

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**INFLUÊNCIA DA MIOPATIA SPAGHETTI MEAT NO GRAU
MODERADO NA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA CARNE DE
PEITOS DE FRANGOS DE CORTE**

GABRIEL HENRIQUE FERREIRA

JABOTICABAL – SP
2º Semestre/2023

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**INFLUÊNCIA DA MIOPATIA SPAGHETTI MEAT NO GRAU
MODERADO NA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA CARNE DE
PEITOS DE FRANGOS DE CORTE**

GABRIEL HENRIQUE FERREIRA

Orientadora: Profa. Dra. Hirasilva Borba
Coorientador: Msc. Mateus Roberto Pereira

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias –
Unesp, Câmpus de Jaboticabal,
como parte das exigências para
graduação em Zootecnia.

JABOTICABAL – SP
2º Semestre/2023

F383i

Ferreira, Gabriel Henrique

Influência da miopatia spaghetti meat no grau moderado na composição química da carne de peitos de frangos de corte / Gabriel Henrique Ferreira. -- Jaboticabal, 2023

40 p. : il., tabs.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado - Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientadora: Hrasilva Borba

Coorientador: Mateus Roberto Pereira

1. Qualidade de carne. 2. Miopatia. 3. Conteúdo proteico. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

unesp

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CÂMPUS DE JABOTICABAL



DEPARTAMENTO: Biotecnologia Agropecuária e Ambiental

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

TÍTULO: INFLUÊNCIA DA MIOPATIA SPAGHETTI MEAT NO GRAU MODERADO NA
COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA CARNE DE PEITOS DE FRANGOS DE CORTE.

ACADÊMICO: Gabriel Henrique Ferreira

CURSO: Zootecnia

ORIENTADOR: Prof. Dr. Hirasilva Borba

COORIENTADOR: Msc. Mateus Roberto Pereira

Aprovado e corrigido de acordo com as sugestões da Banca Examinadora

BANCA EXAMINADORA:

	(Nomes)	
Presidente	Mateus Roberto Pereira	
Membro	Erick Alonso Villegas Cayllahua	
Membro	Rodrigo Alves de Souza	

(Assinaturas)
Msc. Mateus R. Pereira
Erick Alonso Villegas Cayllahua
Rodrigo Alves de Souza

Jaboticabal 08/12/2023

Aprovado em reunião do Conselho do Departamento em: 08 / 12 / 2023

Jairo Osvaldo Cazetta

Chefe do Departamento

Prof. Dr. Jairo Osvaldo Cazetta
Chefe do Depto. de Biotecnologia
Agropecuária e Ambiental

DEDICATÓRIA

Dedico a presente monografia a todos os professores do curso, ao orientador do trabalho, aos familiares, amigos e a todos aqueles que de certa forma contribuíram para a realização deste projeto.

AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente a Deus por me conceder saúde permitindo que dia após dia eu concretize meus sonhos e alcance minhas metas.

A meus pais, que sempre me auxiliaram e me apoiaram em toda a minha vida.

Aos meus irmãos que sempre foram uma inspiração para mim.

Aos professores que contribuíram muito para a minha formação e entendimento não apenas das matérias, mas também da vida de modo geral, em especial a professora Hirasilva pela sua atenção dedicada ao longo de todo o projeto da minha monografia.

Aos meus amigos e amigas, que sempre me proporcionaram momentos de alegria, me apoiaram nos momentos difíceis e sempre me ajudaram nas dificuldades que a graduação impôs.

A todos os Pós-graduandos do LAORA que sempre estavam de prontidão para auxiliar e sanar as dúvidas que surgiram durante todo o processo, mostrando o caminho a ser percorrido, em especial meu orientador Mateus o qual se tornou um grande amigo e nunca mediu esforços para que fosse possível a execução deste projeto.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	VII
LISTA DE FIGURAS	VIII
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1 Mercado de carne de frango.....	3
2.2 Transformação do músculo em carne	4
2.3 Valor Nutricional da Carne de Frango.....	6
4.1.1. Nutrientes na Alimentação Humana	6
2.4 Miopatias de Frangos	8
2.5 Miopatias do peito de frango: <i>Spaghetti meat</i>	9
3. OBJETIVO.....	12
3.1 Geral	12
3.2 Específicos	12
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	13
4.2. Identificação e seleção dos diferentes graus de miopatia	14
4.3. Análises.....	14
4.3.1. Umidade, matéria mineral e proteína.....	14
4.3.2. Lipídios	15
4.3.3. Colesterol.....	15
4.4. Análises estatísticas	16
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
6. CONCLUSÃO.....	20
7. RESUMO	21

8. ABSTRACT	23
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	25

LISTA DE TABELAS**PÁGINA**

Tabela 1. Médias estimadas para as variáveis, umidade, proteína bruta, matéria mineral, lipídio totais e colesterol da carne de peito de frango contendo Spaghetti meat.	17
--	----

LISTA DE FIGURAS**PÁGINA**

Figura 1. Perfil visual de um peito de frango afetado pela condição Spaghtti meat. (Maiorano, 2017).	10
---	----

1. INTRODUÇÃO

A cadeia produtiva brasileira atualmente está muito bem estruturada, contando com um sistema de planejamento moderno, bem coordenado e gerenciado, e na implantação e inovação do sistema produtivo, objetivando desta maneira, no aumento da produção e produtividade da cadeia da carne de frango (RECK e SCHULTZ, 2016).

Ao analisar a produção do frango de corte nos anos de 1930, iremos constatar que os frangos chegavam a um peso de abate de 1,5 Kg, com uma conversão alimentar de 3,5:1 Kg, sendo abatidos com 105 dias de vida; com o intenso melhoramento das linhagens de produção visando o ganho de peso, as aves em 2009 atingiram um peso de abate de 2,6 Kg, com uma conversão alimentar de 1,839:1 Kg, sendo abatidos com aproximadamente 35 dias de vida (PATRICIO *et al.*, 2012; OLIVEIRA e NAAS, 2012).

Esses resultados estão relacionados aos programas de melhoramento genético, vinculados a programas de inseminação artificial, que visam selecionar aves que apresentem os melhores índices zootécnicos, como ganho de peso, conversão alimentar, idade de abate (ESPÍNDOLA, 2012).

Nas últimas décadas, o consumo de carne de frango teve um incremento notável, especialmente ao baixo custo de produção e facilidade de preparo (WIDEMAN *et al.*, 2016), nutricionalmente é uma fonte de proteína adequada (PETRACCI *et al.*, 2015) e relatos de que carnes brancas são mais saudáveis aos olhos do consumidor (TALLENTIRE *et al.*, 2018; PETRACCI *et al.*, 2019). Devido ao constante crescimento populacional, a cadeia de produção de alimentos de origem animal está sempre buscando soluções para o aumento da produção e produtividade animal; uma dessas estratégias que o homem utiliza é o melhoramento genético (BALDI *et al.*, 2018; SIRRI *et al.*, 2016).

No entanto esse melhoramento genético, que visa selecionar linhagens de crescimento rápido, está acarretando o aparecimento de miopatias peitorais, devido a imaturidade muscular e ósseas dessas aves, sendo uma delas conhecida como *Spaghetti meat*, que pode ser caracterizada pela alteração da integridade estrutural do filé de peito, podendo estar associada com a miopatia denominada estrias brancas (BALDI *et al.*, 2018; SIRRI *et al.*, 2016).

Diante deste contexto, existe um interesse do setor produtivo de produtos cárneos e dos pesquisadores em elucidar efeitos que esta miopatia venha a causar sobre a composição química da carne de peito de frango de corte e, deste modo contribuir com futuros estudos sobre o desenvolvimento de formas de aproveitamento das carcaças acometidas por esta miopatia.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Mercado de carne de frango

O mercado global de carnes, em especial a de frango, têm observado um crescimento notável nas últimas décadas, o que tornou uma das proteínas animais mais consumidas em todo o mundo. As razões para isto são diversas, entre as quais destacam-se a demanda por alimentos ricos em proteína, baixo teor de gordura, baixo custo e versatilidade culinária em países desenvolvidos e em desenvolvimento (OECD/FAO, 2023).

Além disso, as projeções da OECD/FAO entre 1990/2040 indicam aumento do consumo desta carne. Isso acontece porque, nas projeções da OECD/FAO, o consumo de carne suína tende a se expandir a uma média que não passa de 1,5% ao ano, as demais carnes apresentam-se com estabilidade de produção e consumo, enquanto a expansão prevista para o consumo de carne de frango se situa ligeiramente acima dos 2% ao ano (OECD/FAO, 2023b).

No contexto do mercado brasileiro de carne de frango, que já desempenha um papel inegável na economia e na produção agropecuária do país, o Brasil ocupa a primeira posição na exportação mundial de carne de frango. Isto ocorre graças a uma produção em grande escala (fruto de práticas

tecnológicas avançadas) e de condições climáticas favoráveis para a criação de aves (USDA, 2023).

2.2 Transformação do músculo em carne

A carne de frango é caracterizada como branca, o principal componente responsável por sua tonalidade são teores de mioglobina. Porém a carne pode apresentar coloração mais escura dependendo do nível de atividade física do animal, e variações nos teores de mioglobina, idade, sexo, qualidade da alimentação (VENTURINI et. al., 2007).

Trata-se de uma carne com propriedades importantes na alimentação humana, que segundo Alves et al. (2016) pode fornecer todos os nutrientes necessários em proporção adequada a dieta humana. Especialmente rica em proteínas, constantemente lembrada por possuir baixos teores de lipídios (desde que consumida sem pele) (VENTURINI et al., 2007), também apresenta concentrações adequadas de vitaminas do complexo B (B2 e B12 principalmente) (CHIZZOLINI et al., 1999) e minerais (VENTURINI et al., 2007).

Deste modo a transformação do músculo em carne é um processo que ocorre durante o abate do animal e seu processamento para consumo humano, envolve uma série de mudanças biológicas e bioquímicas que ocorrem durante este período. Trata-se de mudanças que afetam a textura da carne, o sabor, a cor e outras características tecnológicas da carne. As alterações que advém do abate (*post-mortem*), geralmente estão relacionadas com problemas do período pré-abate (*ante-mortem*) (ALMEIDA, 2017; PALMA, 2017).

O tecido muscular esquelético (músculo) compreende cerca de 40 a 50% do peso corporal, constituído por fibras musculares esqueléticas multinucleadas (MANTESE, 2002). Estas fibras são demarcadas por membranas, sendo preenchidas por miofibrilas, que são formadas por proteínas fundamentais como miosina, actina, tropomiosina e troponina, responsáveis pela contração e relaxamento do músculo (ANDRADE, 2016), por serem responsáveis pelos movimentos este tecido é altamente banhado pelo sangue o qual transporta oxigênio e nutrientes (ANDRADE, 2016).

Com a morte do animal, o fluxo sanguíneo é interrompido, fazendo com que o tecido produza energia através da respiração anaeróbia, com a formação de ácido láctico e causando redução no pH o que desencadeia o fenómeno da rigidez pós morte conhecida como *rigor mortis* (ANDRADE, 2016). No entanto, com o término das reservas de glicogênio e a estabilização do pH, ocorre a maturação da carne, durante a qual as enzimas calpaínas e catepsinas são liberadas e contribuem para o amaciamento da carne, degradando moléculas de proteínas e colágeno. E deste modo após o ciclo pós-abate que compreende o final da fase de *rigor mortis* com o estágio de maturação, onde cada uma está associada a processos bioquímicos específicos que influenciam a textura, sabor e outras características da carne (SOARES *et al.*, 2017).

2.3 Valor Nutricional da Carne de Frango

Nutrientes podem ser considerados como todos os compostos presentes em alimentos que de forma livre ou a partir de sua digestão podem ser utilizados para a nutrição das células dos organismos que as consomem (BERTECHINI, 2004). Podem ser divididos em macro e micronutrientes onde os macronutrientes correspondem a nutrientes que são necessários em grandes quantidades, e os micro em menores quantidades (MAHAN AND ESCOTT-STUMP, 2005).

Diversas características podem influenciar na qualidade e quantidade de nutrientes da carne de frango, especialmente no percentual dos macros e micronutrientes. Fatores como a raça, idade, tempo de abate do animal (AMORIM *et al.*, 2023). Com exigências cada vez maiores em relação a qualidade da carne de frango tanto no mercado interno quanto o externo, isso causa reflexos no sistema de gestão em todos os setores envolvidos com a cadeia produtiva da carne (VIEIRA, 2007).

4.1.1. Nutrientes na Alimentação Humana

Os nutrientes são compostos químicos que desempenham papéis vitais na alimentação humana, contribuindo para o bom funcionamento do corpo. Os nutrientes podem ser divididos em macro e micronutrientes, entre os macros nutrientes presentes na carne de frango estão os lipídios que possuem especial função na conservação e armazenamento de energia (fonte concentrada de calorías), auxiliam na absorção de vitaminas lipossolúveis (A, D, E e K). Suas funções incluem as estruturais compondo as membranas das células, protegem

os órgãos internos e participam de rotas metabólicas dos Colesteróis (ENRIQUE et al., 2014).

Os colesteróis são importantes moléculas que atuam como componentes estruturais e na produção de hormônios. Estes regulam o metabolismo do corpo e auxiliam no transporte de lipídios. Tanto as gorduras quanto os colesteróis apresentam papel na fecundidade humana (ENRIQUE et al., 2014).

Na carne ainda podemos encontrar as proteínas que atuam no processo de crescimento e reparo de tecidos, na produção de enzimas e hormônios. Com especial papel estrutural como na produção de moléculas de colágeno, queratina e actina que fornecem estrutura aos diversos tecidos do corpo humano. Além disso atua no transporte de molécula com destaque a hemoglobina que banha os tecidos com oxigênio via sistema circulatório e na defesa via produção de anticorpos (JENSEN et al., 2002).

Outro aspecto importante da carne é seu conteúdo de minerais que atuam diretamente na regulação osmótica (sódio, potássio e cloreto), fortalecimento e regeneração óssea (cálcio e fósforo) (TAKO, 2019). Além disso podem atuar como cofatores enzimáticos, o que facilita e/ou potencializa reações químicas necessárias ao corpo. Podem ainda fazer parte com a contração muscular (cálcio) e transmissão de sinais elétricos pelo corpo (sódio e potássio) (TAKO, 2019).

Deste modo a manutenção de uma dieta equilibrada com ampla diversidade de nutrientes que incluam estes compostos é crucial para a saúde e bem-estar dos organismos. O equilíbrio desses nutrientes ajuda a manter

funções essenciais e prevenir deficiências nutricionais que podem levar a quadros de doença (GONZÁLEZ & SILVA, 2019; TAKO, 2019).

2.4 Miopatias de Frangos

À medida que o mercado global de alimentos evolui e os consumidores se tornam mais conscientes nas questões relacionadas à saúde, sustentabilidade e ética, o setor de carne de frango no Brasil enfrenta desafios e oportunidades. Diversificar as operações, adotar práticas de produção mais sustentáveis, melhorar a rastreabilidade e garantir altos padrões de qualidade são áreas em que a indústria avícola brasileira está trabalhando para manter sua competitividade e responder às demandas em constante mudança dos consumidores nacionais e internacionais (ABPA, 2021).

Estudos evidenciaram que o aspecto principal que têm levado os frangos de corte a apresentarem miopatias foi a sua seleção genética, com a escolha por linhagens com crescimento mais rápido, que têm resultado na hipertrofia muscular (VELLEMAN e CLARK, 2015; PETRACCI *et al.*, 2015). Comprovadamente as fibras musculares de aves de cortes não melhoradas geneticamente apresentam menores diâmetros e taxas de degradação muscular quando comparadas as aves melhoradas geneticamente (VELLEMAN e CLARK, 2015). Assim é evidente que há aumento no tamanho dos músculos levando ao surgimento de várias miopatias musculares (PETRACCI *et al.*, 2015; KUTTAPPAN *et al.*, 2016).

Deste modo, a seleção genética para o crescimento muscular foi associada à diversas condições adversas, entre elas: miopatia peitoral

profunda, distrofia muscular, fraqueza e edema nas pernas nos frangos de corte (LIEN *et al.*, 2012). Estão vinculadas ao rápido crescimento e o alto rendimento de peito das linhagens comerciais híbridas mais conhecidas, têm sido associados à ocorrência de outras miopatias que afetam o músculo *Pectoralis major*, como por exemplo, peito de madeira (*Wooden breast*) e estrias brancas (*White striping*) (KUTTAPPAN *et al.*, 2009; SIHVO *et al.*, 2014), estas últimas estão em destaque por acometerem a parte mais valiosa economicamente o filé de peito de frango (KUTTAPPAN *et al.*, 2012).

2.5 Miopatias do peito de frango: *Spaghetti meat*

A *Spaghetti meat* foi relatada pela primeira vez em 2015 com o nome de “*Mushy Breast*” sendo descrita como uma miopatia que leva a perda da integridade muscular do *Pectoralis major* de frangos de linhagens de rápido crescimento (BILGILI, 2015). Posteriormente, esta condição foi reconhecida com o nome de “*Spaghetti Meat*” pois, como sugere, manifesta-se fenotipicamente com o desprendimento das fibras que compõem o músculo peitoral, que se apresenta sem firmeza, lembrando macarrão espaguete. Como a gravidade do defeito desta condição pode ser variável, Sirri *et al.* (2016) propuseram um critério de classificação baseado em uma escala de severidade de três pontos (escore 0: Normal; 1: Moderado; 2: Severo), baseados de forma palpável, devido a estruturas moles e fibrosas ao “beliscar” o músculo, ou ainda visualmente através da observação de lacerações superficiais expandidas.

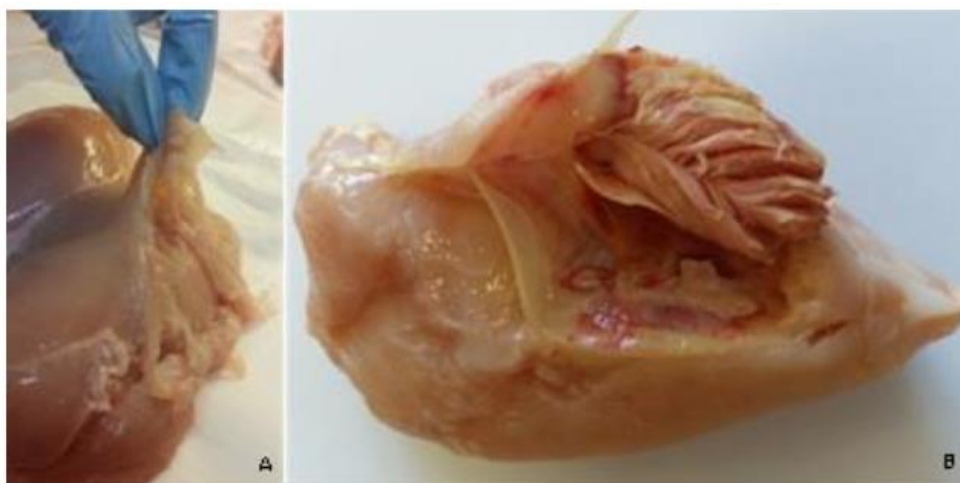


Figura 1. Perfil visual de um peito de frango afetado pela condição Spaghtti meat. (Maiorano, 2017).

De acordo com Petracci et al. (2015) e reforçado por Kuttappan et al. (2016), ambos os casos da miopatia *Wooden breast* como os de *White striping* exibem analogias quando comparadas, como por exemplo lesões histológicas, ocorrendo miodegeneração, fibrose e lipidose, ocorrendo também em um mesmo filé. Do mesmo modo, é observado que a condição *White striping* está associada com *Spaghetti meat* que apresenta alteração na integridade estrutural na superfície do músculo *Pectoralis major* (Figura 1) (BILGILI, 2015; SIRRI et al., 2016). Diante disso, especula-se haja um mecanismo em comum pode levar a diversas condições miopáticas (CASTILHO, 2020).

Os processos degenerativos observados nos tecidos acometidos pela miopatia são principalmente necrose, fibrose, lipidose, ocorrendo também processos de reparação do tipo inflamatórios que ocorrem nos músculos afetados por anormalidades (PETRACCI et al., 2019). Baldi et al. (2018) relatam que a ocorrência desta condição leva a uma notável redução relativa de proteína (-10%), quando comparado aos músculos não afetados, simultaneamente há um aumento nos níveis de gordura e umidade (+21,8 e

+3,0%, respectivamente). Quanto ao perfil mineral, foi relatado maiores níveis de cálcio e sódio em amostras portadoras desta condição, quando em comparação com as não afetadas, isso faz com que seja especulado uma possível conexão entre distúrbios fisiológicos de equilíbrio eletrolítico e a homeostase catiônica com o aparecimento de lesões celulares (TASONIERO et al. 2020).

De um modo geral, pode-se dizer que há poucos estudos avaliando os efeitos dessa condição sobre a qualidade da carne, porém autores concordam que esta condição afeta as propriedades tecnológicas e a funcionalidade da carne, mesmo que de maneira diminuta quando comparada as outras patologias supracitadas (BALDI *et al.*, 2018; BALDI *et al.*, 2019; PASCUAL *et al.*, 2021)

3. OBJETIVO

3.1 Geral

- Estudar as possíveis alterações que a miopatia *Spaghetti meat* pode acarretar na composição química da carne do peito de frango de corte.

3.2 Específicos

- Comparar os parâmetros de porcentagem de umidade da carne frangos com a presença ou ausência da condição *Spaghetti meat*;
- Verificar possíveis alterações no conteúdo de lipídeos, colesterol, matéria mineral e proteína entre frangos normais e com a miopatia *Spaghetti meat*.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Todos os procedimentos que foram adotados neste estudo estão de acordo com as normas de Regulamentação de Inspeção Industrial e Sanitária de Produto de Origem Animal (BRASIL, 2017, 2020).

Este trabalho foi realizado no Laboratório de Análise de Alimentos de Origem Animal do Departamento de Tecnologia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV/UNESP, Campus de Jaboticabal. Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” no campus da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV), as amostras foram coletadas no setor de avicultura da FCAV, sendo provenientes de frangos de corte machos, da linhagem Cobb 500, abatidos aos 42 dias de idade de acordo com a rotina da planta frigorífica. Foram coletadas amostras do peito de frango (*Pectoralis major*), de aves acometidas pela miopatia Spaghetti meat no grau moderado. Foram também coletadas amostras com a ausência de qualquer miopatia no músculo do peito do frango de corte como grupo testemunha.

Após as coletas e a devida identificação das amostras, as amostras foram encaminhadas ao laboratório, através de um veículo refrigerado, e devidamente armazenadas para realização das análises físicas.

4.2. Identificação e seleção dos diferentes graus de miopatia

As amostras foram então classificadas, previamente, pelas suas características macroscópicas, sendo divididas em dois grupos, sendo estes, os peitos sem miopatia, e os peitos com a miopatia estudada em seu grau moderado.

A classificação ocorreu nos peitos desossados e sem pele, por meio da palpação dos peitos, aqueles peitos que apresentaram lacerações superficiais extensas foram classificados como afetados pela miopatia (SIRRI *et al.*, 2016). Aqueles que não apresentaram esta alteração foram classificados como normais. Depois da classificação estas amostras foram devidamente identificadas e embaladas para o transporte em direção ao Laboratório de Análise de Alimentos de Origem Animal do Departamento de Tecnologia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV/UNESP, Campus de Jaboticabal.

4.3. Análises

4.3.1. Umidade, matéria mineral e proteína

Após congelamento, as amostras foram liofilizadas (Super Modulyo 220, Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, MA, USA) e moídas para posterior determinação das concentrações: umidade (950.46-*Moisture in Meat*), matéria mineral (920.153 *Ash of Meat*) e proteína (977.14 - *Nitrogen in Meat*) conforme procedimentos preconizados pela *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 2011).

4.3.2. *Lipídios*

Para a extração dos lipídios segundo o método de Bligh e Dyer (1959) adaptado por Folch foram pesados aproximadamente 3 g de cada amostra. Em seguida adicionar 10 ml de clorofórmio, 20 ml de metanol e 8 ml de água destilada e, após a adição as amostras foram agitadas por 45 minutos em mesa agitadora. Passado esse tempo, adicionar 10 ml de clorofórmio e, 10 ml de sulfato de sódio. Depois as amostras foram agitadas por mais 15 minutos. Após essa etapa, foi filtrado em tubo Falcon, nessa etapa, houve a separação de fases; após a separação de fases foram pipetados 5 ml da fase inferior, transferido para béquer previamente pesados. Por fim, os béqueres com a fase inferior foram deixados em estufa de circulação de ar por no mínimo 24 horas, e posteriormente os béqueres foram pesados com a gordura para a obtenção do peso do lipídio em porcentagem.

4.3.3. *Colesterol*

Para a análise de colesterol foi utilizada uma adaptação da técnica descrita por SALDANHA et al. (2004). Foi utilizado 0,5 g de amostra liofilizada, que foi pesado em tubos tipo falcon, aos quais foram adicionados 6 mL de etanol e 4 mL de solução KOH 50 %. Os tubos foram mantidos em banho-maria com agitação (40°C) até que as amostras estejam totalmente dissolvidas. Em seguida as amostras foram mantidas em banho-maria (60°C) por mais 10 minutos e serão adicionados 5 mL de água destilada. Posteriormente, as amostras foram lavadas três vezes com 10 mL de hexano para separação de

fases. Da fase superior foi retirada uma alíquota de 3 mL a qual foi evaporada com N₂. Foi adicionado 0,5 mL de isopropanol e, os tubos foram agitados em vortex. O reagente enzimático para análise de colesterol foi adicionado em seguida (3 mL). As amostras foram mantidas em banho-maria por 10 minutos (37°C) e a leitura em espectrofotômetro foi realizada com o comprimento de onda indicado pelo fabricante do reagente enzimático.

4.4. Análises estatísticas

Para análises estatísticas foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado (DIC), com um grau de severidade da miopatia e um grupo sem miopatia (normal), com 20 repetições para cada grupo. As análises estatísticas foram realizadas pelo programa SAS (SAS Institute®, 2002). Todos os dados foram testados pela análise de variância e comparados pelo teste de Tukey ao nível de significância de 5%.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A tabela 1 apresenta as médias e o desvio padrão das variáveis porcentagem de umidade, de proteína bruta, da matéria mineral, dos lipídios totais e do colesterol da carne de peito de frango com ou sem a miopatia *Spaghetti meat* em seu grau moderado (Tabela 1).

Tabela 1. Médias estimadas para as variáveis, umidade, proteína bruta, matéria mineral, lipídio totais e colesterol da carne de peito de frango contendo *Spaghetti meat*.

Miopatia	Umidade	Proteína bruta	Matéria mineral	Lipídios totais	Colesterol
Normal	74,35±0,81 ^A	23,43±2,54 ^A	1,26±0,16 ^A	2,24±0,51 ^B	38,19±9,61 ^B
Spaghetti meat	72,59±1,01 ^B	19,13±2,94 ^B	1,33±0,39 ^A	3,18±0,83 ^A	124,62±12,35 ^A
p-valor	0,0004	<0,0001	0,1518	<0,0001	<0,0001

^{A-B} Médias e desvios padrão seguidas por letras distintas, nas colunas, diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05\%$).

Foram identificados importantes diferenças nos parâmetros avaliados com apontamentos de significância para a porcentagem de umidade, de proteína bruta, dos lipídios totais e do colesterol. Além disso, não foram observadas diferenças significativas para a porcentagem de matéria mineral.

Durante os processos de necrose há rompimentos de diversas unidades formadoras do tecido muscular, o que pode ter causado o aumento de níveis de lipídeos totais e colesterol pela bicamada lipídica, bem como extravasamento de conteúdos celulares, com acúmulo de líquidos no interstício celular (possivelmente diminuindo a unidade do tecido avaliado). Deste modo é debatido na literatura que a reorganização da arquitetura muscular após eventos de miodegeneração e necrose levam a uma redução no número de miofibrilas funcionais e, portanto, a um menor potencial do músculo para ligar a água (TASONIERO *et al.*, 2020). De fato, a solubilidade proteica reduzida de amostras acometidas pela miopatia pode explicar o acúmulo de líquidos no interstício extracelular (BALDI *et al.*, 2018; TASONIERO *et al.*, 2020).

Seguindo esta linha de pensamento de diminuição de seus valores pode indicar maiores taxas de necrose e fibrose de tecidos, levando a processos de lipidose (PETRACCI *et al.*, 2019), o que podem explicar os valores obtidos para tais parâmetros com diferenças significativas entre os dados avaliados com os portadores da miopatia e os frangos normais. Já a avaliação de proteína bruta indicou um decréscimo significativo de $\pm 18,35\%$, sendo um valor bem acima do registrado por Baldi *et al.* (2018), que indicaram um decréscimo de $\pm 10\%$, pode-se atribuir essa variação pela diferença de linhagens utilizadas no estudo, onde Baldi *et al.* (2018) utilizou a linhagem Ross 308, somente machos, com idade até o abate de 47 dias e peso médio de 2.8 Kg, enquanto nosso estudo foi machos da linhagem Cobb 500, abatidos aos 42 dias, com peso de carcaça média de 2,5 Kg. Observa-se que se trata de uma linhagem ainda mais precoce, o que pode acentuar ainda mais os danos

causados por esta miopatia (KUTTAPPAN et al. 2012; KUTTAPPAN et al. 2013; LORENZI et al. 2014).

A redução no conteúdo de proteína bruta ocorre devido a parte superficial do musculo peitoral ser mais suscetível a miodegeneração do que o tecido muscular interno (profundo), o aumento da gravidade do quadro de miopatia acaba por levar a necrose de células musculares, e conseqüentemente nas fibras musculares, diminuindo o conteúdo proteico (LI et al., 2023). Entretanto não foram observadas diferenças quanto ao perfil mineral, conforme Tasoniero et al. (2020), era esperado variações neste parâmetro pois a hipótese levantada em seu trabalho indica que uma possível conexão entre distúrbios fisiológicos de equilíbrio eletrolítico e a homeostase catiônica com o aparecimento de lesões celulares. Em observações histológicas da carne acometida pela miopatia demonstram aumento de fibras degenerativas e atroficas, inclusive com mineralização leve (KUTTAPPAN et al., 2013). Portanto, podemos observar que não há o processo de mineralização do tecido muscular dos frangos acometidos por esta miopatia.

6. CONCLUSÃO

Houve alteração em diversos parâmetros avaliados (umidade, proteína bruta, lipídeos totais e colesterol) nos frangos avaliados com a condição *Spaghetti meat* no grau moderado em frangos de corte. Isso reflete em menor valorização econômica do produto obtido uma vez que a diminuição da porcentagem de proteína e o aumento da porcentagem de gordura e colesterol implica em menor interesse pelo mercado consumidor uma vez que o consumo dessa carne é associado a uma carne de um aspecto de “ser mais saudável” e altamente proteico.

Alimentos com menores teores de gordura são buscados especialmente por pessoas com condições adversas a saúde, mas também aquelas que desejam evitar problemas futuros, deste modo a qualidade técnica da carne é um aspecto a ser levado em conta no sentido de garantir um produto saudável.

7. RESUMO

INFLUÊNCIA DA MIOPATIA SPAGHETTI MEAT NO GRAU MODERADO NA COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA CARNE DE PEITOS DE FRANGOS DE CORTE

Este estudo teve como objetivo investigar as possíveis alterações na composição química da carne do peito de frango de corte causadas pela miopatia *Spaghetti meat*. Essa condição leva a perda de características valiosas no pectoralis major de frangos de corte. O estudo foi conduzido de acordo com as normas de Regulamentação de Inspeção Industrial e Sanitária de Produto Animal. Foram coletadas amostras no aviário da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” no campus da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV). As amostras foram divididas em dois grupos: frangos com miopatia *Spaghetti meat* no grau moderado e frangos sem a miopatia. As amostras foram identificadas e armazenadas sob refrigeração antes das análises. As amostras foram classificadas macroscopicamente em frangos com a miopatia e frangos normais. Isso foi feito pela palpação dos peitos para conseguir identificar lacerações superficiais extensas, que indicavam a presença da miopatia. As análises realizadas foram Umidade, matéria mineral e proteína: As amostras foram liofilizadas e moídas para

determinar os teores de umidade, matéria mineral e proteína de acordo com os procedimentos da AOAC. Os lipídios foram extraídos seguindo o método de Bligh e Dyer adaptado por Folch e foram avaliados o colesterol. Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado (DIC) com dois grupos: frangos com a miopatia *Spaghetti meat* e frangos normais. As análises estatísticas foram realizadas no programa SAS e as diferenças entre os grupos foram testadas pela análise de variância e pelo teste de Tukey. Os resultados mostraram diferenças significativas nos teores de umidade, proteína total, lipídios totais e colesterol entre os grupos de frangos com e sem miopatia *Spaghetti meat*. Não foram observadas diferenças significativas na matéria mineral. A redução na umidade da carne dos frangos com miopatia pode ser devida à necrose muscular e ao extravasamento de conteúdo celular. A diminuição da proteína bruta pode ser atribuída à reorganização da arquitetura muscular após eventos de miodegeneração. Não foram observadas variações significativas nos minerais, apesar das evidências de fibrose e mineralização leve na carne com miopatia. Os resultados indicam alterações na composição química da carne de frango com miopatia *Spaghetti meat*, com menor umidade, menor proteína bruta e maiores teores de lipídios totais e colesterol. Isso pode afetar a valorização econômica do produto, uma vez que a carne de frango é frequentemente associada a um alimento saudável e com alto teor proteico. Portanto, a qualidade técnica da carne deve ser considerada para garantir um produto saudável e atender às demandas do mercado consumidor.

Palavras chave: Conteúdo proteico, Miopatia, Qualidade de carne.

8. ABSTRACT

INFLUENCE OF SPAGHETTI MEAT MYOPATHY IN THE MODERATE DEGREE ON THE CHEMICAL COMPOSITION OF CHICKEN BREAST MEAT

This study aimed to investigate possible changes in the chemical composition of broiler chicken breast meat caused by Spaghetti meat myopathy. This condition leads to the loss of valuable characteristics in the pectoral muscles of broiler chickens. The study was conducted in accordance with the regulations of the Industrial and Sanitary Inspection of Animal Products. Samples were collected in the University of São Paulo "Júlio de Mesquita Filho" poultry facility on the campus of the College of Agricultural and Veterinary Sciences (FCAV). The samples were divided into two groups: chickens with moderate myopathy and normal chickens. The samples were identified and stored at 4°C before analysis. The identification and selection of different degrees of myopathy: The samples were macroscopically classified as chickens with myopathy and normal chickens. This was done by palpating the breasts to identify extensive superficial lacerations, indicating the presence of myopathy. The analyses performed were Moisture, ash, and protein: The samples were lyophilized and ground to determine the moisture, ash, and protein content following AOAC

procedures. Lipids were extracted using the Bligh and Dyer method, and cholesterol was analyzed. A completely randomized design (CRD) was used with two groups: chickens with myopathy and normal chickens. Statistical analyses were performed using the SAS program, and differences between the groups were tested using analysis of variance and Tukey's test. The results showed significant differences in moisture, total protein, total lipids, and cholesterol content between the groups of chickens with and without Spaghetti meat myopathy. No significant differences were observed in ash content. The reduction in meat moisture in chickens with myopathy may be due to muscle necrosis and cell content leakage. The decrease in crude protein could be attributed to the reorganization of muscle architecture following myodegeneration events. No significant variations in minerals were observed, despite evidence of mild fibrosis and mineralization in myopathy-affected meat. The results indicate changes in the chemical composition of chicken meat with Spaghetti meat myopathy, with lower moisture, lower crude protein, and higher levels of total lipids and cholesterol. This can affect the economic value of the product, as chicken meat is often associated with a healthy, high-protein food. Therefore, the technical quality of the meat should be considered to ensure a healthy product and meet the demands of the consumer market.

Keywords: Meat quality, Myopathy, Protein content.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABPA – - Associação Brasileira de Proteína Animal. Relatório Anual 2022. Disponível em: abpa-br.org . Acesso em: 16 de Agosto de 2023.

ALMEIDA, T. J.; ASSIS, A. S.; MENDONÇA, M.; ROLIM, M. B. Q. Causas de condenação de carcaças de *Gallus gallus domesticus* em abatedouros frigoríficos sob Inspeção Federal no Nordeste do Brasil. **Medicina Veterinária**, v.11, n. 4, p. 285-291, 2017

AMORIM, S. S.; MACHADO, T. J. V. M. O. P.; PIRES, A. J. V.; RIBEIRO, A. S.; GALVÃO, P. C. S. Aspectos qualitativos da carne bovina. **Brazilian Journal of Science**, v. 2, n. 9, p. 1-12, 2023

ANDRADE, P. L. **Tecnologia de Tratamento de Carnes e Derivados**. NT Editora, 2016.

AOAC. Association of Analytical Chemists. Official Methods of Analysis. 18thed. (Washington, DC), 2011.

BALDI, G. et al. Implications of white striping and spaghetti meat abnormalities on eat quality and histological features in broilers. **Animal**, v. 12, p. 164–173, 2018.

BALDI, G.; et al. Comparison of quality traits among breast meat affected by current muscle abnormalities. **Food Res. Int.** v. 115, p. 369–376, 2019.

BERTECHINI, A. G. Nutrição de monogástricos. ED. UFLA/FAEPE, 2004. 450p.

BILGILI, S. F. Broiler chicken myopathies: IV stringy/mushy breast. Worthwhile Operational Guidelines and Suggestion. 2015. Disponível em: <<http://poul.auburn.edu/wp-content/uploads/sites/13/2015/11/WOGS-FEB15.pdf>. Acesso em: 12 de julho de 2023.

BLIGH, G.E.; DYER, J.W. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, v. 37, p. 911-917, 1959. CAVITT E SAMS 2003.

CASTILHO, V. A. R. Diagnóstico e avaliação *in vivo* de miopatias em peitos de frangos de corte. Dissertação. Programa de Pós Graduação em Zootecnia. Universidade Federal da Grande Dourados. Dourados, MS. 73p. 2020.

CHIZZOLINI, R.; ZANARDI, E.; DORIGONI, V.; CALORIFI, G. S. Value and cholesterol content of normal and low-fat meat and meat products. **Trends Food Science and Technology**, v. 10, p. 119-128, 1999.

ENRIQUE, F.; SCHISTERMAN, S. L.; MUMFORD, R. W.; BROWNE, D. B. B.; ZHEN C.; GERMAINE, M.; BUCK L. Lipid Concentrations and Couple Fecundity: The LIFE Study, **The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism**, v. 99, n. 8, p. 2786–2794, 2014.

ESPÍNDOLA, C. J. Trajetória do progresso técnico na cadeia produtiva de carne de frango do Brasil. **Revista Geosul**, v. 27, n. 53, p. 89-113, 2012.

JENSEN, L. J.; GUPTA, R.; BLOM, N. et al. Prediction of Human Protein Function from Post-translational Modifications and Localization Features. **Journal of Molecular Biology**, v. 319, n. 5, p. 1257-1265. 2002.

KUTTAPPAN, V. A.; BREWER, V. B.; CLARK, F. D.; MCKEE, S. R.; EMMERT, J. L.; OWENS, C. M. Effect of white striping on the histological and meat quality characteristics of broiler fillets. **Poultry Science**. v. 88, p. 136–137, 2009.

KUTTAPPAN, V. A. et al. 2012, Influence of growth rate on the occurrence of White striping in broiler breast fillets. **Poultry Science**, n. 91, p. 2677-2685, 2012.

KUTTAPPAN, V. A.; et al. Pathological changes associated with white striping in broiler breast muscles. **Poultry Science**, v. 92, p. 331-338 2013.

KUTTAPPAN, V. A.; HARGIS, B. M.; OWENS, C. M. White striping and woody breast myopathies in the modern poultry industry: A review. **Poultry Science**, v. 95, p. 2724–2733, 2016.

LI, B.; LINDÉN, J.; PUOLANNE, E.; ERTBJERG, P. Effects of Wooden Breast Syndrome in Broiler Chicken on Sarcoplasmic, Myofibrillar, and Connective Tissue Proteins and Their Association with Muscle Fiber Area. **Foods**, v. 12, 3360, 2023.

LIEN, R. J.; BILGILI, S. F.; HESS, J. B.; JOINER, K. S. Induction of deep pectoral myopathy in broiler chickens via encouraged wing flapping. **The Journal of Applied Poultry Research**, v. 21, p. 556–562, 2012.

LORENZI, M.; MUDALAL, S.; CAVANI, C.; PETRACCI, M. Incidence of white striping under commercial conditions in medium and heavy broiler chickens in Italy. **Journal Applied Poultry Research**, v. 23, p. 754-758, 2014.

MAHAN, L. K; ESCOTT-STUMP. S. Krause, alimentos, nutrição & dietoterapia, Rio de Janeiro: ed. Roca, 2005.

MAIORANO, G. Meat defects and emergent muscle myopathies in broiler 28 chickens: implications for the modern poultry industry. **Scientific Annals of Animal Production**, v. 13, n. 3, p. 43-51, 2017.

MANTESE, F. Seminário apresentado na disciplina Bioquímica do Tecido Animal do Programa de Pós-Graduação em Ciências Veterinárias da UFRGS, 2002.

OECD/FAO - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) e Agência das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO). "Table C.4 - World meat projections", in OECD-FAO Agricultural Outlook 2023-2032, OECD Publishing, Paris, Disponível em: <https://doi.org/10.1787/59158ab5-en>. > Acesso 16 de agosto de 2023.

OECD/FAO - Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico (OCDE) e Agência das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO). "OECD-FAO Agricultural Outlook", OECD Agriculture statistics (database), 2023b. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1787/agr-outl-data-en>. > Acesso 16 de agosto de 2023.

OLIVEIRA, D. R. M. S.; NAAS, I. A. Issues of sustainability on the Brazilian broiler meat production chain. In: International Conference Advances In Production Management Systems, 2012, Rhodes. Anais Competitive Manufacturing for Innovative Products and Services: proceedings, Greece: Internacional Federation for Information Processing, 2012.

PALMA, S. F. Transformação do Músculo em Carne, Influência na Qualidade da Carne. Instituto Politécnico de Beja, Escola Superior Agrária, 2017.

PASCUAL, A.; TROCINO, A.; SUSTA, L.; BARBUT, S. Comparing three textural measurements of chicken breast fillets affected by severe wooden breast and spaghetti meat. **Ital. J. Anim. Sci.** v. 20, p. 465–471, 2021.

PATRICIO, I. S.; MENDES, A. A.; RAMOS, A. A.; PEREIRA, D. F. Overview on the performance of Brazilian broilers (1990 to 2009). **Revista Brasileira de Ciências Avícola**, v. 4, n. 4, p. 233-238, 2012.

PETRACCI, M.; MUDALAL, S.; SOGLIA, F.; CAVANI, C. Meat quality in fast-growing broiler chickens. **World's Poultry Science Journal**. 2015; v. 71, p. 363–374, 2015

PETRACCI, M.; SOGLIA, F.; MADRUGA, M.; CARVALHO, L.; IDA, E.; ESTEVEZ, M. Wooden-breast, White striping, and Spaghetti meat: Causes, Consequences and consumer perception of emerging broiler meat abnormalities. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**. v. 18, p. 565–583, 2019.

RECK, A. B.; SCHULTZ, G. Aplicação da metodologia multicritério de apoio à decisão no relacionamento interorganizacional na cadeia da avicultura de corte. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 54, n. 4, p. 709-728, 2016.

SALDANHA, T.; MAZALLI, M. R.; BRAGAGNOLO, N. Avaliação comparativa entre dois métodos para determinação do colesterol em carnes e leite. **Food Science and Technology**, v. 24, n.1, p. 109-113, 2004.

SAS Institute. (2002-2003). SAS user's guide: statistics. Release 9.1. Cary.

SIHVO, H. K.; IMMONEN, K.; PUOLANNE, E. Myodegeneration with fibrosis and regeneration in the pectoralis major muscle of broilers. **Veterinary Pathology**, v. 51, p. 619–623, 2014.

SIRRI, F.; MAIORANO, G.; TAVANIELLO, S.; CHEN, J.; PETRACCI, M.; MELUZZI, A. 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. **Poultry Science**, v. 95, n. 8, p. 1813–1824, 2016.

SOARES, K. M. P; SILVA, J. B. A.; GÓIS, V. A., Parâmetros de qualidade de carnes e produtos cárneos: uma revisão, **Hig. aliment** ; v. 31, n.268/269, p. 87-94, 2017.

TACO – Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. 4ª ed. Campinas, São Paulo. 2011.

TAKO, E. Dietary Trace Minerals. **Nutrients**, v. 11, n. 11, 2823, 2019.

TALLENIRE, C.W.; LEINONEN, I.; KYRIAZAKIS, I. Artificial selection for improved energy efficiency is reaching its limits in broiler chickens. **Scientific Reports**. v. 8, 1168, 2018.

TASONIERO, G.; ZHUANG, H.; GAMBLE, G. R.; BOWKER, B. C. Effect of spaghetti meat abnormality on broiler chicken breast meat composition and technological quality. **Poultry Science**, V. 99, p. 1724–1733, 2020.

USDA – United States of America Global Agricultural Information Network. Department of Agriculture. Disponível em: <https://gain.fas.usda.gov/> > Acesso 16 de agosto de 2023.

VELLEMAN, S. G.; CLARK, D. L. Histopathologic and Myogenic Gene Expression Changes Associated with Wooden Breast in Broiler Breast Muscles. **Avian Diseases**, v. 59, p. 410 – 418, 2015.

VENTURINI, K. S.; SARCINELLI, M. F.; SILVA, L. C. Características da carne de frango. (Boletim Técnico: 01307 PIE). Espírito Santo (ES): Universidade Federal do Espírito Santo. (UFES), p. 7. 2007.

VIEIRA, E. T. T. Influência no Processo de Congelamento na Qualidade do Peito de Frango. 2007. Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões. URI. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Alimentos. Disponível em: http://www.uricer.edu.br/cursos/arq_1trabalhos_usuario/569.pdf. Acesso em 06 de abril de 2015

WIDEMAN, N.; O'BRYAN, C. A.; CRANDALL, P. G. Factors affecting poultry meat colour and consumer preferences: A review. **World's Poultry Science Journal**. v. 72, p. 353–366, 2016.