



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ZOOTECNIA**

***WHITE STRIPING E WOODEN BREAST:*
MITIGAÇÃO DAS MIOPATIAS COM USO DE COMPOSTOS
POLIFENÓLICOS**

Acadêmica: Jacqueline Rosa de Souza

**Dourados – MS
Novembro /2022**



UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
CURSO DE ZOOTECNIA

WHITE STRIPING E WOODEN BREAST:
MITIGAÇÃO COM USO DE COMPOSTOS POLIFENÓLICOS

Acadêmica: Jacqueline Rosa de Souza

Orientadora: Claudia Marie Komiyama

Trabalho de conclusão de curso apresentado à Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados como parte das exigências para obtenção da graduação de bacharel em Zootecnia.

Dourados – MS

Novembro/2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

	<p>Souza, Jacqueline Rosa de</p> <p>White Striping e Wooden Breast: Mitigação das miopatias com uso de compostos polifenólicos. / Jacqueline Rosa de Souza. – Dourados, 2022.</p> <p>Orientadora: Profa. Dra. Cláudia Marie Komiyama.</p> <p>TCC (Graduação) Zootecnia – Universidade Federal da Grande Dourados.</p> <p>1. Antioxidante natural. 2. Miopatias peitoral. 3. Taninos hidrolisáveis. 4. Qualidade de carne. Título.</p>
--	---

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central – UFGD.

©Todos os direitos reservados. Permitido a publicação parcial desde que citada a fonte.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO:

WHITE STRIPING E WOODEN BREAST: MITIGAÇÃO COM USO DE COMPOSTOS POLIFENÓLICOS

Aprovado como parte das exigências para a obtenção do grau de bacharel em ZOOTECNIA pela comissão examinadora.



Profa. Dra. Claudia Marie Komiyama
(Orientadora)



Profa. Dra. Fabiana Cavichio



Profa. Dra. Maria Fernanda Castro Burbarelli



Me. Vivian Aparecida Rios Castilho

Data de realização: 04 de novembro de 2022



Prof. Dr. Rodrigo Garofallo Garcia
Presidente da comissão do TCC-Zootecnia

DEDICATORIA

Primeiramente à Deus.

A minha mãezinha Maria santíssima

Ao meu marido, João Paulo Mion Rodrigues, por todo companheirismo, e apoio durante essa caminhada.

Aos meus pais, avós e irmãs, por sempre estarem comigo, me apoiando e me ajudando no que fosse necessário.

Aos meus amigos por sempre estarem comigo quando precisei.

A todos meus eternos agradecimentos.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente quero agradecer à Deus e a minha mãezinha Maria Santíssima por me guiar, dar forças, coragem, por me proteger e colocar pessoas especiais no meu caminho durante toda essa caminhada.

Ao meu marido João Paulo, meus filhos Nicololy e Pedro Henrique por existirem em minha vida e serem sempre a minha razão para não desistir.

Aos meus avós Nilza e Apolinário por sempre torcer por mim e fazer sempre o necessário para eu realizar o sonho de ser uma zootecnista.

Aos meus pais Jucilene e Juarez pela vida, e por nunca me negarem uma palavra de incentivo.

As minhas irmãs, Adrielle, Jamile e Juliana, por sempre me ajudarem quando precisei.

A todos amigos que fiz durante a faculdade: Tacyana por ser sempre uma parceira em todos os momentos, por sempre me ajudar a entender as matérias quando eu sentia dificuldade; Leidiane por ser sempre a amiga de todas as horas, com a mesma sintonia nos momentos de descontração; Amanda por sempre minha parceira nos trabalhos de dupla, por ser essa amiga atenciosa e meiga, apesar de me chamar de grossa inúmeras vezes; Jheinny por ser a amiga doida que eu podia contar para qualquer coisa, e por todas as histórias que terei pra contar; Daniela por ser a amiga centrada e preocupada do grupo, sempre nos colocando na linha; Luiz Miguel por ser como um irmão para mim; e Rosalvo por ter sido meu amigo desde o primeiro dia de faculdade.

A todos meus colegas de turma que de alguma forma também contribuíram para que eu pudesse chegar até aqui.

A minha orientadora Profa. Dra. Claudia Marie Komiyama, da qual eu sinto muito orgulho de dizer que me orientou durante os 5 anos de faculdade, obrigada por toda paciência, ensinamentos, confiança, por sempre acreditar em mim, por sempre me disciplinar, por todas as cobranças, oportunidades, e por sempre ser uma inspiração para mim.

A todo o grupo de pesquisa em avicultura, que me acolheu e me ensinou muito, ao Prof. Dr. Rodrigo Garófalo e Profa. Dra. Maria Fernanda, a todos os mestrados e doutorandos, principalmente a Vivian Castilho por todos os ensinamentos,

companheirismo; a Bruna Barreto, Andrey Sávio, Felipe Serpa e Fernando Benites, e todos os demais alunos que passaram pelo grupo de pesquisa.

A todos os professores do curso de Zootecnia que me acompanharam e contribuíram para meu aprendizado.

À Universidade Federal da Grande Dourados, a Faculdade de Ciências Agrárias, ao curso de Zootecnia pela oportunidade de realização deste.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Miopatias peitorais	3
2.2 Etiologia.....	4
2.3 Estratégias nutricionais para mitigar as miopatias.....	5
3. MATERIAL E MÉTODOS	8
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	14
5. CONCLUSÃO	20
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	21

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição das dietas experimentais	9
Tabela 2. Frequência das miopatias peitorais em peito de frangos de corte submetidos a dietas com diferentes níveis de inclusão de compostos bioativos aos 21 e 42 dias de idade.....	14
Tabela 3. Qualidade da carne de peitos de frangos de corte submetidos a dietas com diferentes níveis de inclusão de compostos bioativos aos 21 dias de idade.....	16
Tabela 4. Qualidade da carne de peitos de frangos de corte submetidos a dietas com diferentes níveis de inclusão de compostos bioativos aos 42 dias de idade.....	17
Tabela 5. Morfometria das fibras musculares de frangos de corte alimentados com dietas contendo diferentes níveis de compostos bioativos aos 21 e 42 dias de idade.....	18

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Procedimento de amostragem para análise da qualidade da carne de músculo do peito de frangos de corte 24 post-mortem e congelados/descongelados.....	11
--	----

Souza, Jacqueline Rosa. Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-MS, novembro 2022. *White Striping e Wooden Breast: Mitigação das miopatias com uso de compostos polifenólicos*. Orientadora: Profa. Dra. Claudia Marie Komiyama.

RESUMO

O objetivo do trabalho foi de avaliar a utilização de compostos bioativos ricos em polifenóis na dieta de frangos de corte e seus efeitos sobre a incidência das miopatias peitorais *White striping* e *Wooden breast* avaliando os escores macroscópicos, histomorfometria do músculo e seus impactos na qualidade da carne. O experimento foi conduzido em um aviário experimental localizado no setor de Avicultura na Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados. Foram alojados 1.280 pintos de um dia de idade, machos, da linhagem Ross TM4®. As aves foram distribuídas em delineamento inteiramente casualizado em quatro tratamentos com a inclusão de extratos bioativos em quatro níveis: Controle, 250 g/ton, 500 g/ton, 1.000 g/ton, com oito repetições, totalizando 32 boxes, com 40 aves cada. A ração experimental foi fornecida *ad libitum*, a base de milho e farelo de soja, de acordo com a fase produtiva, sendo as dietas isoproteicas e isoenergéticas. Foram realizados abates aos 21 e 42 dias de idade para avaliação dos parâmetros de qualidade da carne, bem como da incidência das miopatias peitorais (*White striping* e *Wooden breast*). Além disso, foram coletados fragmentos do músculo peitoral maior de uma ave por repetição para confecção das lâminas para as análises histomorfológicas. A utilização do extrato bioativo rico em polifenóis apresentou influência positiva sobre o desenvolvimento da miopatia *Wooden breast*, visto que as aves que foram alimentadas com os diferentes níveis de inclusão do produto obtiveram incidência de graus menos severos das miopatias. Além disso, o polifenol contribuiu com a maciez da carne dos frangos de corte, melhorando a força de cisalhamento aos 21 e 42 dias e diminuiu a perda de água durante o processo de cozimento.

Palavras-chave: antioxidante natural, miopatias peitoral, taninos hidrolisáveis, qualidade de carne.

Souza, Jacqueline Rosa. Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados-MS, novembro 2022. *White Striping and Wooden Breast: Mitigation of myopathies with the use of polyphenolic compounds*. Orientadora: Profa. Dra. Claudia Marie Komiyama.

ABSTRACT

The objective of this study was to evaluate the use of bioactive compounds (polyphenols) in the diet of broilers and their effects on the incidence of White striping and Wooden breast pectoral myopathies, evaluating the macroscopic scores, muscle histomorphometry and their impacts on meat quality. The experiment was carried out in an experimental aviary located in the Poultry sector at the Faculty of Agricultural Sciences of the Federal University of Grande Dourados. 1280 one-day-old male chicks of the Ross TM4® strain were housed. The birds were distributed in a completely randomized design in four treatments with the inclusion of bioactive extracts at four levels: Control, 250 g/ton, 500 g/ton, 1,000 g/ton, with eight replications, totaling 32 boxes, with 40 birds each. The experimental diet was provided ad libitum, based on corn and soybean meal, according to the production phase, with isoprotein and isoenergetic diets. Slaughter was carried out at 21 and 42 days of age to evaluate meat quality parameters, as well as the incidence of pectoral myopathies (White striping and Wooden breast). In addition, pectoralis major muscle fragments were collected from one bird per repetition for histomorphometric analysis. The use of the bioactive extract rich in polyphenols had a positive influence on the development of Wooden breast myopathy, since the birds that were fed with different levels of inclusion of the product had an incidence of less severe degrees of myopathies. In addition, the polyphenol contributed to the tenderness of the meat of broilers, improving the shear force at 21 and 42 days and decreasing the loss of water during the cooking process.

Keywords: hydrolysable tannins, meat quality, natural antioxidant, pectoral myopathies.

1. INTRODUÇÃO

O Brasil encontra-se na posição de terceiro maior produtor mundial de carne de frango, em 2021 alcançou o recorde de maior exportação de frangos de corte *in natura* (IBGE, 2022). O consumo da carne de frango tem crescido significativamente nos últimos 50 anos, e tende a aumentar cada vez mais, devido a sua qualidade e diversidade, além de conter um valor acessível a todas as classes econômicas.

Com esse aumento exacerbado do consumo da carne de frango, foram necessárias algumas mudanças para conseguir atender a alta demanda do mercado, dessa forma começou a se produzir mais carne em menor tempo e espaço, com o auxílio da genética, nutrição e manejo. Porém, juntamente com o crescimento acelerado das aves, apareceram também alguns problemas, como por exemplo as miopatias peitorais *White striping e Wooden breast*.

A *White striping e Wooden breast* foram relatadas primeiramente a alguns anos atrás, onde foram descritas como estrias brancas paralelas as fibras do musculo peitoral (Kuttappan, 2009) e o endurecimento do musculo do peito que se apresenta pálido, abaulado e coberto por um fluido viscoso claro, respectivamente (Sihvo et al., 2014). Desde então, pesquisas veem sendo realizadas com o intuito de descobrir as verdadeiras causas do aparecimento das miopatias, porém ainda não se sabe ao certo quais suas causas.

Uma das hipóteses mais populares acerca do desenvolvimento de ambas as miopatias é de que frangos de corte com maior taxa de crescimento muscular resultam em maior demanda metabólica e circulatória, levando ao aumento do risco de acúmulo de resíduos metabólicos, como radicais livres, levando ao estresse oxidativo (Petracci et al., 2019). Os radicais livres são altamente reativos e podem danificar DNA, RNA, proteínas e lipídeos presentes nas células do músculo (Surai, 2015) causando inflamação e distúrbios metabólicos, eventualmente resultando em degeneração das fibras musculares. Dessa forma, o dano causado pelo estresse oxidativo está além da capacidade regenerativa das células musculares, ocasionando acúmulo de tecido adiposo e conjuntivo (Petracci et al., 2019; Kuttappan et al., 2021).

Por essas miopatias estarem causando grandes perdas econômicas para as indústrias, devido ao seu aspecto visual e prejuízo qualitativo da carne (Kuttappan, 2016) diversos estudos estão focados em descobrir maneiras de mitigar as miopatias peitorais. Essas estratégias podem ser amplamente classificadas em abordagens relacionadas à taxa de crescimento e baseadas na utilização de antioxidantes (Sirri et al., 2016; Bodle et al., 2018; Cemin et al., 2018). As abordagens relacionadas à taxa de crescimento focam em manipular ou desacelerar as aves durante todo ou parte do período de crescimento e, assim, reduzir miopatias (Kuttappan et al.,

2016), contudo, além de diminuir a incidência das miopatias, essas abordagens correm o risco de comprometer o desempenho do animal.

Semelhante às abordagens nutricionais descritas acima, os benefícios da utilização de antioxidantes também são variáveis e às vezes confundidos por seu efeito na taxa de crescimento, peso de abate e/ou rendimento de peito, o que torna difícil tirar conclusões significativas. De fato, antioxidantes dietéticos, vitaminas e minerais biodisponíveis como zinco, cobre, manganês e selênio demonstraram reduzir o estresse oxidativo no tecido animal (Dibner et al., 1996; Avanzo et al., 2001; Surai, 2015).

Além dos nutrientes como minerais e vitaminas essenciais, há uma série de componentes derivados das plantas, incluindo, por exemplo, fibras, fitoesteróis e carotenoides que podem promover benefícios à saúde humana e animal. Nesse caso, a classe dos fitoquímicos chamados de polifenóis tem mostrado bons efeitos no desempenho e saúde intestinal de animais de produção.

Uma alternativa que tem gerado diversidade de pesquisas é o uso de taninos, que são compostos fenólicos encontrados como componentes de plantas; eles têm efeitos biológicos diferentes devido à sua capacidade de precipitar proteínas e se ligar a metais (Makkar, 2003; Frutos et al., 2004) e como antioxidantes (Luciano et al., 2009). Os taninos podem ser classificados de diferentes maneiras: 1) em relação ao processo de produção em que dois grupos podem ser diferenciados, como os extraídos com água e os extraídos com éter (Nogueira, 2011); 2) quanto à sua classificação química de acordo com sua estrutura e reatividade a agentes hidrolíticos, sendo os taninos hidrolisáveis (pirogálicos) e taninos condensados (proantocianidinas) (Frutos et al., 2004).

Embora os taninos, particularmente os taninos hidrolisáveis, possam causar respostas de toxicidade nos animais quando consumidos em quantidades excessivas, eles proporcionam efeitos benéficos quando usados em concentrações baixas a moderadas (Reed, 1995). Esses taninos exibem atividades antivirais, antibacterianas e antioxidantes (Dinis et al., 2012) e em células do epitélio gastrointestinal (Fernandes et al., 2009; Ma et al., 2011).

Os polifenóis, de maneira geral, possuem propriedades antioxidante e podem reduzir os efeitos negativos do estresse oxidativo (Lipiński et al., 2017), podendo ser comparados aos efeitos dos principais antioxidantes biológicos, como α -tocoferol e ácido ascórbico (Surai, 2014), além de possuírem efeitos antiinflamatórios, bactericidas e imunomoduladoras (Landete, 2013). Seu efeito antioxidante é capaz eliminar radicais livres e regular as atividades de diferentes tipos de oxidases no organismo (Yan et al., 2020).

Diante do apresentado, o objetivo dessa pesquisa é de avaliar a utilização de compostos bioativos ricos em polifenóis (taninos hidrolisáveis) na dieta de frangos de corte e seus efeitos sobre a incidência das miopatias peitorais *White striping* e *Wooden breast* avaliando os escores macroscópicos, histomorfometria do músculo e seus impactos na qualidade da carne.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Miopatias peitorais

A alta demanda pela carne de frango levou a buscas de melhorias na seleção genética, visando melhor conversão alimentar, tamanho do musculo peitoral, redução de gordura e otimização do crescimento corporal, o que ocasionou uma redução do tempo de crescimento pela metade quando comparado com o início da década de 1950 (Anthony, 1998). Estudos demonstram que esse rápido crescimento trouxe algumas anormalidades para a carne das aves, principalmente relacionadas ao musculo peitoral (Velleman, 2015; Clark e Velleman, 2017). Dentre essas anormalidades estão a *Wooden breast* (peito amadeirado) e a *White striping* (estrias brancas) que são miopatias que trazem tanto danos morfológicos quanto danos visuais a carne de frango de corte.

A miopatia *White striping* foi apresentada no princípio como listras brancas paralelas à fibra muscular na superfície do músculo peitoral (Bauermeister et al., 2009; Kuttappan et al., 2009). Avaliações histológicas mostraram que essa miopatia geralmente está associada à degeneração muscular e alterações nas fibras musculares, como perda de fibras cruzadas, variabilidade no tamanho da fibra, degeneração vacuolar, lise de fibras, mineralização leve, regeneração ocasional (remo nuclear e células multinucleadas), infiltração de células mononucleares, lipidose, inflamação intersticial e fibrose (Kuttappan et al., 2013).

A miopatia *Wooden breast* é caracterizada pelo endurecimento e palidez da carne (Sihvo et al., 2014). Estudos histológicos recentes indicam que os primeiros sinais de *Wooden breast* aparecem na primeira semana pós-eclosão, quando as aves afetadas começam a exibir flebite e infiltração lipídica perivascular. Estágios posteriores do *Wooden breast* demonstram miodegeneração difusa, infiltração de células inflamatórias, fibrose, necrose e infiltração lipídica (Papah et al., 2017). Embora podendo ocorrer independentemente um do outro, a *Wooden breast* é frequentemente encontrado com a *White striping* (Sihvo et al., 2014; Mudalal et al., 2015; Dalle Zotte et al., 2017).

O aumento da prevalência e gravidade da *Wooden breast* tem o potencial de resultar em grandes perdas econômicas e pesquisadores relataram que essas perdas podem exceder mais de

US\$ 200 milhões /ano (Kuttappan et al., 2016). Muitas vezes, o músculo peitoral maior das aves acometidos com *Wooden breast* se apresenta pálido, abaulado e coberto por um fluido viscoso claro (Sihvo et al., 2014). Considerando que os consumidores compram frequentemente peitos de frango com base na aparência visual da carne, essa aparência desagradável terá, sem dúvida, um impacto negativo nas vendas (Petracci et al., 2015). E mesmo que a miopatia seja indetectável pela aparência visual antes da compra, a dureza do músculo interno ficará evidente quando a carne for manuseada ou consumida. Em última análise, isso é ruim para o consumidor, a empresa e a produção de aves como um todo, quebrando a confiança do consumidor e potencialmente iniciando o desejo por um produto alternativo (Phillips et al., 2020).

Como a *Wooden breast*, a miopatia *White striping* também é uma grande preocupação nas indústrias avícolas. Com base em suas características visuais, os peitos com a condição grave de *White striping* reduziram o apelo aos consumidores e são rebaixadas para uso como produtos de carne processada, resultando em perdas econômicas significativas para a indústria avícola (Kuttappan et al., 2012 e 2016; Petracci et al., 2014). Os peitos com essa miopatia exibem consistentemente desafios tecnológicos, particularmente a capacidade de retenção de água inferior quando comparado a uma carne sem a miopatia (Kuttappan et al., 2013; Petracci et al., 2013). O perfil nutricional da carne *White striping* é deslocado para maiores proporções de gordura e menores proteínas em comparação com os peitos de frango sem *White striping* (Petracci et al., 2014; Zambonelli et al., 2016; Malila et al., 2018).

Uma vez que a carne é desvalorizada e utilizada para a fabricação de produtos processados, os peitos com condição severa de *White striping*, mesmo em pequenas proporções, podem alterar a qualidade e consistência de um lote inteiro de produtos processados (Petracci e Cavini, 2012).

2.2 Etiologia

Ainda não se sabe ao certo qual a etiologia das miopatias peitorais, apesar de estudos demonstrem que o aparecimento dessas está relacionada ao crescimento dos frangos de corte e seu desenvolvimento muscular (Pampouille et al., 2018), não se pode dizer se essa é a verdadeira e única causa das miopatias.

Diversos autores concordam que a miopatia *Wooden breast* está relacionada ao aumento da produtividade muscular, taxa de crescimento e eficiência alimentar que vem ocorrendo nos frangos de corte nos últimos 50 anos (Kuttappan et al., 2012; Sihvo et al., 2014, Lorenzi et al., 2014; Zhou et al., 2015; Russo et al., 2015; Abashtet al., 2019) pois aves que não foram

selecionadas para essas características de grande importância econômica, não são afetadas pelo peito amadeirado.

Nesse contexto, resultados de pesquisas recentes destacam que os músculos afetados por essas miopatias são caracterizados por um estado de hipóxia grave (Boerboom et al., 2018). Esta condição é determinada provavelmente pelo crescimento massivo das fibras musculares hipertróficas nas linhagens modernas, podendo reduzir o espaço que seria normalmente ocupado por camadas de tecido conjuntivo e vasos sanguíneos, resultando em um limitado suprimento sanguíneo para o músculo, reduzindo a oxigenação e o transporte de nutrientes e, conseqüentemente, acarretando danos celulares (Velleman, 2015). Ao mesmo tempo verificou-se que o deslocamento de produtos metabólicos residuais também pode ser prejudicado (Papah et al., 2017; Sihvo et al., 2017).

Há indícios de que o tecido muscular tenta superar o estado de hipóxia aumentando o fluxo sanguíneo por meio da síntese de óxido nítrico que pode exacerbar e acelerar o desenvolvimento do estresse oxidativo. Esse ambiente pró-oxidativo contribui para a inflamação do tecido e a miodegeneração (Boerboom et al., 2018). A ligação entre a ocorrência de ambas as miopatias peitorais e o estresse oxidativo ainda não são bem definidos, no entanto, estudos recentes têm mostrado níveis de marcadores oxidativo mais altos em frangos acometidos tanto por *White striping* quanto por *Wooden breast* (Abasht et al., 2016; Soglia et al., 2016).

O estresse oxidativo ocorre quando a produção e o acúmulo de ROS (espécies reativas de oxigênio) se desequilibra com a capacidade do organismo de desintoxicação de reativos intermediários e podem levar a danos celulares e tecidos. Os frangos de corte apresentam sinais de maior estresse oxidativo no músculo peitoral maior (Zahoor et al., 2017), e os frangos com alta eficiência alimentar têm maior resposta ao estresse oxidativo no músculo do peito em comparação com aqueles com baixa eficiência alimentar (Zhou et al., 2015). No peito amadeirado, os frangos afetados têm perfis metabólitos indicativos de homeostase redox alterada envolvendo maior exposição de radical livre do que aves não afetadas (Abasht et al., 2016).

2.3 Estratégias nutricionais para mitigar as miopatias

Enquanto não se encontram os reais motivos do aparecimento das miopatias peitorais nos frangos de corte, diversos autores têm estudado medidas para tentar aplacar essas miopatias, que segundo Petracci et al. (2019) são fatores relacionados com nutrição e genética. Desse modo, alternativas nutricionais, tem sido alvo de pesquisas, como uma forma mais simples de contornar a situação, essas alternativas são tanto quantitativas, como qualitativas.

O controle quantitativo do consumo de ração pode ser usado com eficácia para modificar a curva de crescimento dos frangos de corte e reduzir a incidência e a gravidade das miopatias do músculo peitoral. Trocino et al. (2015) investigando a alimentação controlada em partes da curva de crescimento, encontraram aumento na estriação muscular e nenhuma mudança no peito amadeirado quando a alimentação *ad libitum* dos frangos foi reduzida em 80% entre 13 a 21 dias de idade e os frangos foram abatidos aos 46 dias de idade. Da mesma forma, reduzir a alimentação de frangos, de 0 a 11 dias de idade, não teve efeito no peso vivo final ou no peito amadeirado e nas estriações brancas (Aviagen, 2019), esse estudo sugeriu que controlar o consumo alimentar para apenas parte do período de crescimento (0 a 11 dias) não obteve efeito eficaz para o controle de miopatias do músculo peitoral como seria a redução do consumo para todo o período de crescimento, porém observou-se que é possível reduzir a incidência de peito amadeirado e estriações brancas através da modificação da curva de crescimento.

Aviagen (2019) deixou claro que esse método em aviários bem equipamentos, que podem medir e controlar o consumo de ração, poderá ter uma redução na incidência de miopatias do músculo peitoral, embora tenha de ser equilibrado com a perda no desempenho dos frangos de corte, se a alimentação controlada for aplicada em toda a curva de crescimento. Outra alternativa seria controlar a alimentação por um período específico, a fim de reduzir as miopatias do músculo peitoral sem afetar negativamente o desempenho dos frangos de corte. Produtores reduziram significativamente a incidência de peito amadeirado, diminuindo o consumo alimentar *ad libitum* em 3% através desse método.

Outra medida prática para modificar a curva de crescimento é reduzir a alocação dos nutrientes da dieta qualitativamente através da manipulação de aminoácidos, minerais e da densidade energética da dieta (Sirri et al., 2016; Bodle et al., 2018; Cemin et al., 2018). Não há evidências de que a diminuição da densidade nutricional da dieta reduz a incidência de peito amadeirado ou das estriações brancas. Reduzir a densidade dos nutrientes da dieta de 8 a 14 e 8 a 25 dias (Meloche et al., 2018) e 0 a 11 dias e 0 a 28 dias (Aviagen, 2019) aumentou a incidência de peito amadeirado e estriações brancas, indicando que uma má nutrição na vida inicial do frango de corte pode aumentar o risco de miopatias do músculo peitoral.

2.3.1 Uso de aditivos naturais

Existe o aumento constate da utilização de produtos naturais na produção animal devido ao grande desejo do consumidor por alimentos seguros e naturais de origem animal, além de serem excelentes compostos a serem incorporados na dieta dos animais. Os aditivos naturais são representados por um amplo grupo de tecidos vegetais, extratos vegetais, óleos essenciais e

subprodutos vegetais contendo compostos biologicamente ativos com potenciais efeitos positivos na produtividade animal (Hashemi e Davoodi, 2011; Gadde et al., 2017).

Muitos aditivos naturais demonstraram expressar atividade antioxidante significativa, melhorando potencialmente a produção animal e o estado oxidativo de ambos os organismos. Os componentes antioxidantes dos aditivos alimentares pertencem a diferentes classes químicas de metabólitos secundários vegetais que podem ser incluídos na dieta animal como extratos (extratos vegetais), óleos essenciais ou resinas e são caracterizados por um conteúdo significativo de moléculas bioativas (Yonekura-Sakakibara et al., 2019).

A partir dos aditivos naturais é possível isolar polifenóis – sendo os flavonóides o principal grupo que compreende várias moléculas de interesse para a alimentação animal – ácidos fenólicos e ainda benóides (Surai, 2014). Os polifenóis são compostos bioativos capazes de interagir com as matrizes alimentares, reduzindo ou aumentando a acessibilidade e disponibilidade de nutrientes. O produto metabolizado gerado após sua absorção é o principal componente bioativo que entra na circulação sistêmica e atinge os órgãos alvo (Swallah et al., 2020).

Os compostos polifenólicos possuem propriedades antioxidante e podem reduzir os efeitos negativos do estresse oxidativo (Lipiński et al., 2017), além de possuírem efeitos antiinflamatórios, bactericidas e imunomoduladoras (Landete, 2013). Seu efeito antioxidante é capaz eliminar radicais livres e regular as atividades de diferentes tipos de oxidases no organismo (Yan et al., 2020). Isso pode ser dado por sua estrutura hidroxila fenólica na qual os elétrons podem ser conjugados, em que a capacidade de ligação do íon de hidrogênio é enfraquecida e, portanto, mais propenso a ser dissociado e então o íon de hidrogênio ativo neutraliza os radicais livres e outras espécies reativas de oxigênio (ROS), eliminando os radicais livres (Zuo et al., 2018; Yan et al., 2020).

Em sua maioria, os antioxidantes utilizados pelas indústrias de alimentos são artificiais, por serem estáveis em diferentes alimentos, mais econômicos e não afetarem o sabor dos alimentos (Fernandes, 2019). Porém, estudos tem comprovado que o uso desses antioxidantes sintéticos pode causar danos à saúde; por esse motivo juntamente com o apelo por parte dos consumidores que têm exigido do mercado produtos mais naturais (Valentão et al., 2002; Amarowicz et al., 2004), estudos tem buscado substituir os antioxidantes artificiais pelos naturais.

O antioxidante utilizado nesse estudo é a mistura de extratos vegetais ricos em polifenóis classificados como taninos hidrolisáveis, que causa vários efeitos benéficos agindo na eliminação de radicais livres, aumento na regulação de enzimas antioxidantes, regeneração da

vitamina E, inativação de ions de metais, de transição e inibição de enzimas geradora de radicais livres. Diante disso, de acordo com o proposto pela empresa, existe a hipótese de que esse composto possa limitar processos oxidativos em peitos de frangos, tendo um efeito semelhante a vitamina E. Como já foi dito no texto acima, há indícios de que as miopatias peitorais esteja relacionada ao estresse oxidativo, portanto a utilização desse aditivo alimentar pode mitigar a ocorrência das miopatias peitorais descritas nessa revisão.

Os Taninos são compostos fenólicos que fazem parte dos metabólitos secundários encontrados em plantas e são conhecidos por apresentarem ação biológica (Kraus et al., 2003). Ainda não se compreende claramente o mecanismo de atuação biológica dos taninos, e sua atividade anti-inflamatória foi relatada recentemente na literatura (Raphael e Kuttan, 2003).

O mecanismo de atividade antioxidante atribuída aos flavonóides e taninos auxilia no processo de cura, já que os radicais livres são um fator importante na formação de lesões ulcerativas e erosivas do trato gastrintestinal (Borrelli & Izzo, 2000; Carbonezi et al., 2007).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Aves e alojamento

Todos os procedimentos deste estudo estão de acordo com os preceitos éticos para pesquisa científica e aprovados pela Comissão de Ética no Uso de Animais CEUA da Universidade Federal da Grande Dourados (protocolo CEUA/UFGD 02/2022).

O experimento foi conduzido no aviário experimental localizado no setor de Avicultura na Faculdade de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados. O Aviário do tipo pressão negativa possui cortinas e sobrecortinas, além de nebulizadores e ventiladores para controle de temperatura interna, sendo constituído por 56 boxes dotados de bebedouro do tipo pendular e comedouro tubular. O aquecimento inicial foi feito através da utilização de lâmpadas infravermelhas de 250 W para cada boxe. O programa de luz adotado foi contínuo de 23 horas de luz na primeira semana, diminuindo gradativamente até as aves serem submetidas a 18 horas de luz e intensidade luminosa de 22 lúmens por m².

Foram alojados 1.280 pintos de um dia de idade, machos, da linhagem Ross TM4® após a pesagem inicial e uniformização dos pesos. As aves foram distribuídas em delineamento inteiramente casualizado em quatro tratamentos com a inclusão de extratos bioativos ricos em polifenóis em quatro níveis: Controle, 250 g/ton, 500 g/ton, 1.000 g/ton, com oito repetições, totalizando 32 boxes, com 40 aves cada. A ração experimental foi fornecida *ad libitum*, a base de milho de farelo de soja, de acordo com a fase produtiva (Pré-inicial, inicial, crescimento e

final) atendendo as exigências nutricionais propostas por Rostagno et al. (2017), sendo as dietas isoproteicas e isoenergéticas (Tabela 1). As demais práticas de manejo das aves adotadas durante a condução do experimento foram seguidas conforme o manual da linhagem.

Tabela 1. Composição das dietas experimentais.

Ingredientes	Pré-inicial	Inicial	Crescimento	Final
Milho	42,858	46,260	53,137	62,819
Farelo de soja	46,214	42,749	35,592	27,675
Óleo de soja	5,096	5,862	6,182	5,003
Fosfato bicálcico	2,331	2,132	1,821	1,471
Calcário	0,762	0,721	0,557	0,424
Sal	0,489	0,473	0,449	0,420
DL-Metionina	0,351	0,327	0,286	0,228
L-Lisina	0,105	0,224	0,178	0,217
L-Treonina	0,060	0,058	0,064	0,058
Cloreto de colina	0,080	0,080	0,080	0,080
Bacitracina de zinco	0,050	0,050	0,050	-
Premix vitamínico ¹	0,300	0,300	0,300	0,300
Premix mineral ²	0,300	0,300	0,300	0,300
Inerte	1,000	1,000	1,000	1,000
Atendimento das Exigências, %				
EM, kcal/kg	3000	3100	3200	3250
Proteína bruta	25,010	23,750	21,040	18,290
Cálcio	1,029	0,911	0,758	0,606
Fósforo disponível	0,553	0,525	0,458	0,383
Sódio	0,21	0,210	0,201	0,191
Lisina	1,3687	1,366	1,161	1,008
Metionina	0,667	0,627	0,558	0,473
Metionina + Cistina	1,011	0,955	0,856	0,742
Treonina	0,905	0,852	0,763	0,661

¹Suplemento vitamínico Agrocerec Optmix® níveis de garantia (por quilo do produto): Ácido fólico (mín.) 750,000 mg; Ácido pantotênico (mín.) 10,00 g; Biotina (mín.) 80,00 mg; Niacina (mín.) 40,000 g; Vitamina A (mín.) 8.000.000,00 UI; Vitamina B1 (mín.) 3.000,00 mg; Vitamina B12 (mín.) 18.000,00 µg; Vitamina B2 (mín.) 6.000,00 mg; Vitamina B6 (mín.) 3.250,00 mg; Vitamina D3 (mín.) 2.500.000,00 UI; Vitamina E (mín.) 15.000,00 UI; Vitamina K3 (mín.) 2.500,00 mg.

²Suplemento mineral Agrocerec Optmix® níveis de garantia (por quilo do produto): Cobre (mín.) 6.300,00 mg; Ferro (mín.) 52,50 g; Iodo (mín.) 1.260,00 mg; Manganês (mín.) 70,00 g; Selênio (mín.) 300,00 mg; Zinco (mín.) 63,00 g.

Foram realizados abates aos 21 e 42 dias de idade. Todas as aves foram pesadas e selecionadas duas aves por repetição com variação de $\pm 5\%$ do peso médio, para avaliação dos parâmetros de qualidade da carne bem como da incidência das miopatias peitorais (*White striping* e *Wooden breast*). Além disso, foram coletados fragmentos do músculo peitoral maior de uma ave por repetição para confecção das lâminas para as análises histomorfométricas.

Abate e análise da qualidade da carne

Aos 21 e 42 dias de idade, foram selecionadas 2 aves por repetição, totalizando 16 aves por tratamento para o abate. As aves foram submetidas ao jejum alimentar de oito horas no aviário, acondicionadas em caixas plásticas com capacidade para oito aves e transportadas ao Laboratório de Carnes da FCA/UFMG.

As aves foram sacrificadas por deslocamento cervical, seguida de secção das veias jugulares e artérias carótidas e sangradas por três minutos. A escaldagem das carcaças foi feita em tanque de água com temperatura à 58 °C e duração de dois minutos, seguida da depenagem automática das carcaças. A evisceração e retirada dos pés e cabeça após a depenagem procedeu-se de forma manual. Após a evisceração das carcaças, foi realizado o resfriamento das carcaças via água e com duração de 12 minutos no pré *chiller* à temperatura de 10 a 18°C e *chiller* com duração de 18 minutos à temperatura de zero a 2°C.

Após o resfriamento, os peitos foram submetidos a desossa e separados para caracterização das miopatias. Os peitos foram classificados entre um dos quatro scores de *White striping* (WS) estabelecidos em grau zero ou normal, o filé que não apresentou nenhuma estriação; grau 1 ou moderado, que possuía estrias finas, geralmente com menos de 1 mm de espessura, mas aparentemente visíveis na superfície do filé; grau 2 ou grave, estrias largas com espessura entre 1 a 2 mm, muito visíveis na superfície do filé; grau 3 ou extremo, estrias grossas maiores que 2 mm de espessura, cobrindo quase toda a superfície do filé.

A condição de *Wooden breast* (WB) nos filés de peito foi identificada após o abate das aves através da palpação manual (Tijare et al., 2016) e o grau de severidade classificado adaptado conforme descrito por Sihvo et al. (2017). Considerou-se grau 0 ou normal, o filé que apresentou cor e consistência normais; grau 1 ou moderado, onde a consistência do filé apresentou forma endurecida e a coloração pálida na área cranial do filé; e, grau 2 ou grave, em que o músculo se apresentar severamente endurecido e pálido; e, grau 3 ou severo quando o músculo se apresentou severamente endurecido com a presença de material viscoso e petéquias hemorrágicas.

Após a classificação dos filés quanto aos scores das miopatias, os peitos foram devidamente identificados e armazenados em temperatura à 5°C por 24 horas *post mortem* até

serem submetidas às análises de qualidade, sendo o peito de frango subdividido de acordo com Castilho et al. (2022) para a realização de todas as análises em cada peito: medidas físicas, pH, cor objetiva, capacidade de retenção de água, *drip loss* realizadas no filé direito do peito; e perda de peso por descongelamento, perda de peso por cocção e força de cisalhamento realizadas no filé esquerdo (Figura 1).

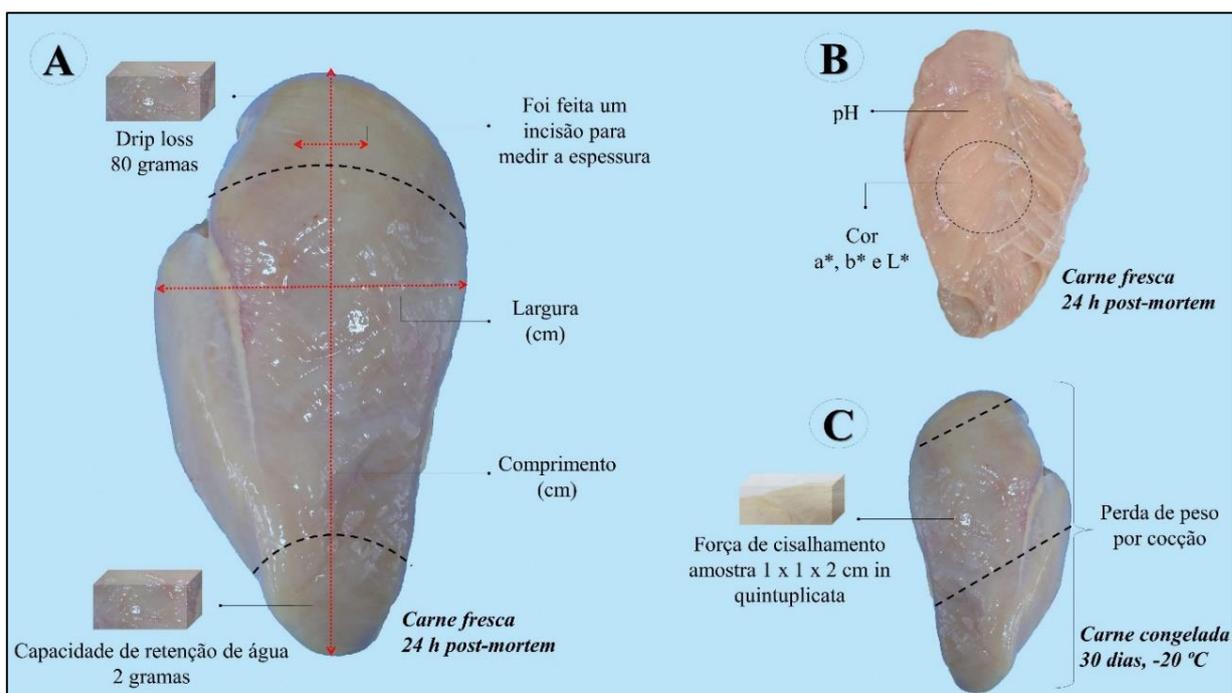


Figura 1. Procedimento de amostragem para análise da qualidade da carne de músculo do peito de frangos de corte 24 post-mortem e congelados/descongelados. A) Análises de dimensões (comprimento, largura e espessura), capacidade de retenção de água e *drip loss* realizadas no lado direito do peito 24 horas *post mortem*; B) Análise de colorimetria (L^* , a^* e b^*) e pH realizados na parte interna no peito 24 horas post mortem; e, C) Perda de peso por descongelamento e cocção e análise de força de cisalhamento realizadas em peitos do lado esquerdo congelados por 30 dias a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Adaptado de Castilho et al., (2022).

O dimensionamento do peito foi realizado com auxílio de um paquímetro digital seguindo a metodologia de Mudalal et al. (2014), mensurando-se largura, comprimento e espessuras dos filés (cm). Em seguida, os valores de pH dos filés de peito dos frangos foram mensurados utilizando-se pHmetro digital Texto 205 (calibrado com soluções tampões com pH 4,0 e 7,0 + 0,05/25 °C) e a medição realizada penetrando o sensor na parte superior do filé.

A cor dos filés do peito foi determinada através do colorímetro Minolta portátil CR 400, no sistema CIELab, na qual serão avaliados os parâmetros L^* (luminosidade), a^* (teor de

vermelho) e b^* (teor de amarelo). As medidas foram feitas a partir da calibração do aparelho com três flashes, anotando-se a média obtida. Posteriormente, para a análise da capacidade de retenção de água foram pesadas duas gramas de amostra em forma cúbica entre dois papéis filtro e submetidos a um peso de 10 kg (Hamm, 1960). Para a análise de perda por gotejamento (*drip loss*) foram cortadas 80 gramas de amostra do músculo do peito e acondicionadas em rede suspensa dentro de uma embalagem plástica com tampa por 48 horas refrigerados a 4 °C (Mudalal et al., 2015). Os resultados para as análises foram expressos em percentual, onde foi realizada a diferença dos pesos de entrada versus o peso após as análises.

O filé esquerdo foi submetido ao congelamento em freezer convencional após a devida pesagem. Para o cálculo da perda de peso por descongelamento os filés foram submetidos a descongelamento lento em refrigerador à 5 °C por 24 horas. Após o processo de descongelamento as amostras foram pesadas novamente e submetidos ao processo de cozimento. Para a perda de peso por cocção as amostras foram acondicionadas em embalagens plásticas e cozidas em banho maria a 85 °C por 30 minutos, até atingir uma temperatura interna final de 75 a 80 °C. A pesagem foi realizada após o resfriamento dos filés em temperatura ambiente (Honikel, 1987).

Após o cozimento e pesagem dos filés, os mesmos foram direcionados para determinação da força de cisalhamento. As amostras foram cortadas em paralelepípedos com dimensões de 1 x 1 x 2 cm em quintuplicata e colocadas com as fibras orientadas no sentido perpendicular entre às lâminas Warner-Blatzler do aparelho acoplado ao analisador de textura TA.XT plus (Stable Micro Systems). Os resultados foram expressos em Kg/força/cm² e a velocidade de descida da lâmina será de 200 mm/minuto.

Histomorfometria do músculo peitoral maior

Foram coletadas amostras de 1 ave por repetição, totalizando 8 aves por tratamento aos 21 e 42 dias de idade. As amostras foram coletadas com aproximadamente 100 mg do músculo peitoral maior por ave em formato de paralelepípedo com dimensão de 1 x 1 x 2 cm (altura, largura e comprimento, respectivamente) com o auxílio de bisturi e pinça. Os fragmentos musculares foram extraídos no seu sentido maior com orientação paralela à orientação das fibras musculares, imediatamente congeladas em nitrogênio líquido e conservadas em freezer à temperatura de -80°C.

Os fragmentos congelados foram transferidos para a câmara de um micrótomo criostato Lupetec, modelo CM 2850 à temperatura de -20 °C por 45 minutos e afixados no suporte metálico do criostato utilizando resina especial e então obtidos os cortes histológicos, considerando-se duas lâminas por ave e 10 cortes por lâmina, com 10 µm de espessura e

submetidos a técnica de coloração por Hematoxilina – Eosina (HE) para verificar a morfometria geral das fibras.

Após a confecção das lâminas foram realizadas 10 microfotografias digitais utilizando microscópio ótico modelo BEL Photonics e câmera digital modelo BEL Capture, obtidas em cada lâmina histológica de acordo com as semanas de coleta e analisadas através do programa BEL Capture Images. Análises morfométricas do número de fibras/campo representa a quantidade de fibras contadas por área de secção transversal; diâmetro das fibras (μm) representa a mensuração média do maior diâmetro de cada fibra muscular/campo; área das fibras (μm^2) representa a média da área das fibras mensuradas de forma individual/campo; e área ocupada por fibras/campo (%) representa o percentual de área ocupada por fibras musculares por área de secção transversal, de acordo com a metodologia descrita por Kirchofer et al. (2002).

Análise estatística

Os dados de qualidade de carne e histologia de músculo foram verificados quanto a normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias. Posteriormente os dados foram submetidos a análise de variância através do procedimento MIXED do SAS (SAS 9.3). As variáveis que apresentaram resultados significativos na análise de variância foram analisadas utilizando-se o PROC REG do SAS 9.3 utilizando polinomiais ortogonais para obtenção das regressões que descrevem o comportamento destas variáveis. Os dados de frequência de miopatias peitorais, por não atenderem as premissas estatísticas foram submetidas análises não paramétricas utilizando-se o PROC FREQ do SAS 9.3 e o teste de chi-quadrado. Para todas as análises realizadas o nível de significância utilizado foi de 5%.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No presente estudo, submetemos frangos de corte a uma alimentação contendo diferentes níveis de inclusão de compostos bioativos ricos em polifenóis, do qual obtivemos os seguintes resultados:

Incidência das miopatias e a qualidade da carne

Observamos que houve influência da adição do composto bioativo apenas para a miopatia *Wooden breast*, contudo, essa diferença estatística só ocorreu aos 42 dias de idade em que as aves que não consumiram dietas contendo compostos polifenólicos obtiveram maior incidência de graus mais severos para a miopatias (Tabela 2). Não houve influência da adição do produto na ocorrência de *White striping*.

Tabela 2. Frequência das miopatias peitorais em peito de frangos de corte submetidos a dietas com diferentes níveis de inclusão de compostos bioativos aos 21 e 42 dias de idade.

Score	Níveis de inclusão de polifenóis ¹				P	
	0	250	500	1.000		
<i>White striping</i> (%)						
21 dias	0	14,28	18,75	0	7,14	0,1527
	1	85,72	81,25	100	92,85	
	2	0	0	0	0	
	3	0	0	0	0	
42 dias	0	0	0	0	0	0,6842
	1	35,71	43,75	43,75	49,98	
	2	42,84	50	37,5	42,84	
	3	21,45	6,25	18,75	7,18	
<i>Wooden breast</i> (%)						
21 dias	0	0	25	50	35,7	0,0655
	1	78,54	75	50	64,26	
	2	35,7	0	0	0	
	3	0	0	0	0	
42 dias	0	0	18,75	0	0	0,0053
	1	7,14	37,5	12,5	28,56	
	2	28,56	43,75	81,25	35,7	
	3	64,26	0	6,25	35,7	

¹Adição em g/ton; Qui-quadrado (P<0,05).

Observou-se que os frangos alimentados com dietas que não houve a inclusão dos polifenóis tiveram maior incidência de grau severo (Grau 3) da miopatia *Wooden breast* aos 42 dias, ou seja, as aves apresentaram enrijecimento total do músculo *Pectoralis major*, material

viscoso e petéquias hemorrágicas. Kuttappan et al. (2021) relataram que a utilização de um produto antioxidante reduziu a incidência de graus mais severos de *Wooden breast* devido a redução do estresse oxidativo no tecido muscular.

O polifenól utilizado nesse estudo tem poder antioxidante e anti-inflamatório, essa ação pode ter contribuído para a melhora nos graus de severidade de *Wooden breast*, sabe-se que dentre as causas dessa miopatia está o estresse oxidativo. Os radicais livres acumulados são altamente reativos e podem danificar DNA, RNA, proteínas e lipídios presentes nas células musculares (Surai, 2015), causando inflamação e distúrbios metabólicos, eventualmente causando degeneração das fibras musculares. Uma vez que o dano causado pelo aumento do estresse oxidativo está além da capacidade regenerativa das células musculares, o resultado é um acúmulo de tecido fibroso e gordura levando a miopatias como *Wooden breast* (Petracci et al., 2019).

Em relação ao desenvolvimento das miopatias conforme as idades, podemos ver que ocorre o agravamento das lesões de ambas as miopatias, conforme ocorre o desenvolvimento muscular e ganho de peso das aves (Kuttappan et al., 2012), sendo assim, as aves abatidas aos 42 dias de idade apresentaram graus mais severos de *White striping* e *Wooden breast* (Tabela 2). Esse resultado está de acordo com achados de Kuttapan et al. (2017) e Mudalal et al. (2015) que atestam que as miopatias peitorais estão relacionadas a rápida taxa de crescimento e a filés mais pesados, apesar de serem observadas incidência dessas miopatias em aves de qualquer tamanho ou taxa de crescimento, porém com menor severidade.

Não foram observadas alterações na qualidade da carne dos frangos de corte alimentados ou não com dietas contendo os compostos bioativos ricos em polifenóis para os parâmetros de peso, comprimento, largura e espessura do filé, pH, temperatura, cor objetiva e parâmetros que analisaram a perda de água da carne aos 21 dias de idade (Tabela 3). Observa-se que houve melhora na maciez da carne, onde observamos que as forças de cisalhamento dos filés alimentados com o aditivo obtiveram maior maciez quando comparadas aos filés oriundos de aves que não receberam o produto.

Tabela 3. Qualidade da carne de peitos de frangos de corte submetidos a dietas com diferentes níveis de inclusão de compostos bioativos aos 21 dias de idade.

Variável	Níveis de inclusão de polifenóis ¹				EPM ²	P
	0	250	500	1.000		
21 dias						
Peso filé ³ , kg	0,086	0,09	0,089	0,087	0,001	0,7904
Comprimento, cm	121,63	124,13	120,45	120,1	0,881	0,3348
Largura, mm	60,15	60,03	59,85	61,24	0,516	0,7899
Espessura, mm	21,02	20,87	20,89	20,38	0,245	0,8307
pH	5,87	5,86	5,84	5,83	0,015	0,8167
L*	49,33	49,72	48,14	48,18	0,259	0,0529
Cor a*	3,51	3,49	3,63	3,82	0,098	0,6364
b*	2,933	3,44	3,24	3,30	0,126	0,5774
CRA ⁴ , %	35,17	35,16	34,43	33,59	0,306	0,2439
Drip loss, %	3,68	3,29	3,30	3,29	0,133	0,7161
PPD ⁵ , %	9,62	8,60	8,81	8,52	0,501	0,8884
PPC ⁶ , %	29,36	29,4	29,04	30,89	0,38	0,3195
FC ⁷ , kg/força/cm ²	2,24	1,84	1,99	1,98	0,049	0,0406
Regressões polinomiais (Níveis de inclusão)						
Variável	Efeito	Equação	P	R ²		
Força de cisalhamento	Quad	$y=2,17+-0,0009x+7,989773E-7 x^2$	0,0440	0,0711		

¹Adição em g/ton; ²Erro padrão da média; ³Peso do filé direito in natura; ⁴Capacidade de retenção de água; ⁵Perda de peso por descongelamento; ⁶Perda de peso por cocção; ⁷Força de cisalhamento.

Conforme a equação de regressão, a variável força de cisalhamento apresentou comportamento quadrático em relação aos níveis de inclusão do produto, de modo que a não inclusão do composto bioativo apresentou menor maciez, seguindo de uma melhora significativa da maciez para o menor nível de inclusão (250 g/ton) e um leve decréscimo da maciez da carne para os dois níveis consecutivos (500 e 1.000 g/ton).

Aos 42 dias de idade os parâmetros de qualidade da carne tiveram comportamento similar ao ocorrido aos 21 dias de idade (Tabela 4). Contudo, além da melhora significativa da maciez da carne com melhores valores de força de cisalhamento, houve melhora significativa na perda de água no processo de cocção. De acordo com a regressão polinomial, as variáveis obtiveram comportamento linear decrescente, visto que houve menor perda de água no processo de cocção e menor força aplicada para realizar o corte dos filés cozidos, conforme aumentaram os níveis de inclusão do produto.

Tabela 4. Qualidade da carne de peitos de frangos de corte submetidos a dietas com diferentes níveis de inclusão de compostos bioativos aos 42 dias de idade.

Variável	Níveis de inclusão de polifenóis ¹				EPM ²	P
	0	250	500	1000		
42 dias						
Peso filé ³ , kg	0,395	0,370	0,393	0,389	0,005	0,3943
Comprimento, cm	18,47	18,36	18,30	18,43	0,066	0,8141
Largura, mm	100,99	100,93	97,79	96,80	0,788	0,1426
Espessura, mm	43,98	42,56	42,23	42,85	0,429	0,5235
pH	5,89	5,93	5,98	5,88	0,017	0,1147
Temperatura, °C	9,10	9,70	8,79	9,28	0,195	0,4002
L*	49,99	50,12	49,50	49,50	0,8264	0,0529
Cor a*	2,07	2,24	2,39	2,39	0,2669	0,6364
b*	6,30	6,55	6,18	6,18	0,6767	0,5774
CRA ⁴ , %	34,24	32,55	34,06	32,67	0,488	0,487
<i>Drip loss</i> , %	4,15	3,65	3,86	3,12	0,143	0,0855
PPD ⁵ , %	3,73	2,43	2,91	2,52	0,224	0,1675
PPC ⁶ , %	24,13	20,99	20,88	19,09	0,586	0,0259
FC ⁷ , kg/força/cm ²	2,38	2,03	2,02	1,89	0,068	0,0376
Regressões polinomiais (Níveis de inclusão)						
Variável	Efeito	Equação	P	R ²		
Perda de peso cocção	Lin	y=23,169-0,0042	0,0042	0,1241		
Força de cisalhamento	Lin	y=2,191-0,0038	0,0038	0,1371		

¹Adição em g/ton; ²Erro padrão da média; ³Peso do filé direito in natura; ⁴Capacidade de retenção de água; ⁵Perda de peso por descongelamento; ⁶Perda de peso por cocção; ⁷Força de cisalhamento.

Os resultados encontrados para qualidade de carne (Tabela 4) confirmam os resultados observados quanto a frequência das miopatias (Tabela 2), onde as aves alimentadas com os polifenóis apresentaram menor incidência de graus severos da miopatia *Wooden breast*, visto que essa miopatia é reconhecida pelo endurecimento das fibras musculares e aumento de perda de água no cozimento (Mudalal et al., 2015; Soglia et al., 2016), e quanto maior o grau de severidade, maior também é o endurecimento do músculo.

A quantidade de água na carne exerce grande influência em sua maciez. A textura da carne está relacionada à quantidade de água intramuscular e, portanto, à capacidade de retenção de água da carne, de modo que quanto maior o conteúdo de água fixada no músculo, maior a maciez da carne, sendo assim a menor perda de água na cocção influencia diretamente na maciez da carne.

Delles et al. (2015) relataram que o tecido acometido por maior estresse oxidativo ocasionam alterações significativas na maciez da carne mencionando que houve correlação positiva entre o aumento de proteínas carboniladas e o aumento na força de cisalhamento. Além

disso, a oxidação das proteínas demonstrou reduzir a maciez da carne através da diminuição da degradação proteolítica devido à inativação de enzimas endógenas e/ou ligações cruzadas de proteínas através da formação de ligações dissulfeto (Estévez, 2011).

Histomorfometria e morfologia do músculo peitoral

A adição do composto polifenólico influenciou as variáveis morfométricas das fibras musculares de forma que o número, diâmetro e área das fibras apresentaram comportamento linear nas aves abatidas aos 21 e 42 dias de idade (Tabela 5). Não houve efeito para a variável da área ocupada por fibras aos 21 dias e houve influência para a mesma variável aos 42 dias em que obteve comportamento quadrático.

Tabela 5. Morfometria das fibras musculares de frangos de corte alimentados com dietas contendo diferentes níveis de compostos bioativos aos 21 e 42 dias de idade.

Variável	Níveis de inclusão de polifenóis ¹				EPM ²	P
	0	250	500	1.000		
21 dias						
Número de fibras/campo	109,86	119,5	129,86	148,71	3,192	<0,0001
Diâmetro das fibras (µm)	67,285	65,937	61,987	59,126	0,923	0,0034
Área das fibras (µm ²)	2.385	2.322,08	2.174,86	1.790,71	57,113	0,0002
Área ocupada fibras/campo (%)	70,45	71,40	72,71	72,21	0,606	0,6046
42 dias						
Número de fibras/campo	23,85	29,25	28,12	38,85	1,449	0,0014
Diâmetro das fibras (µm)	124,46	118,81	118,05	96,62	3,093	0,0091
Área das fibras (µm ²)	7.906,40	7.203,83	6.987,89	5.535,20	258,740	0,0082
Área ocupada fibras/campo (%)	48,81	54,30	53,31	60,56	1,154	0,0003
Regressões polinomiais (Níveis de inclusão)						
	Variável	Efeito	Equação	P	R ²	
21 dias	Número de fibras/campo	lin	y=109.933+0.0389x	<0.0001	0,7082	
	Diâmetro das fibras	lin	y=67.33-0.00859x	0,0004	0,4085	
	Área das fibras	lin	y=2439.91-0.6149x	<0.0001	0,5149	
42 dias	Número de fibras/campo	lin	y=23.896+0.01393x	0,0004	0,3929	
	Diâmetro das fibras	lin	y=2126.57-0.02723x	0,0024	0,3205	
	Área das fibras	lin	y=27941.34-2.292x	0,0012	0,3490	
	Área ocupada fibras/campo	quad	y=50.601+0.0267x-0.000024x ²	0,0005	0,2373	

¹Adição em g/ton; ²Erro padrão da média.

É possível observar que o número de fibras obteve comportamento numericamente crescente, ou seja, houve o aumento do número de fibras por campo analisado conforme aumentou os níveis de inclusão dos extratos bioativos ricos em polifenol. Porém houve comportamento inverso para as variáveis de diâmetro e área das fibras, que quanto maior a adição

do aditivo menores foram os tamanhos das fibras musculares analisadas, ou seja, apresentaram comportamento decrescente. Esse comportamento foi apresentado independentemente da idade em que as aves foram abatidas (21 e 42 dias).

A variável área ocupada por fibras/campo representa a área total em percentual coberta por fibras musculares. Tal parâmetro apresentou comportamento quadrático em que o tratamento que não recebeu o produto obteve menor área com fibras musculares e o tratamento com maior nível de inclusão apresentou maior área. Esses dados corroboram com os dados apresentados sobre a ocorrência das miopatias, visto que o tratamento controle obteve maior quantidade de aves com graus mais severos da miopatia *Wooden breast*. A menor área ocupada por fibras pode ser atribuída pela degeneração do tecido muscular ocasionada pela miopatia.

Outro ponto a ser considerado é que o tratamento controle obteve fibras que apresentaram maiores diâmetros e em menor número e o aumento no tamanho das fibras pode estar associado à menor quantidade de capilares sanguíneos, o que Boerboom et al. (2018) pode pressioná-los fazendo com que se reduza a possibilidade de dilatação que acarreta ao inadequado suprimento de oxigênio. Além disso, a insuficiência circulatória pode aumentar o estresse oxidativo e esse fato foi associado à incidência de *Wooden breast* (Papah et al., 2018; Sihvo et al. al., 2018). De fato, os níveis teciduais de radicais livres, que contribuem para o estresse oxidativo, podem ser influenciados por vários fatores endógenos (isquemia, resposta inflamatória, metabolismo mitocondrial e outras fontes citossólicas) (Surai, 2015; Akbarian et al., 2016; Wang et al., 2018).

Diante disso, os tratamentos que apresentaram a maior inclusão dos compostos bioativos que possuem capacidade antioxidante obtiveram maiores números de fibras musculares, contudo, apresentaram fibras com menores calibres apresentando maior área ocupada por fibras/campo analisado aos 42 dias (Tabela 5). Esse fato pode ser atribuído a diminuição do acúmulo dos radicais livres e consequente diminuição da inflamação e distúrbios metabólicos que ocasionam a degeneração das fibras. A degeneração das fibras causa um descontrole no organismo, que na tentativa de regenera-las acaba preenchendo os espaços vazios que não são ocupados pelas fibras musculares, por tecido conjuntivo e tecido adiposo (Sholten et al., 2003).

5. CONCLUSÃO

A utilização do extrato bioativo rico em polifenóis apresentou influência positiva sobre o desenvolvimento da miopatia *Wooden breast*, visto que as aves que foram alimentadas com os diferentes níveis de inclusão do aditivo obtiveram incidência de graus menos severos da miopatias. Além disso, o polifenol contribuiu com a maciez da carne dos frangos de corte, melhorando a força de cisalhamento aos 21 e 42 dias e diminuiu a perda de água durante o processo de cozimento aos 42 dias.

Implicações

O presente estudo utiliza níveis de inclusão de compostos bioativos ricos em polifenóis, para auxiliar na descoberta de compostos que possam ser usados para diminuir o efeito das miopatias musculares *White striping* e *Wooden breast* em frangos de corte. A utilização deste aditivo neste estudo, foi pelo fato de que ainda não se sabe quais aditivos podem ser utilizados para ajudar na diminuição do aparecimento das miopatias, ou no agravamento dessas.

Tais miopatias apresentam quadro inflamatório, por isso a utilização do antioxidante em questão. E observamos que o extrato bioativo influenciou positivamente o desenvolvimento da miopatia *Wooden breast*, controlando o agravamento das lesões. Acreditamos que uma dose maior do composto na dieta das aves poderia trazer maiores benefícios com relação ao musculo peitoral. Enquanto a etiologia das miopatias não forem descobertas, a busca por alternativas que possam auxiliar na mitigação das mesmas faz-se necessária.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABASHT, B., MUTRYN, M. F., MICHALEK, R. D., AND LEE, W. R. (2016). Oxidative stress and metabolic perturbations in wooden breast disorder in chickens.

ABASHT, B., ZHOU, N., LEE, W. R., ZHUO, Z., E PERIPOLLI, E. (2019). As características metabólicas da suscetibilidade à doença mamária de madeira em galinhas com alta eficiência alimentar.

AKBARIAN, A., MICHIELS, J., DEGROOTE, J. *et al.* Associação entre estresse térmico e estresse oxidativo em aves; disfunção mitocondrial e intervenções dietéticas com fitoquímicos. *J Animal Sci Biotechnol* **7**, 37 (2016).

AMAROWICZ, R.A. *et al.* Free-radical scavenging capacity and antioxidant activity of selected plant species from the Canadian prairies. *Food Chemistry*, v.84, n.4, p.551-62, 2004.

ANTHONY, N.B. Revisão das práticas genéticas em aves: Esforços para melhorar a qualidade da carne *J. Muscle Foods*, 9 (1998), pp. 25-33.

AVANZO, J. L., DE MENDONÇA, C. X. JR., PUGINE, S. M., AND DE CERQUEIRA CESAR, M. (2001). Effect of vitamin E and selenium on resistance to oxidative stress in chicken superficial pectoralis muscle. *Comp. Biochem. Physiol. C Toxicol. Pharmacol.* 129, 163–173.

AVIAGEN. Miopatias do Músculo Peitoral (MMP). 2019. Disponível em: http://pt.aviagen.com/assets/Tech_Center/BB_Foreign_Language_Docs/Portuguese/Breast-Muscle-Myopathies-2019-PT.pdf. Acesso em: 14 de outubro de 2022.

BAUERMEISTER, L.J.; MOREY, A.U.; MORAN, E.T.; SINGH, M.; OWENS, C.M.; MCKEE S.R. Ocorrência de listras brancas em filés de peito de frango em relação ao tamanho do frango. *O Poult. Sci.*, 88 (Suppl. 1) (2009), p. 33.

BODLE, B. C., ALVARADO, C., SHIRLEY, R. B., MERCIER, Y., AND LEE, J. T. (2018). Evaluation of different dietary alterations in their ability to mitigate the incidence and severity of woody breast and white striping in commercial male broilers. *Poult. Sci.* 97, 3298–3310.

BOERBOOM, G., VAN KEMPEN, T., NAVARRO-VILLA, A., & PÉREZ-BONILLA, A. (2018). Unraveling the cause of white striping in broilers using metabolomics. *Poultry Science*, 97(11), 3977– 3986.

BORRELLI, F.; IZZO, A. O reino vegetal como fonte de remédios antiúlcera. Artigo de revisão. *Phytotherapy Research*. Vol. 14, edição 8, pag. 581-591. Dezembro de 2000.

CARBONEZI, C.B.; BOLZANI, V.S. Bioactive flavone dimers from *Ouratea multiflora* (Ochnaceae). *Revista Brasileira de Farmacognosia*. 17 (3). Sept 2007.

CASTILHO VAR, KOMIYAMA CM, BURBARELLI MFC, FERNANDES AM, GARCIA RG, SENO LO, BARBOSA DK, PRZYBULINSKI BB, SERPA FC. Precision Technologies for Predictive Diagnosis and Study of the Allometric Growth of Broiler Chickens with Breast Myopathies. *Br Poult Sci.* 2022 Sep 28.

CEMIN, H. S., VIEIRA, S. L., STEFANELLO, C., KINDLEIN, L., FERREIRA, T. Z., AND FIREMAN, A. K. (2018). Broiler responses to increasing selenium supplementation using Zn-L-selenomethionine with special attention to breast myopathies. *Poult. Sci.* 97, 1832–1840. doi: 10.3382/ps/pey001

CLARK, D. L., AND VELLEMAN, S. G. (2017). Spatial influence on breast muscle morphological structure, myofiber size, and gene expression associated with the wooden breast myopathy in broilers. *Poult. Sci.* 95, 2930–2945.

DALLE ZOTTE, A., TASONIERO, G., PUOLANNE, E., REMIGNON, H., CECCHINATO, M., CATELLI, E., et al. (2017). Efeito da aparência da mama de madeira na qualidade da carne de aves, traços histológicos e caracterização das lesões. *Tcheco J. Anim. Sci.* 62, 51–57.

DELLES, R. M.; XIONG, Y. L.; TRUE, A. D.; AO, T.; DAWSON, K. A. (2015). Augmentation of water-holding and textural properties of breast meat from oxidatively stressed broilers by dietary antioxidant regimens. *British Poultry Science*, 56(3), 304–314. doi:10.1080/00071668.2015.1032889.

DIBNER, J. J., ATWELL, C. A., KITCHELL, M. L., SHERMER, W. D., AND IVEY, F. J. (1996). Feeding of oxidized fats to broilers and swine: effects on enterocyte turnover, hepatocyte proliferation and the gut associated lymphoid tissue. *Anim. Feed Sci. Tech.* 62, 1–13.

DINIS, L. T.; MM OLIVEIRA , J. ALMEIDA , R. COSTA , J. GOMES-LARANJO , F. PEIXOTO. Atividades antioxidantes da castanha de *Castanea sativa* Mill (cultivar “Judia”) em função do ecossistema de origem. *Química Alimentar.* , 132 (2012) , pp. 1 – 8.

ESTÉVEZ, M. Protein carbonyls in meat systems: a review. *Meat science*, v. 89, n. 3, p. 259–279, nov. 2011.

FERNANDES, I. FERNANDES, L. CRUZ, N. MATEUS, M. CABRAL, V. DE FREITAS. Antioxidant and biological properties of bioactive phenolic compounds from *Quercus suber* L. *J. Agric. Food Chem.*, 57 (2009), pp. 11154-11160.

FRUTOS, P., HERVÁS, G., GIRÁLDEZ, F. J., MANTECÓN, A. R. Review. 2004 Tannins and ruminant nutrition. *Spanish Journal of Agricultural Research.* 2: 191-202.

GADDE, U.; KIM, WH; AH, ST; LILLEHOJ, HS. Alternativas aos antibióticos para maximizar o desempenho de crescimento e eficiência alimentar em aves: Uma revisão. *Anim. Curar. Res. Rev.* 2017, 18, 26–45.

HAMM, R. (1961). Bioquímica da hidratação da carne. In *Advances in food research* (Vol. 10, pp. 355-463). Imprensa Acadêmica.

HASHEMI, SR; DAVOODI, H. Plantas herbáceas e seus derivados como promotores de crescimento e saúde na nutrição animal. *Veterinario. Res. Comum.* 2011, 35, 169-180.

HONIKEL, K. O. (1987). Influence of chilling on meat quality attributes of fast glycolysing pork muscles. In *Evaluation and control of meat quality in pigs* (pp. 273-283). Springer, Dordrecht.

IBGE. Abate de frangos e suínos bate recorde e o de bovinos volta a cair em 2021. Disponível em <<https://censoagro2017.ibge.gov.br/agencia-noticias/2012-agencia-de-noticias/noticias/33210-abate-de-frangos-e-suinos-bate-recorde-e-o-de-bovinos-volta-a-cair-em-2021#:~:text=O%20Brasil%20registrou%20o%20abate,pelo%20IBGE%2C%20iniciada%20em%201997.>> Acesso: 08 jul 2022.

KUTTAPPAN, V. A.; BREWER, V.B.; LARK, F.D.; MCKEE, S.R.; MEULLENET, J.F.; EMMERT, J.L.; OWENS, C.M. Efeito da listra branca nas características histológicas e de qualidade da carne dos filés de frango. *O Poult. Sci.*, 88 (E-Suppl. 1) (2009), pp. 136-137.

KUTTAPPAN, V. A., BREWER, V. B., APPLE, J. K., WALDROUP, P. W., E OWENS, C. M. (2012). Influência da taxa de crescimento na ocorrência de listras brancas em filés de peito de frango. *O Poult. Sci.* 91, 2677–2685.

KUTTAPPAN, V.A.;SHIVAPRASAD, H.L.;SHAW, D.P.;VALENTINE, B.A.HARGIS, B.M.;CLARK, F.D.; MCKEE, S.R.; OWENS, C.M.; Alterações patológicas associam-se à listra branca nos músculos mamários do frango. *O Poult. Sci.*, 92 (2013), pp. 331-338.

KUTTAPPAN, V. A., HARGIS, B. M., E OWENS, C. M. (2016). Listras brancas e miopatias de peito amadeirado na indústria avícola moderna: uma revisão. *O Poult. Sci.* 95, 2724–2733.

KUTTAPPAN VA, BOTTJE W., RAMNATHAN R., HARTSON SD, COON C., KONG B., et al. (2017). A análise proteômica revela alterações no metabolismo de carboidratos e proteínas associadas à miopatia da mama de frangos de corte. *peru. Sci.* 96 2992-2999.

KUTTAPPAN, V. A., MANANGI, M., BEKKER, M., CHEN, J., & VAZQUEZ-ANON, M. (2021). Nutritional intervention strategies using dietary antioxidants and organic trace minerals to reduce the incidence of wooden breast and other carcass quality defects in broiler birds. *Frontiers in Physiology*, 12, 663409.

KRAUS, T. E. C.; DAHLGREN, R. A.; ZASOSKI, R. J.; *Plant Soil* 2003, 256, 41.

KIRCHOFER, KS, CHRIS R. CALKINS E BL Gwartney. "Composição do tipo fibra dos músculos do mandril de carne e redondo." *Journal of animal science* 80.11 (2002): 2872-2878.

LANDETE, J. M.: Dietary intake of natural antioxidants: vitamins and polyphenols, *Crit. Rev. Food Sci.*, 53, 706–721, 2013.

LIPÍŃSKI, K., MAZUR, M., ANTOSZKIEWICZ, Z., AND PURWIN, C.: Polyphenols in monogastric nutrition – a review, *Ann. Anim. Sci.*, 1, 41–58, 2017.

LORENZI, M., MUDALAL, S., CAVANI, C., E PETRACCI, M. (2014). Incidência de listras brancas em condições comerciais em frangos de corte médio e pesado na Itália. *Poult. Res.* 23, 754–758.

LUCIANO, G., MONAHAN, F. J., VASTA, V., BIONDI, L., LANZA, M., PRIOLO, A. 2009. Dietary tannins improve lamb meat colour stability. *Meat Science.* 81: 120–125.

MA, H. WU, L. LIU, Q. YAO, S. WANG, R. ZHAN, S. XING, Y. ZHOU. Polyphenolic compounds and antioxidant properties in mango fruits. *Sci. Hortic.*, 129 (2011), pp. 102-107M.

MALILA, Y., U-CHUPAJ, J., SRIMARUT, Y., CHAIWIWATTRAKUL, P., UENGWETWANIT, T., ARAYAMETHAKORN, S., et al. (2018). Monitoring of white striping and wooden breast cases and impacts on quality of breast meat collected from commercial broilers (*Gallus gallus*). *Asian Austr. J. Anim. Sci.* 31, 1807–1817.

MAKKAR, H. P. S. 2003. Effects and fate of tannins in ruminant animals, adaptation to tannins, and strategies to overcome detrimental effects of feeding tannin-rich feeds. *Small Ruminant Research.* 49: 241–256.

MELOCHE, K.J., FANCHER, B. I., EMMERSON, D.A., BILGILI, S. F., E DOZIER, W. A. (2018). Efeitos da redução da energia dietética e da densidade de aminoácidos nas miopatias peitoral principais em frangos de corte aos 36 e 49 dias de idade.

MUDALAL, S., LORENZI, M., SOGLIA, F., CAVANI, C., E PETRACCI, M. (2015). Implicações de listras brancas e anormalidades nos seios de madeira em traços de qualidade de carne de frango crua e marinada. *Animal* 9, 728-734.

MUDALAL, S., BABINI, E., CAVANI, C., & PETRACCI, M. (2014). Quantity and functionality of protein fractions in chicken breast fillets affected by white striping. *Poultry Science*, 93(8), 2108-2116.

NOGUEIRA, S.C. 2011. Suplementación con mezcla comercial de taninos de quebracho y castaño en vacas lecheras [en línea]. Trabajo Final. Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Católica Argentina.

PAMPOUILLE, E., BERRI, C., BOITARD, S., HENNEQUET-ANTIER, C., BEAUCLERCQ, S. A., GODET, E. (2018). Mapeamento de QTL para listras brancas em relação ao rendimento do músculo mamário e traços de qualidade da carne em frangos de corte. *BMC Genomics* 19:202.

PAPAH, M. B., BRANNICK, E.M., SCHMIDT, C. J., E ABASHT, B. (2017). Evidência e papel de phlebitis e infiltração lipídica no início e patogênese da doença mamária de madeira em frangos de corte modernos. *O Avian Pathol.* 46, 623–643.

PAPAH, M. B., BRANNICK, E. M., SCHMIDT, C. J., AND ABASHT, B. (2018). Gene expression profiling of the early pathogenesis of wooden breast disease in commercial broiler chickens using RNA-sequencing. *PLoS One* 13: e0207346.

PETRACCI, M., AND CAVINI, C. (2012). Muscle growth and poultry meat quality issues. *Nutrients* 4, 1–12.

PETRACCI, M., SIRRI, F., MAZZONI, M., AND MELUZZI, A. (2013). Comparison of breast muscle traits and meat quality characteristics in 2 commercial chicken hybrids. *Poult. Sci.* 92, 2438–2447.

PETRACCI, M., MUDALAL, S., BABINI, E., AND CAVANI, C. (2014). Effect of white striping on chemical composition and nutritional value of chicken breast meat.

PETRACCI, M., MUDALAL, S., SOGLIA, F., E CAVANI, C. (2015). Qualidade da carne em frangos de corte de crescimento rápido. *Worlds Poult. Sci.J.* 71, 363–374

PETRACCI, M., SOGLIA, F., MADRUGA, M., CARVALHO, L., IDA, E., E ESTÉVEZ, M. (2019). Carne de peito de madeira, listras brancas e espaguete: causas, consequências e percepção do consumidor sobre anormalidades emergentes da carne de frango. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 18, 565–583.

PHILLIPS, C.A.; READING, B.J.; LIVINGSTON, M.; LIVINGSTON, K.; ASHWELL, C.M. Evolution via supervised machine learning of the broiler pectoralis major and liver transcriptome in association with the muscle myopathy wooden breast. *Front. Physiol.*, 25 February 2020 Sec. Avian Physiology

RAPHAEL, K. R.; KUTTAN, R.; *J. Ethnopharmacol.* 2003, 87, 193.

REED, J. D. Nutritional toxicology of tannins and related polyphenols in forage legumes. *Anim. Conhecer*, 73 (1995) , pp. 1516 – 1528.

ROSTAGNO HS, ALBINO LFT, HANNAS MI, DONZELE JL, SAKOMURA NK, PERAZZO FG, et al. Tabelas brasileiras para aves e suínos: composição de alimentos e exigências nutricionais de aves e suínos. 4ª edição, Viçosa, MG: UFV, 2017.

RUSSO, E., DRIGO, M., LONGONI, C., PEZZOTTI, R., FASOLI, P., E RECORDATI, C. (2015). Avaliação da prevalência de strip-tease branca e fatores predisponentes em frangos de corte no abate. *O Poult. Sci.* 94, 1843–1848.

SIHVO, H. K., IMMONEN, K., E PUOLANNE, E. (2014). Miodegeneração com fibrose e regeneração no músculo peitoral principal dos frangos de corte. *Patol.* 51, 619–623

SIHVO HK, LINDÉN J, AIRAS N, IMMONEN K, VALAJA J, PUOLANNE E. Miodegeneração do peito de madeira do músculo peitoral maior durante o período de crescimento em frangos de corte. *Patologia Veterinária.* 2017;54(1):119-128.

SIHVO, H. K., AIRAS, N., LINDÉN, J., & PUOLANNE, E. (2018). Pectoral vessel density and early ultrastructural changes in broiler chicken wooden breast myopathy. *Journal of Comparative Pathology*, 161(5), 1– 10.

SIRRI, F., MAIORANO, G., TAVANIELLO, S., CHEN, J., PETRACCI, M., AND MELUZZI, A. (2016). Effect of different levels of dietary zinc, manganese, and copper from organic or inorganic sources on performance, bacterial chondronecrosis, intramuscular collagen characteristics, and occurrence of meat quality defects of broiler chickens. *Poult. Sci.* 95, 1813–1824. doi: 10.3382/ps/pew064

SOGLIA F., MUDALAL S., BABINI E., DI NUNZIO M., MAZZONI M., SIRRI F., ET AL. (2016). Histologia, composição e características de qualidade do músculo peitoral maior de frango afetado por anormalidade do peito de madeira. *peru. Sci.* 95 651-659.

SURAI, P. F.: Polyphenol compounds in the chicken/animal diet: from the past to the future, *J. Anim. Physiol. An. N.*, 1, 19–31, 2014.

SURAI F. (2015). Sistemas antioxidantes em biologia avícola: Superóxido Dismutase. *Anim. Nutri.* 1: 8.

SCHOLTEN RR, PILLEN S, VERRIPS A, ZWARTS MJ. Quantitative ultrasonography of skeletal muscles in children: Normal values. *Muscle Nerve* 2003; 27:693– 698. pmid:12766980.

SWALLAH, MS; FU, H.; SUN, H.; AFFOH, R.; YU, H. O Impacto do Polifenol no Metabolismo Geral de Nutrientes no Trato Gastrointestinal Monogástrico. *J. Alimentos Qual.* 2020, 1-12.

TIJARE, V. V., YANG, F. L., KUTTAPPAN, V. A., ALVARADO, C. Z., COON, C. N., & OWENS, C. M. (2016). Meat quality of broiler breast fillets with white striping and woody breast muscle myopathies. *Poultry Science*, 95(9), 2167-2173.

TROCINO, A., PICCIRILLO, A., BIROLO, M., RADAELLI, G., BERTOTTO, D., FILIOU, E., PETRACCI, M. E XICCATO, G. (2015). Efeito da restrição genotípica, sexo e alimentos para animais em fase de crescimento, qualidade da carne e a ocorrência de estriações musculares e peito amadeirado em frangos de corte. *Avícola Sci.* 94:2996–3004

VALENTÃO, P. et al. Antioxidative properties of cardoon (*Cynara cardunculus* L.) infusion against superoxide radical, hydroxyl radical, and hypochlorous acid. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, v.50, n.17, p.4989-93, 2002.

VELLEMAN, S. G. (2015). Relationship of skeletal muscle development and growth to breast muscle myopathies: a review. *Avian Dis.* 59, 525–531.

VELLEMAN, S.G., CLARK, D.L., E TONNIGES, J. R. (2017). Organização de colágeno fibrilar associada à miopatia fibrolítica de peito de corte. *Avian Dis.* 61, 481–490.

ZAHOOR, I., DE KONING, D. J., AND HOCKING, P. M. (2017). Transcriptional profile of breast muscle in heat stressed layers is similar to that of broiler chickens at control temperature. *Genet. Sel. Evol.* 49:69.

ZAMBONELLI, P., ZAPPATERRA, M., SOGLIA, F., PETRACCI, M., SIRRI, F., CAVANI, C., et al. (2016). Detection of differentially expressed genes in broiler pectoralis major muscle affected by white striping - wooden breast myopathies. *Poult. Sci.* 95, 2771–2785.

ZHOU, N., LEE, W. R., AND ABASHT, B. (2015). Messenger RNA sequencing and pathway analysis provide novel insights into the biological basis of chickens' feed efficiency. *BMC Genomics* 16:195.

ZUO, A. R., DONG, H. H., YU, Y. Y., SHU, Q. L., ZHENG, L. X., YU, X. Y., & CAO, S. W. (2018). The antityrosinase and antioxidant activities of flavonoids dominated by the number and location of phenolic hydroxyl groups. *Chinese medicine*, 13(1), 1-12.

WANG, K. et al. Role of Vitamin C in Skin Diseases. *Frontiers in Physiology*, v. 9, n. July, p. 1–9, 4 jul. 2018.

YAN, Z., ZHONG, Y., DUAN, Y., CHEN, Q., & LI, F. (2020). Antioxidant mechanism of tea polyphenols and its impact on health benefits. *Animal Nutrition*.

YONEKURA-SAKAKIBARA, K.; HIGASHI, Y.; NAKABAYASHI, R. A Origem e Evolução do Metabolismo de Flavonóides Vegetais. *Frente. Planta Sci.* 2019, 10, 943.