake in the domestic fowl: Effect of intrahepatic lipid and amino acid infusions.** Physiol. Behav. 36:533-538, 1986.

LACY, M. P., H. P. VAN KREY, D. M. DENBOW, P. B. SIEGEL, AND J. A. CHERRY. **Amino acid regulation of food intake in domestic fowl.** Nutr. Behav. 1:65-74, 1982.

LAGANÁ, C.; RIBEIRO, A.M.L. **A influência da temperatura na alimentação de fragos de corte.** B. Indústr. Anim, N. Odessa, v. 64, n.1, p. 79-89, 2007.

LILLY K. G. S.; GEHRING C. K.; BEAMAN K. R.; TURK P. J.; SPEROW M.; MORITZ J. S. **Examining the relationships between pellet quality, broiler performance, and bird sex.** Journal of Applied Poultry Research, 20:231–239, 2011.

LOW, A.G. **Digestibility and availability of amino acids from feedstuffs for pigs: A Review.** Livestock Production Science, v.9, n.4, p. 511-520, 1982.

MASSUQUETTO, A.; DURAU, J. F.; SCHRAMM, V. G.; TEIXEIRA NETTO, M. V.; KRABBE, E. L.; MAIORKA, A. **Influence of feed form and conditioning time on pellet quality, performance and ileal nutrient digestibility in broilers.** Journal Applied of Poultry Research, v.27, p.51-58, 2017.

MAYER, J. **Regulation of energy intake and body weight: the glucostatic theory and the lipostatic hypothesis.** Ann. New York Acad. Sci., 63: 15-43, 1955.

MCKINNEY, L. J.; TEETER, R. G. **Predicting effective caloric value of nonnutritive factors: I. Pellet quality and II. Prediction of consequential formulation dead zones.** Poultry Science, Champaing, v. 83, n. 7, p. 1165- 1174, 2004.

MOUGHAN, P.J.; SCHUTTERT, G. **Composition of nitrogen-containing fractions in digesta from the distal ileum of pigs fed a protein-free diet.** Journal of Nutrition, v.121, p.1570-1574, 1991.

MOUGHAN, P.J.; BUTTS, C.A.; ROWAN, A. et al. **Dietary peptides increase endogenous amino acid losses from the gut in adults.** American Journal Clinical Nutrition, v.81, p.1359-1365, 2005.

NRC. 1994. **Nutrient Requirements of Poultry.** 9th rev. ed. Natl. Acad. Press, Washington, DC.

NYACHOTI, C.M., DE LANGE, C.F., SCHULZE, H., **Estimating endogenous amino acid flows at the terminal ileum and true ileal amino acid digestibilities in feedstuffs for growing pigs using the homoarginine method.** Journal of Animal Science, 75, 3206–3213, 1997b.

PAPADOPOULOS, M. C. **Processed chicken feathers as feedstuff for poultry and swine. A review.** Agricultural Wastes, 14 (4), 275–290, 1985.

PARSONS, C.M.; POTTER, L.M.; BROWN JUNIOR, R.D. **Effects of dietary protein and intestinal microflora on excretion of amino acids in poultry.** Poultry Science, v.61, p.939-946, 1982.

P R. FERKET; A.G. GERNAT. **Factors That Affect Feed Intake of Meat Birds: A Review.** International Journal of Poultry Science, 5: 905-911, 2006.

PORTELLA, F.J.; CASTON, L.J.; LEESON, S. **Apparent feed particle size preference by laying hens.** Can. Journal of Animal Science, v.68, p. 915-922, 1988.

POZZA, P.C. et al. **Avaliação da perda endógena de aminoácidos; em função de diferentes níveis de fibra para suíno.** Revista Brasileira de Zootecnia, v. 32, n.6, p. 1354-1361, 2003.

- RAVINDRAN, V.; HENDRIKS, W.H. **Endogenous amino acid flows at the terminal ileum of broilers, layers and adult roosters.** *Animal Science*, v.79, p.265-271, 2004.
- RAVINDRAN, V.; HEW, L.I.; RAVINDRAN, G. et al. **Endogenous amino acid flow in the avian ileum: quantification using three methods.** *British Journal of Nutrition*, v.92, p.217-223, 2004.
- REECE, F.N., LOTT, B.D., DEATON, J.W. **Effects of environmental temperature and corn particle size on response of broilers to pelleted feed.** *Poultry Science*, 65: 636-64, 1986.
- ROSS, S; GOLDSTEIN, I; KAPPEL, S. **Perceptual factors in eating behavior in chicks.** *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, Vol. 55, 240-241, 1962.
- ROSTAGNO, H.S.; ROGLER, J.C; FEATHERSTON, W.R. **Studies on the nutritional values of sorghum grains with varying tannin content for chicks. 2. Amino acids digestibility studies.** *Poultry Science*, v.52, p.772-776, 1973.
- SAUER, W. C, S. C. Stothers, and R. J. Parker. **Apparent and true availabilities of amino acids in wheat and milling by-products for growing pigs.** *Can. Journal of Animal Science*, 57:775-784, 1977.
- SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos.** 2.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2016. 262p.
- SIBBALD, I.R. **A Bioassay for True Metabolizable Energy in Feedingstuffs.** *Poultry Science*, Volume 55, Issue 1, Pages 303-308, 1976.
- SMIRNOV A, TAKO E, FERKET PR, UNI Z. **Mucin gene expression and mucin content in the chicken intestinal goblet cells are affected by in egg feeding of carbohydrates.** *Poultry Science*, 85(4):669-73, 2006.
- STEIN, H.H.; SEVE, B.; FULLER, M. et al. **Invited review: amino acid bioavailability and digestibility in pig feed ingredients: terminology and application.** *Journal of Animal Science*, v.85, p.172-180, 2007.
- STURKIE, P. D. **Avian Physiology.** 4th ed. Springer-Verlag Inc, New York, NY, 1986.
- SWENNEN Q, JANSSENS GP, DECUYPERE E, BUYSE J. **Effects of substitution between fat and protein on feed intake and its regulatory mechanisms in broiler chickens: energy and protein metabolism and diet-induced thermogenesis.** *Poultry Science*, Dec;83(12):1997-2004, 2004.
- SNAPIR, N.; ROBINSON. **Role of the basomedial hypothalamus in regulation of adiposity, food intake, and reproductive traits in the domestic fowl.** *Poultry Science*, 68:948-957, 1989.
- SWENNEN, Q., JANSSENS, G.P.J., COLLIN, A., LE BIHAN-DUVAL, E., VERBEKE, K., DECUYPERE, E. and BUYSE, J. **Diet-Induced Thermogenesis and Glucose Oxidation in Broiler Chickens: Influence of Genotype and Diet Composition.** *Poultry Science* 85: 731-742, 2006.
- TURK DE. **The anatomy of the avian digestive tract as related to feed utilization.** *Poultry Science*, Jul;61(7):1225-44, 1982.

- VIEIRA, S.L.; MAIORKA, A.; FELIX, A.P. et al. **Consumo e Preferência Alimentar dos Animais Domésticos**. Ed.1, Londrina: Phytobiotics, 2010.
- ZANELLA, I., N.K. SAKOMURA, F.G. SILVERSIDES, A. FIQUEIRDO, and M. PACK. **Effect of enzyme supplementation of broiler diets based on corn and soybeans**. Poultry Science, 78:561–568, 1999.
- WANG Z, CERRATE S, YAN F, SAKAKLI P, WALDROUP PW. **Comparison of different concentrations of inorganic trace minerals in broiler diets on live performance and mineral excretion**. Int. J. Poultry Science, 7(7):625–629, 2008.
- YIN, Y., HUANG, R., LIBAO-MERCADO, A., JEAUROND, E., DE LANGE, C., RADEMACHER, M., **Effect of including purified jack bean lectin in casein or hydrolysed casein-based diets on apparent and true ileal amino acid digestibility in the growing pig**. Animal Science, 79, 283–291, 2004.
- YO, T., P.B. SIEGEL, J.M. FAURE AND M. PICARD. **Self-selection of dietary protein and energy by broilers grown under a tropical climate: adaptation when exposed to choose feeding at different ages**. Poultry Science, 77: 502-508, 1998.

4. CAPÍTULO 2 – FORMA FÍSICA DA DIETA AFETA A DIGESTIBILIDADE VERDADEIRA DE AMINOÁCIDOS EM FRANGOS DE CORTE?

The physical form of the diet affect the true digestibility of amino acids in broiler chickens?

RESUMO

A metodologia para avaliação das perdas endógenas de aminoácidos é importante para o avanço do conhecimento na área da nutrição de frangos de corte. Atualmente essa variável é investigada por meio do fornecimento de dietas que sejam isentas de proteína e de aminoácidos sintéticos. O objetivo do estudo foi investigar se a forma física da dieta isenta de proteína (DIP) tem influência nas perdas endógenas de aminoácido em frangos de corte alimentados com dietas a base de milho e farelo de soja de alta e baixa solubilidade proteica em KOH. Foram utilizados 360 frangos de corte da linhagem Ross 308 de 21 a 26 dias de idade, distribuídos em 4 tratamentos seguindo um arranjo fatorial 2x2 (2 formas físicas de DIP, farelada e peletizada sem processamento térmico (PSPT); 2 solubilidades de farelo de soja, alta e baixa solubilidade proteica em KOH) com 9 repetições de 10 aves cada. Avaliou-se consumo de DIP, variação do peso corporal (VPC), perdas endógenas ileal de aminoácidos (AAI) aos 26 dias e coeficientes de digestibilidade verdadeira (CDV) de aminoácidos essenciais e não essenciais. O consumo de DIP não foi influenciado pela forma física da dieta ($P>0.05$), bem como a VCP no período. As aves alimentadas com DIP farelada apresentaram AAI ligeiramente mais alta do que as aves alimentadas com DIP PSPT. Os CDV de lisina foram influenciados pela solubilidade do farelo de soja ($P=0.009$), mas não pela forma física da DIP ($P=0.402$). O CDV da cisteína e da serina foram superiores para as aves alimentadas com farelo de soja de baixa solubilidade ($P<0.05$). Não houve interação entre a forma física da dieta e o tipo de farelo de soja no CDV de aminoácidos. Dessa maneira, a forma física da DIP não influenciou a digestibilidade de aminoácidos para frangos de corte aos 26 dias e as aves alimentadas com DIP PSPT apresentaram menor concentração de aminoácidos na digesta ileal.

Palavras-chave: aminoácidos; digestibilidade; processamento; solubilidade.

ABSTRACT

Methodology for evaluating endogenous amino acid losses is important for advancing knowledge in broiler nutrition. This variable is investigated by feeding diets free of protein and synthetic amino acids. This study aimed to investigate whether the physical form of the nitrogen-free diet (NFD) influences endogenous amino acid losses in broilers-fed diets based on corn and soybean meal with different protein solubilities in KOH. A total of 360 Ross 308 broilers from 21 to 26 day-old were used, distributed in 4 treatments following a 2x2 factorial arrangement (2 physical forms of NFD, mash and pelletized without thermal processing; 2 soybean meal solubilities, high and low protein solubility in KOH) with 9 replicates of 10 birds each. NFD consumption, body weight variation (BWV), ileal endogenous amino acids (IAA) at 26 days, and true ileal digestibility (TID) of essential and non-essential amino acids were evaluated. NFD consumption was not influenced by the physical form of the diet ($P>0.05$), nor VCP during the period. Birds fed mash-type NFD had slightly higher IAA than birds fed pelletized without thermal processing NFD type. The TID of lysine was influenced by soybean meal solubility ($P=0.009$), but not by the physical form of the NFD ($P=0.402$). The TID of cysteine and serine were greater for birds fed low-solubility soybean meal ($P<0.05$). There was no interaction between the physical form of the NFD and the type of soybean meal on the TID of amino acids. Thus, the physical form of the NFD did not influence the ileal digestibility of amino acids for broilers at 26 days and the birds fed pelletized without thermal processing NFD type showed lower concentration of amino acids in the ileal digesta.

Keywords: amino acids; digestibility; processing; solubility.

5. INTRODUÇÃO

A realização de estudos dedicados à investigação das perdas endógenas de aminoácidos em frangos de corte durante a fase de crescimento é relevante para uma avaliação detalhada da eficiência na utilização de nutrientes e ingredientes. Nesse contexto, é importante considerar variáveis como metodologias de avaliação, idade, peso corporal, condições experimentais e a padronização de técnicas e metodologias (Adeola et al., 2016; Jansman et al., 2002; Ravindran, 2021; Siriwan et al., 1993).

O uso de dietas isentas de proteína visa estimar de maneira objetiva valores de aminoácidos que sejam oriundos do metabolismo animal e é uma metodologia amplamente utilizada (Adeola et al., 2016; Jiang et al., 2013; Silva et al., 2022) e compreender como alguns fatores interagem entre si é primordial para garantir consistência em pesquisas e no aprimoramento de metodologias. Entretanto, a implementação desse método requer que os animais se alimentem, por um período, de uma dieta completamente desprovida de proteína, o que pode resultar em distúrbios fisiológicos e uma possível resposta a essa deficiência de proteína é a inibição do consumo da dieta.

Uma alternativa para melhorar o consumo de dietas é a modificação da forma física da ração. As aves, naturalmente, têm preferência por partículas de maior tamanho, o que provavelmente estimula o consumo. Essa estratégia pode representar uma solução viável para atenuar os desafios associados à oferta de dietas isentas de proteína para aves de corte em pesquisas científicas.

Dessa forma, o presente estudo teve por objetivo avaliar duas formas físicas de uma dieta isenta de proteína (farelada e peletizada sem processamento térmico) e investigar se há influência desse fator em relação as perdas endógenas de aminoácidos essenciais e não essenciais quando frangos de corte em fase de crescimento são alimentados com dietas a base de milho e farelo de soja com diferentes solubilidades proteica e se esse fator pode influenciar na digestibilidade verdadeira de aminoácidos.

6. MATERIAL E MÉTODOS

6.1. ANIMAIS E LOCAL DO EXPERIMENTO

O experimento foi conduzido nas instalações da sala de metabolismo animal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná, em Curitiba (PR). O projeto foi aprovado no Comitê de Ética no Uso de Animais (CEUA) da Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, com número de protocolo 020/2023.

Foram utilizados 360 frangos de corte da linhagem Ross® 308 AP (AP91) com 1 dia de idade, distribuídos seguindo delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial 2x2 totalizando 4 tratamentos com 9 repetições de 10 animais cada. Os animais foram alojados em baterias metálicas de 4 andares, divididas em 2 gaiolas por andar, com dimensões de 0,90m de comprimento x 0,40m de largura x 0,30m de altura cada, equipadas com comedouro tipo calha e bebedouros plásticos tipo nipple com taça. A água e ração foram fornecidas ad libitum durante todo período experimental.

A sala de metabolismo era equipada com iluminação artificial e controle diário de temperatura, realizado com uso de termômetros digitais de máxima e mínima instalados em dois pontos da sala. De acordo com o manual de manejo da linhagem, no primeiro dia os animais ficaram em ambiente com temperatura de 33°C sendo diminuída de forma gradativa até atingir 24°C aos 26 dias, sendo o controle da temperatura da sala feito com o uso de aquecedores elétricos e ventilação natural controlada pela abertura das janelas laterais.

6.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, arranjo fatorial 2x2 de 4 tratamentos constituídos por duas dietas convencionais a base de milho e farelo de soja diferindo em 2 tipos de farelo de soja com diferentes graus de solubilidade proteica e dietas isentas de proteína com duas formas físicas distintas (farelada e peletizada sem processamento térmico (PSPT)).

6.3. DIETAS EXPERIMENTAIS

Todos os animais receberam uma dieta inicial basal entre o 1° e o 21° dia, o fornecimento das dietas experimentais ocorreu a partir do dia 21 até os 26 dias de idade. As dietas estão apresentadas nas Tabelas 1 e 2. As dietas experimentais convencionais diferiram na solubilidade do farelo de soja, a com alta solubilidade proteica possuía solubilidade de 85% e o farelo de soja com baixa solubilidade proteica possuía 75%. Foi adicionado 1% de cinza insolúvel em ácido (CIA) como marcador indigestível para todas as dietas experimentais.

A dieta isenta de proteína com forma física PSPT foi fabricada de forma experimental e sua formulação está descrita na Tabela 2. O processo de fabricação consistiu nas seguintes etapas: inicialmente, foi adicionada água à dieta em uma proporção de 17% do peso da dieta, proporção obtida após testes com diferentes porcentagens de água, a uma temperatura de 4°C. Em seguida, a mistura foi homogeneizada e comprimida contra os orifícios da matriz de um moedor piloto de porte pequeno (HI 1810 ME) com aproximadamente 7mm de espessura e 8mm de diâmetro de orifícios, pelo sistema de rosca sem fim, a diferença de pressão entre o meio interno e externo promove a passagem da massa para o meio externo, momento pelo qual a mistura adquiriu o formato de peletes. Após a formação dos peletes, estes foram submetidos à secagem em temperatura ambiente média de 19°C por um período de 2 dias.

Tabela 1 – INGREDIENTES E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA DIETA INICIAL (1 A 21 DIAS DE IDADE) FORNECIDAS PARA FRANGOS DE CORTE.

Ingredientes	Inicial (%)
Milho	56.65
Farelo de soja	38.07
Óleo de soja	1.78
Fosfato bicálcico	1.10
Calcário	1.14
Sal	0.26
Bicarbonato de sódio	0.19
DL-Metionina	0.31
L-Lisina	0.15
L-Treonina	0.04
L-Valina	0.03
Fitase ¹	0.002
Mycofix Select 5.0	0.10
Suplemento mineral ²	0.05
Suplemento vitamínico ³	0.10
Celite ⁴	0.00
Total	100
Composição química calculada	
Energia metabolizável (Kcal/kg)	3040
Proteína bruta, %	22.50
Extra4to etéreo, %	5.00
Ca, %	1.00
P disponível, %	0.50
Na, %	0.20
Lisina digestível, %	1.25
Metionina digestível, %	0.61
Met+cys digestíveis, %	0.93
Treonina digestível, %	0.83
Triptofano digestível, %	0.27
Valina digestível, %	0.97

¹Hiphorius: 20000FYT; ²Fornecido por kg de pré-mistura: manganês, 65,0 mg; ferro, 50,0 mg; zinco, 65,0 mg; cobre, 10,0 mg; iodo, 1 mg; selênio, 0,39 mg; ³Fornecido por kg de pré-mistura: Vitamina A, 14,300 UI; vitamina D3, 5,200 UI; vitamina E, 71,5 UI; vitamina B1, 2,99 mg; vitamina B2, 9,10 mg; vitamina B6, 5,20 mg; ácido pantotênico, 15,6 mg; biotina, 0,325 mg; vitamina K3, 3,9 mg; ácido fólico, 2,60 mg; ácido nicotínico, 78,0 mg; vitamina B12, 32,5 mcg; ⁴Marcador insolúvel Celite (Celite 400, Celite Corp., Lompoc, CA)

Tabela 2 – INGREDIENTES E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA DIETA ISENTA DE PROTEÍNA (DIP) FORNECIDA DE 21 A 26 DIAS DE IDADE PARA FRANGOS DE CORTE.

Ingredientes	DIP (%)
Amido	20.13
Dextrose	65.00
Fonte de fibra	5.00
Óleo de Soja	5.00
Fosfato monocalcico	0.19
Calcário	1.30
Bicarbonato de sódio	0.75
Óxido de magnésio	0.20
Carbonato de potássio	0.26
Cloreto de potássio	0.29
Sal	0.45
Suplemento mineral ¹	0.05
Suplemento vitamínico ²	0.13
Cloreto de colina	0.25
Celite ³	1.00
Fitase ⁴	0.002

¹Fornecido por kg de pré-mistura: manganês, 65,0 mg; ferro, 50,0 mg; zinco, 65,0 mg; cobre, 10,0 mg; iodo, 1 mg; selênio, 0,39 mg; ²Fornecido por kg de pré-mistura: Vitamina A, 14,300 UI; vitamina D3, 5,200 UI; vitamina E, 71,5 UI; vitamina B1, 2,99 mg; vitamina B2, 9,10 mg; vitamina B6, 5,20 mg; ácido pantotênico, 15,6 mg; biotina, 0,325 mg; vitamina K3, 3,9 mg; ácido fólico, 2,60 mg; ácido nicotínico, 78,0 mg; vitamina B12, 32,5 mcg; ³Marcador insolúvel Celite (Celite 400, Celite Corp., Lompoc, CA); ⁴Hiphorius: 20000FYT

6.4. PESAGEM DOS ANIMAIS

Foram pesados por gaiola aos 21 e aos 26 dias de idade para avaliação de ganho de peso (GP). Neste período também foram pesados os volumes fornecidos de ração e as sobras para cada unidade experimental (gaiola) para a determinação do consumo de ração (CR). A mortalidade foi verificada diariamente, registrando o peso da ave morta.

6.5. COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDADE ILEAL VERDADEIRA

Aos 21 dias de idade, os animais iniciaram a ingestão das dietas experimentais. Após completar a adaptação (5 dias) todos os animais foram eutanasiados, por deslocamento cervical e eviscerados para realizar a coleta do conteúdo ileal. A fração ileal seccionada para coleta foi de 4 cm abaixo do divertículo da gema até 4 cm acima da junção íleo-ceco-cólica.

O conteúdo ileal das 10 aves de cada repetição foi agrupado e acondicionado em recipientes plásticos a -18°C e identificados. Posteriormente as amostras foram liofilizadas e submetidas às análises laboratoriais de teores de matéria seca e aminoácidos. Os teores de aminoácidos das amostras de conteúdo ileal e das rações foram determinados por cromatografia líquida de alta performance (HPLC).

Os teores de matéria seca foram calculados. A cinza insolúvel em ácido (CIA), fração indigestível presente nas dietas e digestas, foi determinada através de uma adaptação da metodologia de Van Keulen & Young (1977). Os valores dos coeficientes de digestibilidade ileal verdadeira dos aminoácidos foram estimados com as equações descritas por Sakomura e Rostagno (2007).

Os aminoácidos avaliados no conteúdo de digesta ileal foram agrupados em duas categorias: essenciais (arginina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, triptofano, treonina, valina) e não essenciais (alanina, ácido aspártico, cisteína, ácido glutâmico, glicina, prolina, serina).

Para os cálculos dos coeficientes, dois fatores de indigestibilidade ileal foram estimados.

$$FI_1 = \frac{[CIA_d]}{[CIA_{ile}]} \qquad FI_2 = \frac{[CIA_{dip}]}{[CIA_{ile}]}$$

Onde: FI_1 = Fator de indigestibilidade da dieta;

FI_2 = Fator de indigestibilidade da dieta isenta de proteína;

$[CIA_d]$ = Concentração de cinza insolúvel em ácido da dieta;

$[CIA_{dip}]$ = Concentração de cinza insolúvel em ácido da dieta isenta de proteína;

$[CIA_{ile}]$ = Concentração de cinza insolúvel em ácido da digesta ileal.

As equações dos coeficientes de digestibilidade verdadeira de aminoácidos, seguem abaixo.

$$CDIvAA = 100 * \left[\frac{AA_d - (AA_{dig} * FI_1) - (AA_{end} * FI_2)}{AA_d} \right]$$

Onde: $CDIvAA$ = Coeficiente de digestibilidade ileal verdadeira do aminoácido;

AA_d = % aminoácido da dieta;

AA_{dig} = % aminoácido da digesta ileal;

AA_{end} = % aminoácido endógeno (DIP).

6.6. ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Anderson-Darling, e quando apresentavam distribuição normal foram submetidos a análise de variância. Quando significativos ($P < 0.05$) foram submetidos ao teste de Tukey com nível de significância de 5%.

7. RESULTADOS

Os valores de consumo das dietas isentas de proteína (DIP) tanto na forma farelada, quanto na forma PSPT estão apresentados na Tabela 3. O consumo médio de dieta das aves que receberam a DIP farelada no período experimental foi de 253g, o que representa aproximadamente 2% a mais da média de consumo de DIP PSPT registrada que foi de 248g.

Na tabela 3 estão apresentados também os dados referentes ao peso médio dos animais no início do fornecimento das dietas experimentais isentas de proteína (21 dias), peso médio ao final do período de 5 dias de consumo (26 dias de idade) e a perda de peso observada nesse período mensurada pela diferença entre os dias 21 e 26. No período do estudo não foi observado efeito significativo nas variáveis ($P>0.05$), porém, numericamente foi visto uma perda de peso expressiva das aves alimentadas com DIP nas duas formas físicas.

Tabela 3 – MÉDIAS E DESVIOS PADRÃO DO CONSUMO DE RAÇÃO, PESO MÉDIO INICIAL (21 DIAS), PESO MÉDIO FINAL (26 DIAS) E ESTIMATIVA DE PERDA DE PESO DE FRANGOS DE CORTE ALIMENTADOS COM DIETA ISENTA DE PROTEÍNA COM DIFERENTES FORMAS FÍSICAS.

	Forma física DIP ¹				p-valor
	Farelada (n=9)		PSPT ² (n=9)		
	Média	EPM ³	Média	EPM	
Consumo (g)	253	4.632	249	6.380	0.192
Peso aos 21d (g)	770	20.101	770	18.691	0.421
Peso aos 26d (g)	703	12.376	697	18.503	0.138
Perda de peso ⁴ (g)	67	10.088	74	7.574	0.217

FONTE: O autor (2024).

¹ Dieta isenta de proteína; ² Peletizada sem processamento térmico; ³ Erro padrão da média; ⁴ Perda de peso = peso aos 21 dias – peso aos 26 dias.

As perdas endógenas basais de aminoácidos por frangos de corte aos 26 dias, que consumiram DIP em diferentes formas físicas, estão detalhadamente apresentadas na Tabela 4. Os valores médios obtidos foram expressos em g/kg de matéria seca, seguidos de seu respectivo desvio padrão.

Tabela 4 – MÉDIAS DE PERDAS ENDÓGENAS DE AMINOÁCIDOS (g/kg de MS) ESSENCIAIS E NÃO ESSENCIAIS NO CONTEÚDO ILEAL DE FRANGOS DE CORTE AOS 26 DIAS DE IDADE ALIMENTADOS COM DIETA ISENTA DE PROTEÍNA (DIP) EM DIFERENTES FORMAS FÍSICAS.

	Forma física DIP¹			
	Farelada		PSPT²	
Essenciais (AEE)	Média	DP³	Média	DP
Arginina (Arg)	0.124	0.02	0.120	0.04
Histidina (His)	0.075	0.04	0.050	0.04
Isoleucina (Iso)	0.124	0.01	0.121	0.04
Leucina (Leu)	0.255	0.02	0.248	0.04
Lisina (Lis)	0.069	0.03	0.058	0.03
Metionina (Met)	0.034	0.00	0.033	0.01
Treonina (Tre)	0.209	0.04	0.178	0.05
Valina (Val)	0.186	0.02	0.176	0.05
Total de EEA	1.076	0.15	0.985	0.28
Não essenciais (ANE)				
Alanina (Ala)	0.171	0.02	0.159	0.03
Ác. Aspártico (Asp)	0.087	0.04	0.089	0.08
Cisteína (Cis)	0.066	0.01	0.067	0.02
Ác. Glutâmico (Glu)	0.206	0.07	0.196	0.12
Glicina (Gli)	0.213	0.03	0.195	0.04
Prolina (Pro)	0.230	0.03	0.216	0.06
Serina (Ser)	0.211	0.04	0.192	0.06
Total de ANE	1.183	0.20	1.113	0.35
Aminoácidos totais	2.258	0.33	2.099	0.62

FONTE: O autor (2024).

¹ Dieta isenta de proteína; ² Peletizada sem processamento térmico; ³ Desvio padrão.

Foi visto que de maneira geral as aves alimentadas do DIP farelada apresentaram valores médios de perdas endógenas basais de aminoácidos ligeiramente mais altos quando comparados aos valores das aves que receberam a DIP PSPT, isso aconteceu em quase todos os aminoácidos avaliados, exceto para o ácido aspártico e cisteína que apresentaram valores médios mais baixos.

Os coeficientes de digestibilidade verdadeira (CDV) dos aminoácidos essenciais e não essenciais aos 26 dias de idade de frangos de corte, estão apresentados na Tabela 5. Independentemente do tipo de forma física da DIP, foi observada que a digestibilidade de lisina ($P=0.009$), cisteína ($P=0.037$) e serina ($P=0.034$) foram influenciadas pelo tipo de farelo de soja utilizado na dieta, sendo que as aves que consumiram a dieta formulada com farelo de soja de baixa solubilidade

em KOH apresentou menor coeficiente de digestibilidade verdadeira de lisina, diferente dos coeficientes de digestibilidade de cisteína e serina que foram superiores.

As aves alimentadas com a dieta contendo farelo de soja de alta solubilidade em KOH, e com as perdas endógenas basais corrigidas pelas médias obtidas dos animais que receberam DIP na forma farelada, apresentaram CDV médio para a categoria de aminoácidos essenciais (AEE) de 90.57%, porém não foi observado interação significativa entre o tipo de farelo de soja utilizado e a forma física da DIP ($P=0.928$).

Dentro da categoria de aminoácidos essenciais, somente o CDV da lisina foi influenciado pelo tipo de farelo de soja utilizado na dieta ($P<0.05$), independente da forma física da DIP utilizada na estimativa do coeficiente, foi visto que as aves alimentadas com o farelo de soja de alta solubilidade apresentaram CDV da lisina equivalente a 93.12% e as aves que receberam a dieta com farelo de baixa solubilidade demonstraram CDV de 92.16%.

Para os demais aminoácidos essenciais não foi observado influência do tipo de farelo de soja no CDV ($P>0.05$), os valores médios variaram entre 84.16% (treonina) e 97.01% (metionina) no grupo de animais alimentados com farelo de soja de alta solubilidade e 85.24% (treonina) e 97.02% (metionina) para os que receberam farelo de baixa solubilidade.

Comparando com as aves que foram alimentadas, tanto com o farelo de menor solubilidade, que em teoria foi processado de maneira mais agressiva em termos de calor, era esperado que houvesse uma diferença significativa entre as comparações. Quando se analisam as médias obtidas do grupo de animais que receberam a dieta com farelo de baixa solubilidade com os valores de CDV corrigidos com as perdas

endógenas das aves que foram alimentadas com a DIP farelada, esse valor médio é de 90.65%.

Observa-se ainda que nos valores de CDV dos aminoácidos dentro do fator de forma física da DIP, as aves alimentadas com DIP PSPT, que teoricamente apresentou forma física mais atrativa e de fácil apreensão pelos animais, apresentaram médias ligeiramente menores em comparação as aves que receberam a DIP farelada que tem aspecto mais fino, dificultando o consumo pelos animais. As diferenças entre esses valores variaram entre 0.30% (lisina) e 1.51% (treonina).

Tabela 5 - COEFICIENTES DE DIGESTIBILIDADE VERDADEIRA (%) DE AMINOÁCIDOS ESSENCIAIS E NÃO ESSENCIAIS DE FRANGOS DE CORTE AOS 26 DIAS DE IDADE ALIMENTADOS COM DIETA ISENTA DE PROTEÍNA (DIP) EM DIFERENTES FORMAS FÍSICAS.

	Média das interações				Média dos efeitos principais				P-valor											
	Alta KOH		Baixa KOH		Farelo de soja		DIP													
	Farelada	PSPT ¹	Farelada	PSPT	Alta KOH	Baixa KOH	Farelada	PSPT												
Essenciais (AEE)																				
Arg	92.89	92.39	93.11	92.77	92.64	92.94	93.00	92.58	0.466	0.310	0.848									
His	89.08	87.79	89.18	90.00	88.43	88.49	89.13	87.79	0.943	0.108	0.952									
Iso	89.25	88.52	89.15	88.56	88.89	88.86	89.20	88.54	0.968	0.358	0.926									
Leu	88.79	88.01	89.37	88.78	88.40	89.08	89.08	88.40	0.325	0.322	0.893									
Lis	93.29	92.95	92.29	92.03	93.12	92.16	92.79	92.49	0.009	0.402	0.908									
Met	97.19	96.82	97.16	96.82	97.01	97.02	97.18	96.85	0.960	0.201	0.872									
Tre	84.94	83.39	86.98	84.51	84.16	85.24	85.46	83.95	0.191	0.069	0.954									
Val	89.05	88.12	88.90	88.14	88.58	88.52	88.98	88.13	0.926	0.215	0.904									
Média AEE	90.57	89.75	90.65	89.93	90.16	90.29	90.61	89.84	0.809	0.170	0.928									
Não essenciais (ANE)																				
Ala	89.37	88.56	89.82	89.17	88.97	89.49	89.58	88.86	0.384	0.227	0.889									
Asp	90.64	90.35	86.59	89.35	90.48	89.47	90.12	89.85	0.131	0.692	0.973									
Cis	90.86	90.07	92.25	91.59	90.47	91.92	91.55	90.83	0.037	0.293	0.923									
Glu	91.58	91.20	91.71	91.46	91.39	91.59	91.65	91.33	0.675	0.499	0.893									
Gli	86.32	85.01	86.18	85.00	85.67	85.59	86.25	85.01	0.912	0.084	0.924									
Pro	87.64	86.65	88.29	87.45	97.15	86.87	87.97	87.05	0.266	0.161	0.909									
Ser	88.05	86.86	89.38	88.31	87.46	88.84	88.72	87.59	0.034	0.082	0.929									
Média ANE	89.21	88.39	89.59	88.90	88.80	89.25	89.40	88.65	0.462	0.214	0.917									
Aminoácidos totais	89.93	89.16	90.05	89.42	89.55	89.73	89.99	89.29	0.743	0.224	0.903									

FONTE: O autor (2024).

¹ Pelletizada sem processamento térmico; ² Farelo de soja; ³ Dieta isenta de proteína; ⁴ Interação entre os fatores

Quanto aos aminoácidos não essenciais, o CDV da cisteína das aves teve efeito significativo para o tipo de farelo de soja que afetou a digestibilidade verdadeira ($P=0.037$), sendo que as aves alimentadas com a dieta contendo farelo de baixa solubilidade apresentaram CDV da cisteína equivalente a 91.92%, ligeiramente mais elevado do que o grupo de aves alimentadas com farelo de soja de alta solubilidade que foi de 90.47%.

Um comportamento semelhante foi visto para o CDV de serina, onde houve efeito significativo quanto ao farelo de soja ($P=0.034$), sendo que o CDV para o grupo de aves alimentadas com farelo de baixa solubilidade foi de 88.84% enquanto as aves que receberam a dieta com farelo de alta solubilidade apresentaram CDV de 87.46%.

Para os aminoácidos não essenciais a forma física da DIP não influenciou nos valores de CDV ($P>0.05$), bem como os tipos de farelo de soja ($P>0.05$). Esse mesmo comportamento foi visto para a interação entre os fatores avaliados.

8. DISCUSSÃO

A perda de peso nas aves pode ocorrer por problemas de saúde, estresse, assim como por déficit nutricional. Aves alimentadas com dietas que contenham teor de proteína bruta abaixo do recomendado podem expressar ganho de peso e outras variáveis de desempenho zootécnico de modo negativo e isso pode afetar também a expressão genica de proteínas (Yang et al., 2009). Bregendahl et al.,(2002), ao avaliar dietas com níveis de proteína com e sem adição de aminoácidos sintéticos para frangos de corte em fase de crescimento até 21 dias de idade, observaram que as aves alimentadas com as dietas entre 18 e 19% de proteína bruta apresentaram consumo médio, ganho de peso e conversão alimentar inferiores aos demais animais alimentados com 23% de PB na dieta.

No caso de dietas isentas de proteína, mesmo que por um período de fornecimento breve, as aves ficam expostas a uma condição de estresse metabólico onde não conseguem obter os nutrientes necessário para manutenção ou ganho de peso. Por esse motivo a ave entra em um estado de catabolismo proteico para tentar suprir a necessidade mínima fisiológica. Essa porção de proteína que o animal mobiliza é uma alternativa para produção de novas enzimas endógenas, enzimas essenciais e outras rotas metabólicas como o processo respiratório que caso houvesse ingestão de aminoácidos ou proteína dietética, não aconteceria. No caso dos animais alimentados com a DIP, como estratégia de contornar esse estresse metabólico, é provável que as aves tenham mobilizado proteína muscular para haver aminoácidos suficientes para sintetizar enzimas endógenas.

Sabe-se que em situações de estresse, respostas hormonais podem desencadear mecanismos de mobilização proteica, como demonstrado por Qaid

& Al-Garadi, (2021). Os autores constataram que a proteólise pode ser estimulada por hormônios como glucagon, hormônio adrenocorticotrófico, corticosterona e cortisol e uma vez que a proteólise é estimulada, conseqüentemente a síntese de proteína é inibida e o animal por sua vez não deposita massa muscular de maneira adequada.

No estudo que investigou respostas fisiológicas de aves em regime de restrição alimentar, os autores Najafi et al., (2015) constataram que há uma correlação linear positiva entre níveis de restrição alimentar e a concentração dos principais hormônios indicativos de estresse, como corticosterona, serotonina, dopamina e grelina. As aves que foram submetidas à alimentação mais restritiva, apresentaram concentrações séricas mais elevadas dos hormônios citados acima, e isso pode ser atribuído a condições de estresse fisiológico e psicológico (Zulkifiki et al., 2006)

A digestibilidade verdadeira de aminoácidos, essenciais e não essenciais, destacando a lisina, ácido aspártico foi influenciada pela solubilidade do farelo de soja utilizado na elaboração das dietas experimentais. O coeficiente de digestibilidade verdadeira da lisina e ácido aspártico foi superior para as aves alimentadas com farelo de soja de alta solubilidade, o que se entende que o farelo quando submetido ao processamento térmico mais agressivo tem sua composição alterada, diminuindo sua digestibilidade, de modo que menor quantidade de nutrientes esteja disponível para que o animal aproveite.

No estudo desenvolvido por Kim et al. (2012) ao avaliar digestibilidade verdadeira de aminoácidos em animais que foram alimentados com farelo de soja submetidos a tratamento térmico controlado em autoclave, os autores relataram que a digestibilidade da lisina é menor para os animais que receberam

farelo de soja autoclavado a 135°C durante 7 minutos, esse valor foi aproximadamente 5% mais baixo quando comparado a média de digestibilidade dos animais alimentados com o farelo que não foi autoclavado.

Diversos autores atribuem esse resultado ao efeito provocado pela temperatura aplicada no processamento do farelo mostrando que, temperaturas elevadas e tempo prolongado durante o processamento térmico é inversamente proporcional a digestibilidade verdadeira de aminoácidos (González-Vega et al., 2011; Jahanian and Rasouli, 2016; Parsons et al., 1991; Zhang et al., 2013).

9. CONCLUSÕES

A forma física da DIP não influenciou na digestibilidade ileal verdadeira de aminoácidos aos 26 dias de idade. No entanto, as aves alimentadas com DIP na forma PSPT apresentaram perdas endógenas menores em comparação as aves alimentadas com DIP farelada. A solubilidade do farelo de soja afetou a digestibilidade verdadeira dos aminoácidos lisina, cisteína e serina.

10. IMPLICAÇÕES

Mensurar a temperatura corporal dos animais pode proporcionar respostas para melhor compreensão da variação térmica, considerando a interação entre a deficiência proteica e o calor gerado pela degradação desse nutriente com o metabolismo termogênico induzido pela dieta. Como foi observado neste estudo, as aves que receberam os tratamentos com DIP apresentaram queda na temperatura corpórea, porém este parâmetro deveria ser medido todos os dias de experimento para melhores constatações.

As análises de ácido úrico e ureia podem fornecer informações importantes sobre a saúde renal e do metabolismo de proteínas, onde valores baixos podem sugerir desnutrição, problemas hepáticos, distúrbios metabólicos ou dietas desequilibradas. O monitoramento destes parâmetros pode indicar problemas renais ou no metabolismo das purinas, em frangos de corte o equilíbrio adequado de purinas é essencial para evitar a formação de cristais e cálculos urinários.

A análise de cortisol no sangue pode ser uma ferramenta para avaliar o estresse nutricional em frangos de corte, níveis elevados podem indicar que as aves estão enfrentando desafios nutricionais, essa resposta faz parte de mecanismos do corpo para fornecer substratos adicionais para lidar com situações de estresse onde a liberação de cortisol pode levar a uma maior degradação de proteínas musculares para fornecer aminoácidos como substratos energéticos. Uma resposta a um agente estressante envolve a ativação do sistema regular neuroendócrino, que quando estimulado, pode resultar no aumento da síntese e da liberação de cortisol (ACCO, 1998). Essa

análise pode ser realizada a partir do momento que as aves apresentarem os primeiros sinais de possíveis distúrbios provocados pelo consumo da DIP.

Mensurar o consumo da DIP seria ideal para verificar em que ponto a falta de proteína na dieta pode inibir o consumo dos animais. Após os primeiros dias as aves apresentavam um comportamento de ciscar na ração a procura de algo que não fosse semelhante a DIP, como uma resposta à falta de proteína, buscando outras fontes de alimento para conseguir suprir esse déficit. Esse comportamento propicia o desperdício de ração, podendo interferir nas análises de consumo. Uma alternativa que pode ser realizada é mensurar o consumo diário, como forma de investigar em que momento estes animais deixam de consumir a DIP, pesando tudo que é ofertado e toda a sobra diariamente.

Outro ponto importante seria encontrar uma maneira de mensurar o consumo de água para estabelecer uma relação com o consumo da dieta, pois dietas peletizadas ou peletizadas e moídas induzem um aumento no consumo tanto de alimento quanto de água, apesar de que é importante ressaltar que o aumento no consumo de água não está associado diretamente à forma física da dieta, mas sim ao aumento no consumo de ração. Dado que o consumo de ração e de água apresentam uma correlação, já a forma física da dieta provavelmente não constitui uma causa primordial, mas sim um efeito dessa correlação segundo Marks & Pesti (1984).

REFERÊNCIAS

- ACCO, V. **Mensuração dos níveis séricos de cortisol e de lactato desidrogenase como indicadores de estresse em cutia (*Dasyprocta azarae*)**. Dissertação (Mestrado em Patologia Animal) Universidade Federal do Paraná, 1998.
- ADEOLA, O., XUE, P.C., COWIESON, A.J., AJUWON, K.M., 2016. **Basal endogenous losses of amino acids in protein nutrition research for swine and poultry**. *Animal Feed Science and Technology*, 221, 274–283. <https://doi.org/10.1016/j.anifeedsci.2016.06.004>
- BREGENDAHL, K., SELL, J.L., ZIMMERMAN, D.R., 2002. **Effect of low-protein diets on growth performance and body composition of broiler chicks**. *Poultry Science*, 81, 1156–1167. <https://doi.org/10.1093/ps/81.8.1156>
- GONZÁLEZ-VEGA, J.C., KIM, B.G., HTOO, J.K., LEMME, A., STEIN, H.H., 2011. **Amino acid digestibility in heated soybean meal fed to growing pigs**. *Journal of Animal Science*, 89, 3617–3625. <https://doi.org/10.2527/jas.2010-3465>
- JAHANIAN, R., RASOULI, E., 2016. **Effect of extrusion processing of soybean meal on ileal amino acid digestibility and growth performance of broiler chicks**. *Poultry Science*, 95, 2871–2878. <https://doi.org/10.3382/ps/pew178>
- JANSMAN, A.J.M., SMINK, W., VAN LEEUWEN, P., RADEMACHER, M., 2002. **Evaluation through literature data of the amount and amino acid composition of basal endogenous crude protein at the terminal ileum of pigs**. *Animal Feed Science and Technology*, 98, 49–60. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(02\)00015-9](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(02)00015-9)
- JIANG, W., ZHANG, L., SHAN, A., 2013. **The effect of vitamin E on laying performance and egg quality in laying hens fed corn dried distillers grains with solubles**. *Poultry Science*, 92, 2956–2964. <https://doi.org/10.3382/ps.2013-03228>
- KIM, J.C., MULLAN, B.P., PLUSKE, J.R., 2012. **Prediction of apparent, standardized, and true ileal digestible total and reactive lysine contents in heat-damaged soybean meal samples**. *Journal of Animal Science*, 90, 137–139. <https://doi.org/10.2527/jas.53819>
- MARKS, H.L.; PESTI, G.M. **The Roles of Protein Level and Diet Form in Water Consumption and Abdominal Fat Pad Deposition of Broilers**. *Poultry Science*, 63, p. 1617-1625, 1984.
- NAJAFI, P., ZULKIFLI, I., SOLEIMANI, A.F., KASHIANI, P., 2015. **The effect of different degrees of feed restriction on heat shock protein 70, acute phase proteins, and other blood parameters in female broiler breeders**. *Poultry Science*, 94, 2322–2329. <https://doi.org/10.3382/ps/pev246>

PARSONS, C.M., HASHIMOTO, K., WEDEKIND, K.J., BAKER, D.H., 1991. **Soybean protein solubility in potassium hydroxide: an in vitro test of in vivo protein quality.** Journal of Animal Science, 69, 2918–2924. <https://doi.org/10.2527/1991.6972918x>

QAID, M.M., AL-GARADI, M.A., 2021. **Protein and amino acid metabolism in poultry during and after heat stress: A review.** Animals 11. <https://doi.org/10.3390/ani11041167>

RAVINDRAN, V., 2021. **Progress in ileal endogenous amino acid flow research in poultry.** Journal of Animal Science, Biotechnol. 12, 1–11. <https://doi.org/10.1186/s40104-020-00526-2>

SAKOMURA, N.K.; ROSTAGNO, H.S. **Métodos de pesquisa em nutrição de monogástricos.** 2.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2016. 262p.

SILVA, D.L., DALÓLIO, F.S., TEIXEIRA, L. V., SENS, R.F., ALBINO, L.F.T., ROSTAGNO, H.S., 2022. **Impact of the Supplementation of Exogenous Protease and Carbohydrase on the Metabolizable Energy and Standardized Ileal Amino Acid Digestibility of Soybean Meals in Two Brazilian Regions.** Rev. Brasileira Ciencia Avícola, 24. <https://doi.org/10.1590/1806-9061-2021-1452>

SIRIWAN, P., MOLLAH, Y., ANNISON, E.F., 1993. **Measurement of endogenous amino acid losses in poultry.** Br. Poultry Science, 34, 939–949. <https://doi.org/10.1080/00071669308417654>

Van KEULEN, J.; YOUNG, B.A. **Evaluation of acid-insoluble ash as natural marker in ruminant digestibility studies.** Journal of Animal Science, v.4, p.282–287, 1977.

YANG, Y.X., GUO, J., YOON, S.Y., JIN, Z., CHOI, J.Y., PIAO, X.S., KIM, B.W., OHH, S.J., WANG, M.H., CHAE, B.J., 2009. **Early energy and protein reduction: Effects on growth, blood profiles and expression of genes related to protein and fat metabolism in broilers.** Br. Poultry Science, 50, 218–227. <https://doi.org/10.1080/00071660902736706>

Zhang, H.Y., Yi, J.Q., Piao, X.S., Li, P.F., Zeng, Z.K., Wang, D., Liu, L., Wang, G.Q., Han, X., 2013. **The metabolizable energy value, standardized ileal digestibility of amino acids in soybean meal, soy protein concentrate and fermented soybean meal, and the application of these products in early-weaned piglets.** Asian-Australasian Journal of Animal Science, 26, 691–699. <https://doi.org/10.5713/ajas.2012.12429>