

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP CAMPUS DE JABOTICABAL

**EFEITO DAS MIOPATIAS “WOODEN BREAST” E “SPAGHETTI MEAT” SOBRE A
QUALIDADE DO PEITO E DA COXA DE FRANGOS DE CORTE**

Msc. Mateus Roberto Pereira
Zootecnista

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP CAMPUS DE JABOTICABAL

**EFEITO DAS MIOPATIAS “WOODEN BREAST” E “SPAGHETTI MEAT” SOBRE A
QUALIDADE DO PEITO E DA COXA DE FRANGOS DE CORTE**

Msc. Mateus Roberto Pereira

Orientador: Profa. Dra. Hirasilva Borba

Coorientador: Dra. Juliana Lolli Malagoli de Mello

Tese apresentada à Faculdade de Ciências
Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de
Jaboticabal, como parte das exigências para
a obtenção do título de Doutor em Zootecnia.

2024

P436e Pereira, Mateus Roberto
Efeito das miopatias “Wooden Breast” e “Spaghetti meat” sobre a
qualidade do peito e da coxa de frangos de corte / Mateus Roberto
Pereira. -- Jaboticabal, 2024
63 p.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP),
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal
Orientadora: Hirasilva Borba
Coorientadora: Juliana Lolli Malagoli de Mello

1. Frango de corte. 2. Qualidade da carne. 3. Miopatias. I. Título.

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

Essa ficha não pode ser modificada.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de
Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: EFEITO DAS MIOPATIAS "WOODEN BREAST" E "SPAGHETTI MEAT" SOBRE A QUALIDADE DO PEITO E DA COXA DE FRANGOS DE CORTE

AUTOR: MATEUS ROBERTO PEREIRA

ORIENTADORA: HIRASILVA BORBA

COORDINADORA: JULIANA LOLLI MALAGOLI DE MELLO

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em Zootecnia, pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. HIRASILVA BORBA (Participação Presencial)
Departamento de Biotecnologia Agropecuária e Ambiental / FCAV/UNESP - Jaboticabal

Prof. Dr. RODRIGO FORTUNATO DE OLIVEIRA (Participação Presencial)
Departamento de Zootecnia / Instituto Federal Goiano - Rio Verde/GO

Documento assinado digitalmente
gov.br RODRIGO FORTUNATO DE OLIVEIRA
Data: 28/03/2024 10:32:07-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Dra. ALINE GIAMPIETRO GANECO (Participação Presencial)
Consultora Autônoma / Jaboticabal/SP

Documento assinado digitalmente
gov.br ALINE GIAMPIETRO GANECO
Data: 16/04/2024 11:14:51-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Dra. HELOISA DE ALMEIDA FIDELIS (Participação Virtual)
Autônoma / Ribeirão Preto/SP

Documento assinado digitalmente
gov.br HELOISA DE ALMEIDA FIDELIS
Data: 16/04/2024 18:46:53-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Dra. ÉRIKA NAYARA FREIRE CAVALCANTI (Participação Virtual)
Departamento de Zootecnia / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Documento assinado digitalmente
gov.br ÉRIKA NAYARA FREIRE CAVALCANTI
Data: 01/04/2024 18:15:07-0300
Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Jaboticabal, 25 de março de 2024

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Mateus Roberto Pereira, nascido no dia 26 de agosto de 1992 na cidade de Ribeirão Preto - SP, Brasil, filho de Luis Roberto Pereira e Angela Maria de Arruda Pereira. Ingressou no curso de Zootecnia em 2012 na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV/Unesp) na cidade de Jaboticabal – SP, Brasil, graduando-se em 2017. Em março de 2018 iniciou o curso de Mestrado na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Campus Jaboticabal, São Paulo, sob a orientação da Prof^a. Dr^a. Hirasilva Borba, sendo bolsista CNPq e submetendo-se à defesa de dissertação em junho de 2020. Em agosto de 2020 iniciou o curso de Doutorado em Zootecnia pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV/UNESP- Jaboticabal, com ênfase em Tecnologia dos Produtos de Origem Animal, durante o qual foi bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

AGRADECIMENTOS

Quero primeiramente agradecer a Deus, pois sem ele nada poderia ser ou fazer, depois dele a Santíssima Virgem Maria e a toda igreja triunfante em Cristo Jesus. Depois quero agradecer ao meu pai Luis Roberto Pereira e minha mãe Angela Maria de Arruda Pereira, primeiramente pelo apoio em minha criação e educação, além de me apoiarem durante todo o doutorado tanto pelos conselhos e outros tipos de ajudas que eles fizeram por mim. Quero agradecer pela amizade do meu irmão Lucas Pedro Pereira e por toda ajuda e conselho que ele me deu durante esses anos que vivemos juntos. E pela amizade do agregado da família Heber Rodriguez.

Agradeço pelos incentivos que meu amor Paloma Bonfiglioli Barissa me deu durante esta fase final do meu doutorado, e pela sua presença em minha vida, tornando-a mais feliz, te amo muito!

Muito obrigado aos meus avôs maternos, Angelo Costa de Arruda e Maria das Dores Marques Arruda e a minha avó paterna Maria da Silva Pereira (*In memoriam*) pelo apoio que me deram em minha vida. Aos meus tios Marcos Costa Arruda e Weruska Ribeiro e ao meu primo Marcos Costa Arruda Junior. A minha orientadora Prof^a. Dr^a. Hirasilva Borba por me acolher e me instruir estes anos de orientação no doutorado; a minha co-orientadora Dr^a. Juliana Lolli por ter paciência em me orientar durante o meu doutorado. Agradeço também ao Prof. Dr. Pedro Alves de Souza, Erik Alonso, Ana Verônica, Fábio Ferrari, Erika, Rodrigo Oliveira, Rodrigo Alves, Aline, Heloisa, Daniel, Jeane e Andréia pela amizade e pela ajuda que cada um pode me dar durante meu dia-a-dia no laboratório. A todos os professores que me acompanharam durante o doutorado, que me ofereceram suporte e orientação para me aperfeiçoar profissionalmente. À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal, pelo suporte e estrutura concedida e ao programa de pós-graduação que concedeu a oportunidade de realizar o mestrado.

A CAPES pela ajuda financeira concedida a mim durante estes anos de doutorado, e pelo financiamento do experimento pela FAPESP (2021/05341-7). A todos os animais que foram utilizados no meu experimento, podendo colaborar com

sua existência, a serviço de um bem maior. E a todos que direta ou indiretamente contribuíram para a minha formação acadêmica e foram fundamentais durante o meu doutorado em Zootecnia.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

SUMÁRIO

RESUMO	VII
ABSTRACT	VIII
CAPÍTULO 1 – Considerações gerais	1
Introdução	1
Revisão da literatura	2
Referências bibliográficas	10
CAPÍTULO 2 - EFEITO DA MIOPATIA “WOODEN BREAST” SOBRE A QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DAS CARNES DO PEITO E DA COXA DE FRANGO DE CORTE	16
Resumo	17
Introdução	18
Material e Métodos	18
Resultados e discussão	23
Conclusões	38
Referências bibliográficas	38
CAPÍTULO 3 – EFEITO DA MIOPATIA “SPAGHETTI MEAT” SOBRE A QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA DE PEITOS E COXAS DE FRANGO DE CORTE.	41
Resumo	42
Introdução	43
Material e Métodos	43
Resultados e discussão	47
Conclusões	60
Referências bibliográficas	61

EFEITO DAS MIOPATIAS “WOODEN BREAST” E “SPAGHETTI MEAT” SOBRE A QUALIDADE DO PEITO E DA COXA DE FRANGOS DE CORTE

Resumo: O estudo teve como objetivo avaliar as possíveis alterações que as miopatias “Wooden Breast” e “Spaghetti meat”, podem proporcionar a qualidade da carne dos peitos e das coxas dos frangos de corte. O capítulo 1 aborda uma revisão bibliográfica a respeito do tema. No capítulo 2, foi abordado o efeito da miopatia “Wooden Breast” sobre a qualidade física e química da carne do peito e da coxa dos frangos de corte. No capítulo 3, foi abordado, o efeito da miopatia “Spaghetti meat” sobre a qualidade física e química da carne do peito e da coxa dos frangos de corte. No geral, com relação a miopatia “Wooden Breast”, houve o aparecimento do processo de fibrose muscular, tanto na carne do peito como na carne da coxa dos frangos afetados pela miopatia, além disso, a miopatia ocasionou o avermelhamento da carne do peito e da coxa; a redução da maciez da carne do peito e o aumento da maciez da carne da coxa; e houve a redução da concentração da matéria mineral da carne do peito e o aumento, desta variável, na carne da coxa. Com relação a miopatia “Spaghetti meat” notou-se um avermelhamento da carne do peito e da coxa dos frangos que apresentaram a miopatia; também se teve a redução da porcentagem de umidade do peito e da coxa, e a redução da porcentagem da matéria mineral da carne da coxa dos frangos. Além disso, pode-se identificar a presença de fibrose na carne do peito acometida pela miopatia; e um amaciamento da carne do peito e da coxa quando a miopatia apareceu no peito. A presença dessas duas miopatias acarretaram no processo de lipólise no músculo do peito e da coxa. Notou-se que a presença da miopatia “Wooden Breast” ou da miopatia “Spaghetti meat” acarretou o aparecimento do processo de miodegeneração na carne do peito e da coxa dos frangos.

Palavras-chave: fibrose, qualidade de carne, lipólise, maciez, miodegeneração.

EFFECT OF “WOODEN BREAST” AND “SPAGHETTI MEAT” MYOPATHIES ON BREAST AND THIGH QUALITY OF BROILER

ABSTRACT: The study aimed to evaluate the possible changes that “Wooden Breast” and “Spaghetti meat” myopathies can cause to the quality of meat in the breasts and thighs of broiler chickens. Chapter 1 covers a literature review on the topic. In chapter 2, the effect of “Wooden Breast” myopathy on the physical and chemical quality of breast and thigh meat in broiler chickens was discussed. In chapter 3, the effect of “Spaghetti meat” myopathy on the physical and chemical quality of the breast and thigh meat of broiler chickens was discussed. In general, in relation to “Wooden Breast” myopathy, there was the appearance of the process of muscular fibrosis, both in the breast meat and in the thigh meat of chickens affected by the myopathy, in addition, the myopathy caused reddening of the breast meat and of the thigh; the reduction in the tenderness of the breast meat and the increase in the tenderness of the thigh meat; and there was a reduction in the concentration of mineral matter in the breast meat and an increase in this variable in the thigh meat. Regarding “Spaghetti meat” myopathy, reddening of the breast and thigh meat of chickens that presented myopathy was noted; There was also a reduction in the percentage of moisture in the breast and thighs, and a reduction in the percentage of mineral matter in chicken thigh meat. Furthermore, the presence of fibrosis in the breast meat affected by myopathy can be identified; and a softening of the breast and thigh meat when myopathy appeared in the chest. The presence of these two myopathies resulted in the lipolysis process in the chest and thigh muscles. It was noted that the presence of “Wooden Breast” myopathy or “Spaghetti meat” myopathy led to the appearance of the myodegeneration process in the breast and thigh meat of chickens.

Keywords: fibrosis, lipolysis, meat quality, myodegeneration, tenderness.

CAPÍTULO 1 – Considerações gerais

INTRODUÇÃO

Atualmente o setor avícola brasileiro está em segundo lugar no ranking mundial de produção de carne de frango, em 2022 esse setor foi responsável pela produção de 14.524 milhões de toneladas de carne, dessa produção total, o Brasil foi o maior exportador mundial de carne de frango, com 4.822 milhões de toneladas de carne exportada. Ainda em 2022, o consumo de carne de frango no Brasil foi de 45,2 kg/habitante (ABPA, 2023) e há tendência de aumento em detrimento ao consumo de carne vermelha, possivelmente vinculado aos baixos preços da carne de frango, quando comparado ao da carne vermelha, tornando-a, assim, economicamente mais acessível ao consumidor de baixa renda, além do forte apelo comercial ao consumo de carne branca como alternativa saudável ao da carne vermelha.

Além de ser uma carne economicamente mais acessível ao consumidor, a carne de frango é produzida em um período curto de tempo (aproximadamente 45 dias), contribuindo assim, para o melhoramento genético deste animal, devido ao menor tempo entre as gerações. Por outro lado, o melhoramento genético avançados dos frangos de corte provocou um acelerado ganho de peso e aumento da taxa muscular destes animais, com isso, atualmente a avicultura tem passado por problemas, pois o ganho acelerado de peso e aumento rápido dos músculo das partes nobres do frango, vem causando problemas musculares, denominadas miopatias, que em sua grande maioria são constatadas apenas no momento do abate destas aves (Petracci et al., 2019).

Os desafios da indústria avícola, como o aparecimento da miopatia “*Wooden Breast*” e “*Spaghetti meat*”, têm aumentado a necessidade de estudos sobre as modificações físicas, químicas e histológicas que estas miopatias podem provocar à carne produzida. A enorme mudança visual causada pelas miopatias na aparência da carne de peito de frango pode tornar a carne fresca e produtos derivados não comercializáveis (Galiropoulou, 2013), pois os abatedouros trabalham com a política de condenação de carcaças com lesões de etiologia desconhecida, logo, qualquer condição que afete negativamente a aparência visual da carne resulta em perda econômica (Kuttappan et al., 2012).

A miopatia “Wooden Breast” é caracterizada pela dureza apresentada pela carne, semelhando-se a textura de madeira (Sanchez Brambila et al., 2018), já a miopatia “*Spaghetti meat*” é 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), acarretando a rejeição do consumidor durante a compra e consequentemente, em perda econômica.

As causas destas anomalias ainda não estão claras, mas é uma realidade que afeta a avicultura brasileira, por apresentar um impacto negativo na produção de aves comerciais. Além disso, como estas miopatias atingem a região peitoral do frango, são poucas as pesquisas que visam constatar a influência dessas sobre a qualidade da carne de outros cortes comerciais, como por exemplo a coxa desses animais. Diante deste cenário, o presente estudo objetivou avaliar as possíveis modificações físicas, químicas e histológicas presentes na carne de peito de frangos de corte acometidos pelas miopatias “*Wooden Breast*” e “*Spaghetti meat*”, e o efeito destas duas miopatias peitorais sobre a qualidade física, química e histológica da carne da coxa dos frangos de corte.

REVISÃO DA LITERATURA

Histórico da cadeia produtiva no Brasil

O desenvolvimento da cadeia produtiva do frango de corte no Brasil pode ser dividido em três fases. A primeira fase data de 1950 a 1970; nesta fase a criação de frangos de corte foi basicamente uma atividade de subsistência com pouca tecnologia empregada. O desenvolvimento da criação de frangos de corte começou com a introdução de novas linhagens das raças Leghorn e New Hampshire nos estados de São Paulo e Rio de Janeiro, com o objetivo de substituir as raças rústicas que eram comercializadas vivas em feiras e em alguns comércios da época. Neste contexto, houve grande aumento nas pesquisas genéticas nos institutos de pesquisas nacionais; estas pesquisas proporcionaram a redução da taxa de mortalidade, o aumento da capacidade de conversão alimentar, a diminuição da idade de abate e o aumento da velocidade de crescimento, acarretando em maior produtividade do setor avícola (Canever et al., 1997; França, 2000; Vieira e Dias, 2005; Albino e Tavernari, 2008; Espindola, 2012).

No período de 1970 a 1990 ocorreu a segunda fase com a instalação de novas plantas produtivas e com o início do processo de centralização do capital. Sendo que, nas décadas de 70 e 80 houve a introdução de novas empresas avícolas e na década de 80 teve-se a instalação de 32 novos abatedouros nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. Neste período, também ocorreu a implementação de inovações tecnológicas, novas linhagens de matrizes e modernos equipamentos nos setores de criação, abate e processamento (Canever et al., 1997; França, 2000; Vieira e Dias, 2005; Albino e Tavernari, 2008; Espindola, 2012). Esse processo de inovação foi incentivado pelo Governo Federal através da criação da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária/aves, com o intuito de ajudar na inovação do melhoramento genético em aves (Rodrigues et al., 2014).

No período pós 1985, ocorreu uma diminuição na quantidade de carne importada pelos países da Ex-URSS, Japão e outros, o que acarretou no aumento das exportações de carne de frango para os EUA e França, devido a isso, as empresas brasileiras adotaram novas estratégias de comercialização de seus excedentes. As novas ações contavam com estratégias de agregação de valor e diversificação, com a redefinição de suas linhas de produção para o corte de partes como asas, coxa, sobrecoxa, entre outras, além da elaboração de produtos processados, como empanadas, *nuggets* e pratos prontos. Neste mesmo período, o Governo Federal influenciou de forma indireta no aumento do consumo de carne de frango no país, através de ações para aumentar a conscientização populacional da higiene sobre a carne de aves, e com aumento da fiscalização por ele durante os abates e comercialização desses produtos através do Sistema de Inspeção Federal (Canever et al., 1997; Bosi, 2011; Espindola, 2012).

No período pós 1990, ocorreu à terceira fase devido a abertura da economia latino-americana. Esta abertura econômica proporcionou condições favoráveis aos setores agroindustriais, proporcionando entrada no comércio mundial. O que provocou a necessidade entre as agroindústrias processadoras e a base da cadeia produtiva do frango de corte de redefinir seus pontos de vista estratégicos empresariais (Espindola, 2012; Caldarelli e Camara, 2013).

A partir da década de 2000 ocorreram variações cambiais com destaque na mudança do regime cambial para o sistema flutuante, assim, nos anos de 1999 a 2002

ocorreu uma grande depreciação do real (*“over shooting”*), entretanto, o setor agropecuário não sentiu tanto com essa desvalorização cambial, apresentando aumento significativo com a participação de 50% da exportação brasileira do ano de 2002. No ano de 2003 houve uma valorização do Real perante a moeda norte americana, devido a esta valorização houve queda das taxas de crescimento da exportação, tendo apenas um crescimento de 11,64% no ano de 2005 (Spolador, 2007). Além disso, houve reorganização da cadeia produtiva do frango de corte, principalmente com a implantação de modernas plantas industriais nos estados da região Centro-Oeste (Barczcz e Lima Filho, 2009).

Com esta expansão produtiva no Centro-Oeste ocorreu a criação de um novo polo de expansão para as grandes empresas processadoras (Silva et al., 2007; Albino e Tavernari, 2008).

Na década de 1930, o peso do frango, que era comercializado vivo, era em média de 1,5 Kg, apresentava idade de abate de 105 dias e 3,5:1 Kg de conversão alimentar. Com o emprego de técnicas de melhoramento genético o frango de corte em 2009, passa a ter 2,6 Kg de peso médio na idade de abate de 35,12 dias e taxa de conversão alimentar de 1,839:1 Kg (Patricio et al., 2012; Oliveira e Naas, 2012).

Estes bons resultados na avicultura de corte são devido a alguns programas de melhoramento genético, entre estes se destacam a inseminação artificial (IA); as técnicas de transferência de embriões, a clonagem e a produção de animais transgênicos, além desses, há um maior destaque no aprofundamento das pesquisas do genoma do frango, com o objetivo de melhorar cada vez mais, a expressão das características do frango de corte, e assim, maximizar a produção de carne com alta qualidade e o mínimo de custos produtivos (Espíndola, 2012).

Pode-se constatar que houve uma expansão e tecnificação do sistema avícola brasileiro, além do aumento da produção de carne, o setor avícola presa pela produção de carne com alta qualidade, para isso há alguns pontos que devem ser levados em consideração.

Qualidade da carne

Quando se fala de qualidade de carne alguns temas devem ser relatados, sendo eles, a composição química, a sua coloração, a sua maciez, suas características sensoriais, entre outras. Desta forma, para que a carne seja considerada uma carne de qualidade boa, estes fatores devem se combinar, para que esta possa agradar ao consumidor.

A carne de frango é composta, em média, por 70-75% de água, 20% de proteína, 3% de gordura e 2% de carboidratos, e traços de compostos inorgânicos (vitaminas e minerais) (Tornberg, 2005); sendo fonte de vitamina B12 e vitamina D; contendo altos níveis de ácidos graxos poli-insaturados, ferro, zinco e selênio (Schonfeldt e Gidson, 2008; Babic et al., 2014). Além disso, a carne é fonte de aminoácidos essenciais de alta qualidade e biodisponibilidade benéficos à saúde humana (Lafarga e Hayes, 2014).

Pode haver diferença na concentração de lipídios entre as partes do frango, podendo se intensificar pela influência da dieta, sexo, idade e tipo de criação da ave; além disso, a quantidade de gordura presente na carne é de extrema importância para sua qualidade e seu consumo. Normalmente as gorduras são encontradas em maior quantidade nas regiões das sobre coxas e da cavidade abdominal, entretanto o músculo do peito de frango por ser um músculo que necessita de grande quantidade de energia, tem baixa quantidade de gordura estocada (Souza-Soares e Siewerdt, 2005). O teor e o tipo de lipídeos presentes na carne irão influenciar de forma direta na suculência e aceitação dessa carne pelos consumidores (Overland et al., 2011).

O colesterol é um dos compostos que fazem parte da fração lipídica muito importante na saúde humana; o seu teor varia de acordo com a parte do corpo da ave, podendo ser encontrado em 100 g de carne da coxa sem pele a quantidade de 199 mg de colesterol, já em 100 g de carne de peito sem pele teremos 115 mg (Souza e Visentainer, 2006).

Inúmeros fatores podem afetar de modo conjunto a qualidade da carne, podendo ser citado à genética, alimentação, manejos pré-abate ou durante o abate, processamento e condições de armazenamento (Milicevic et al., 2015). Dentre os fatores que podem interferir na satisfação e escolha pelo consumidor, a textura é considerada um atributo de maior importância para a satisfação do consumidor

(Behrends et al., 2005). Esta está diretamente vinculada ao tipo de proteína que compõe esta carne, sendo que, estas proteínas podem ser classificadas como proteínas miofibrilares, sarcoplasmáticas e conectivas (Tornberg et al., 2005) e a variação da quantidade de proteínas e de seus tipos está relacionado ao sexo, à raça, o genótipo, à quantidade e ao tipo hormonal, ao desempenho de crescimento, à dieta, à localização anatômica do músculo e à quantidade de atividade física realizada pelo animal (Joo, 2013).

Outros atributos que podem interferir na qualidade da carne são os atributos físicos, como por exemplo, a maciez, a coloração e a capacidade de retenção de água, como pode-se verificar a seguir.

A maciez da carne é um dos fatores que estão vinculados a aceitação do consumidor, como este tem a capacidade de discernir entre os vários graus de maciez que este produto pode ter, podendo o mesmo em muitos casos estar pronto para pagar mais por carnes em que a marca garanta uma maior maciez (Boleman et al., 1997). A maciez da carne está diretamente relacionada com o tamanho do feixe de fibras musculares e do tecido conjuntivo (Ramos e Gomide, 2017).

A cor da carne é a principal característica que o consumidor observa no ato da compra (Gao et al., 2014). A quantidade de mioglobina presente no músculo está diretamente responsável pela coloração da carne (Ramos e Gomide, 2007). A mioglobina pode estar na carne de três formas diferentes, a deoximioglobina (coloração vermelho-púrpura), a oximioglobina (vermelho brilhante) e a metamioglobina (marrom), acarretando assim, a variação da cor da carne (Jay, 1996; Mancini e Hunt, 2005).

Um dos sistemas de avaliação da carne é denominado sistema CIELab que consiste em três parâmetros que são a luminosidade (L^*) que varia de zero a 100, sendo 0 preto e 100 branco; o teor de vermelho (a^*) que vai de -60 (cor verde) para +60 (cor vermelha) e o teor de amarelo (b^*) que vai de -60 (cor azul) para 60 (cor amarela) (Ramos e Gomide, 2017).

Outro fator que pode alterar a qualidade da carne é a sua capacidade de reter água; como a água está presente em 70-75% da constituição da carne, a habilidade do corte cárneo em reter água é muito importante para a manutenção das propriedades funcionais da carne. Além disso, a porcentagem da capacidade de

retenção de água irá influenciar diretamente no rendimento da carne cozida, em sua maciez, em sua textura, sabor e quantidade de nutrientes (Olivo, 2002).

Pode-se constatar que a qualidade da carne é influenciada por diversos atributos físicos e químicos, além disso, outros problemas podem acarretar na variação da qualidade da carne, um desses é a presença de miopatias peitorais como será apresentado no tópico a seguir.

Miopia “Wooden Breast”

A miopia “Wooden Breast” é caracterizada pela dureza apresentada pela carne (Sanchez Brambila et al., 2018). Descrita pela primeira vez em peito de frango de corte, na Finlândia, em 2014 (Sihvo; Immonen; Puolanne, 2014). Segundo Sihvo et al. (2017) a miopia “Wooden Breast” pode ser dividida em três graus: o normal (quando os filés de peito de frango não apresentam a miopia), o moderado (quando os filés de peito de frango apresentam consistência endurecida e cor pálida na área cranial do filé, podendo conter poucas estrias brancas) e o severo (quando os filés de peito de frango apresentam consistência endurecida e pálida em todo o músculo, podendo apresentar grande quantidade de estrias brancas).

O “Wooden Breast” pode ser identificado no animal pós-abate pela palpação da região peitoral do frango (Tijare et al., 2016); além da dureza no peito, este também apresenta aspecto pálido podendo estar coberto com fina camada de substância viscosa, clara ou turva e com petéquias ou pontos hemorrágicos distribuídos multifocalmente (Sihvo; Immonen; Puolanne, 2014). Com o aumento da severidade da miopia os peitos podem apresentar protuberância na região caudal e estrias brancas visíveis entre as fibras musculares (De Brot et al., 2016; Sihvo et al., 2017).

A incidência do “Wooden Breast” pode atingir até 39% dos frangos com até 35 dias de vida, podendo aumentar para 89% dos frangos quando estes atingem 42 dias de idade (Kindlein, 2015). Foi averiguado que nos casos da miopia em seu grau severo, têm uma ocorrência de até 10% em um lote e de até 40% no seu grau moderado (Nascimento et al., 2012).

A etiologia desta miopia permanece sem resposta clara, no entanto, pelo estudo de expressão gênica realizado por Mutryn et al. (2015) a hipoxia, o estresse oxidativo, o aumento do cálcio e a troca do tipo de fibra podem estar relacionados ao

aparecimento do “Wooden Breast”. Outra hipótese seria o excesso de produção de decorina que proporciona a reticulação do colágeno, fator que pode contribuir para o aumento da dureza do peito de frango (Velleman e Clark, 2015).

Em um estudo de Abasht et al. (2016) ao avaliar os filés de peito de frango observou que além de estresse oxidativo, ocorreu alteração no metabolismo de aminoácidos e carboidratos, conclusão tirada devido ao elevado acúmulo de histidina e de histamina, a redução do glicogênio muscular e baixa quantidade de enzimas glicolíticas (glicose 6 fosfato e frutose 6 fosfato).

Em um estudo do perfil proteômico, observou-se que oito proteínas se expressão de maneira diferente quando se compara os peitos normais com os peitos acometidos pela miopatia; neste trabalho, notou-se que havia um aumento da enzima anidrase carbônica III (responsável pelo estresse oxidativo) e menor quantidade de enzimas glicolíticas que são responsáveis pela regeneração do ATP muscular *post mortem* (Cai et al., 2018).

Histologicamente pode-se verificar a presença de diferentes diâmetros de miofibras, a perda de suas características morfológicas, a degeneração multifocal, necrose (com fibras amorfas e hipereosinofílicas), perda da estriação e infiltração de células inflamatórias (com predominância de macrófagos e heterófilos) circundando as fibras musculares degeneradas (Sihvo et al., 2014).

Há presença de processos fibróticos, onde há o aumento da concentração de colágeno, ocupando o lugar do perimísio e endomísio, sendo que, há sugestão de que a dureza do peito prove não apenas do aumento do colágeno, mas também da estrutura do colágeno fibrótico. Estas características incluem o diâmetro da fibra, densidade da fibrila, conteúdo de glicosaminoglicanos, alinhamento da fibrila e a organização geral da rede de fibrilas de colágeno (Velleman et al., 2017).

As carnes de frango que continham a miopatia “Wooden Breast” obtiveram valores qualitativos menores, sendo que isso pode influenciar de maneira negativa a cadeia da comercialização de carne de frango. Ao comparar a carne com a miopatia com a que não apresenta nenhuma mudança, a carne com a miopatia apresenta maiores porcentagens de perda por cozimento e gotejamento, maior pH, menor porcentagem de absorção por marinação e maiores valores de intensidade de vermelho e amarelo (Dalle Zotte et al., 2017).

Pode-se ver que a miopatia “Wooden Breast” afeta de maneira negativa a qualidade físico-química da carne, podendo interferir, não apenas na sua qualidade, mas também, na aceitação pelo consumidor final.

Miopatia “Spaguetti meat”

Esta miopatia é 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). Essa alteração da integridade estrutural do músculo do peito ocorre, possivelmente, pela presença de tecido conjuntivo intramuscular imaturo (Maiorano, 2017).

Essa alteração proporciona má coesão da carne, tendo assim, uma carne frouxa na estrutura e os feixes de fibras do músculo podem ser separadas facilmente através da apalpação pelos dedos, pode-se dividir esta miopatia em dois graus de severidade; o grau moderado (filés que apresentam a estrutura frouxa moderada perceptível ao toque na superfície cranial do músculo) e o grau severo (peitos que apresentam lacerações superficiais extensas) (Sirri et al., 2016).

Pode-se ver em um estudo de Baldi et al. (2018) que esta miopatia acarreta mudanças na carne como queda do nível de proteína e aumento na porcentagem de umidade. Além disso, se observou infiltração de gordura e tecido conjuntivo, constatou que há aumento da quantidade da água extra-miofibrilar em comparação a água intra-miofibrilar, proporcionando desta maneira a redução da capacidade de retenção de água, também observaram uma diminuição da quantidade de endomísio e perimísio.

Pode-se ver que a miopatia “Spaghetti meat” afeta de maneira negativa a qualidade físico-química da carne, podendo interferir na aceitação pelo consumidor final.

Referências bibliográficas

- ABASHT, B.; MUTRYN, M. F.; MICHALEK, R. D.; LEE, W. R. Oxidative Stress and Metabolic Perturbations in Wooden Breast Disorder in Chickens. *PLOS ONE*, v. 11, n. 4, p. 1–16, 2016.
- ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. *Relatório Anual 2020*. Disponível em: <<https://abpa-br.org/wp-content/uploads/2023/04/Relatorio-Anual-2023.pdf>>. Acesso em: 24set. 2023.
- ALBINO, L. F. T.; TAVERNARI, F. C. *Produção e manejo de frangos de corte*. Viçosa: UFV, 2008.
- BABIC, J; DRAGAN, M.; DANIJELA, V.; MIRJANA, L.; ZORAN, P. the effect of season of transportation on the welfare of broilers and selected parameters of broilers meat quality. *Tehnologija mesa*, v. 55, p. 46-53, 2014.
- BALDI, G.; SOGLIA, F.; MAZZONI, M.; SIRRI, F.; CANONICO, L.; BABINI, E.; LAGHI, L.; CAVANI, C.; PETRACCI, M. Implications of white striping and “Spaghetti meat” abnormalities on eat quality and histological features in broilers. *Animal*, v. 12, n. 1, p. 164–173, 2018.
- BARCZSZ, S. S.; LIMA FILHO, D. O. Agroindústria exportadora de frango de corte Sul- Mato-Grossense e os aspectos de internacionalização. *Revista em Agronegócios e Meio Ambiente*, v. 2, n. 2, p. 9-33, 2009.
- BEHREND, J. M.; GOODSON, K. J.; KOOHMARAIE, M.; SHACKELFORD, S. D.; WHEELER, T. L.; MORGAN, W. W.; REAGAN, J. O.; GWARTNEY, B. L.; WISE, J. W.; SAVELL, J. W. Beef customer satisfaction: USDA quality grade and marination effects on consumer evaluations of top round steaks. *Journal of Animal Science*, v. 87, n. 3, p.307-316, 2005.
- BEITZ, D. C. Metabolismo de proteínas e aminoácidos. In: REECE, W. O. *Fisiologia dos Animais Domésticos*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2006. cap. 32, p. 493-509. BOLEMAN SJ, BOLEMAN SL, MILLER RK, TAYLOR JF, CROSS HR, WHEELER TL, KOOHMARAIE M, SHACKELFORD SD, MILLER MF, WEST RL, JOHNSON DD, SAVELL JW (1997) Consumer evaluation of beef of known categories of tenderness. *Journal of Animal Science* 75:1521-1524.

- BOSI, A. P. História das relações de trabalho na cadeia produtiva avícola no Brasil (1970- 2010). *Revista da História Regional*, v. 16, n. 2, p. 400-430, 2011.
- CAI, K.; SHAO, W.; CHEN, X.; CAMPBELL, Y. L.; NAIR, M. N.; SUMAN, S. P.; BEACH, C. M.; GUYTON, M. C.; SCHILLING, M. W. Meat quality traits and proteome profile of woody broiler breast (pectoralis major) meat. *Poultry Science*, v. 97, N. 1, p. 337– 346, 2018.
- CALDARELLI, C. E.; CAMARA, M. R. G. Efeitos das variações cambiais sobre os preços da carne de frango no Brasil entre 2008 e 2012. *Revista Economia e Sociologia Rural*, v. 51, n. 3, p. 575-590, 2013.
- CANEVER, M. D.; TALAMINI, D. J. D.; CAMPOS, A. C.; SANTOS FILHO, J. I. *A cadeia produtiva de frango de corte no Brasil e na Argentina*. Concórdia: EMBRAPA- CNPSA, 1997.
- COSTA, T. F. G.; SILVA, J. H. V.; GOULART, C. C.; NOGUEIRA, E. T.; SÁ, L. M. Exigências de aminoácidos para aves. In: Sakomua NK, Silva JHV, Costa FGP, Fernandes JBK, Hauschild L. *Nutrição de não ruminantes*. Jaboticabal: Funep- Unesp, 2014. cap. 4, p. 240-261.
- D'MELLO, J. P. F. Amino acids as multifunctional molecules. In: D'MELLO J. P. F. *Amino acids in animal nutrition*. Oxon, UK: CABI publishing, 2003. cap. 1, p. 1- 14.
- DALLE ZOTTE, A.; TASONIERO, G.; PUOLANNE, E.; REMIGNON, H.; CECCHINATO, M.; CATELLI, E.; CULLERE, M. Effect of “wooden breast” appearance on poultry meat quality, histological traits, and lesions characterization. *Czech Journal of Animal Science*, v. 62, n. 2, p. 51–57, 2017.
- DE BROT, S.; PEREZ, S.; SHIVAPRASAD, H. L.; BAIKER, K.; POLLEDO, L.; CLARK, M.; GRAU-ROMA, L. Wooden breast lesions in broiler chickens in the UK. *Veterinary Record*, v. 178, n. 6, p. 141, 2016.
- 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.
- FRANÇA, L. R. *A evolução da base técnica da avicultura de corte no Brasil: transformações, determinantes e impactos*. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Econômico) – Instituto de Economia, Universidade Federal

- de Uberlândia, Uberlândia; 2000, p. 141.
- GALIROPOULOU, S. Effect of wooden breast disorder on protein oxidation in pectoralis major muscle. *Master Thesis*. Department of Food Technology, University of Helsinki, 2013.
- GAO, X; WANG, Z.; MIAO, J.; XIE, L.; DAI, Y.; LI, X.; CHEN, Y.; LUO, H.; DAI, R. Influence of different production strategies on the stability of color, oxygen consumption and metamylobin reducing activity of meat from Ningxia Tan sheep. *Meat Science*, v. 96, n. 2, p. 769-774, 2014.
- JAY, B.; FOX, J. The Chemistry of Meat Pigments. *Journal of Agricultural and Chemistry*, v. 13, n. 3, 1996.
- JOO, S. T. Control of fresh meat quality through manipulation of muscle fiber characteristics. *Meat Science*, v. 95, p. 828-836, 2013.
- KINDLEIN, L. L. M.; LORSCHETTER, T. Z.; FERREIRA, R.; SESTERHEN, S.; RAUBER, P.; SOSTER, S. V. Occurrence of wooden breast in broilers breast fillets in different weights. *INTERNATIONAL POULTRY SCIENTIFIC*, p. 94-160, 2015.
- KUTTAPPAN, V. A.; GOODGAME, S.; BRADLEY, D.; MAUROMOUSTAKOS, A.; HARGIS, B.; WALDROUP, P.; OWENS, C. Effect of different levels of dietary vitamin E (dl- α -tocopherol acetate) on the occurrence of three degrees of white striping on broiler breast fillets. *Poultry Science*, n. 91, p. 3230–3235, 2012.
- LAFARGA, T.; HAYES, M. Bioactive peptides from meat muscle and by-products; Generation, functionality and application as functional ingredients. *Meat Science*, v. 98, n. 2, p. 227-239, 2014.
- MAIORANO, G. Meat defects and emergent muscle myopathies in broiler chickens: implications for the modern poultry industry. *Scientific Annals of Animal Production*, v. 13, n. 3, p. 43-51, 2017.
- MANCINI, R. A.; HUNT, M. C. Current research in meat color. *Meat Science*, v. 71, n. 1, p. 100-121, 2005.
- MILICECEVIC, D; TRBOVIC, D; PETROVIC, Z.; JAKOVAC-STRAJN, B.; NASTASIJEVIC, I; KORICANAC, V. Physicochemical and functional

- properties of chicken meat. *Procedia Food Science*. V. 5, p. 191-194, 2015.
- MUTRYN, M.F.; BRANNICK, E.M.; FU, W.; LEE, W.R.; ABASHT, B. Characterization of a novel chicken muscle disorder through differential gene expression and pathway analysis using RNA sequencing. *BMC Genomics*, v. 16, n. 1, p. 1-19, 2015.
- NASCIMENTO, V. P.; KINDLEIN, L.; ZIMERMANN, F. C.; OWENS, C. M.; RUSSEL, S. M. *Broiler carcass quality – An approach from the production sites*. 2ed. São Paulo: Zinpro Corp; White Striping in broiler breast meat; p. 83-88, 2012.
- NELSON, D. L.; COX, M. M.; LEHNINGER. *Principles of Biochemistry*, 7^a ed., W. H. Freeman: New York, 2018.
- 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.
- OLIVIO, R. Fatores que influenciam as características das matérias-primas cárneas e suas implicações tecnológicas. *Revista Nacional da Carne*, n. 307, p. 72-83, 2002.
- OVERLAND, M., BORGE, G.I., VOGT. G., SCHOYEN, H.F. & SKREDE, A. Oxidative stability and sensory quality of meat from broiler chickens fed a bacterial meal produced on natural gas. *Poultry Science*, n. 90, p. 201–210, 2011.
- 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.; Soglia, F.; MADRUGA, M., CARVALHO, L.; IDA, E.; ESTÉVEZ, M. (2019). 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, n. 2, p. 565–583, 2019.
- RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. M. *Avaliação de qualidade de carnes: Fundamentos e*

- metodologias*. Viçosa: UFV, 2017. 599p.
- RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. M. *Avaliação de qualidade de carnes: Fundamentos e metodologias*. Viçosa: UFV, 2007. 599p.
- RODRIGUES, W. O. P.; GARCIA, R. G.; NAAS, I. A.; ROSA, C. O.; CALDARELLI, C. E. Evolução da avicultura de corte no Brasil. *Enciclopédia Biosfera*, v. 10, n. 18, p. 1666- 1684, 2014.
- RUTZ, F.; ROLL, V. F. B.; XAVIER, E. G. Metabolismo intermediário. In: MACARI, M.; MAIORKA, A. *Fisiologia das Aves Comerciais*. Jaboticabal: FUNEP, 2017. cap. 14, p. 339-379.
- SANCHEZ BRAMBILA, G.; BOWKER, B. C.; CHATTERJEE, D.; ZHUANG, H. Descriptive texture analyses of broiler breast fillets with the wooden breast condition stored at 4°C and -20°C. *Poultry Science*, v. 97, n. 5, p. 1762-1767, 2018.
- SCHONFELDT, H. C.; GIBSON, N. Changes in the nutrient quality of meat in a obesity context. *Meat Science*, v. 80, n. 1, p. 20-27, 2008.
- SIHVO, H. K.; IMMONEN, K.; PUOLANNE, E. Myodegeneration with fibrosis and regeneration in the pectoralis major muscle of broilers. *Veterinary Pathology*, v. 51, n. 3, p. 619–623, 2014.
- SIHVO, H. K.; LINDÉN, J.; AIRAS, N.; IMMONEN, K.; VALAJA, J.; PUOLANNE, E. Wooden breast myodegeneration of pectoralis major muscle over the growth period in broilers. *Veterinary Pathology*, v. 54, n. 1, p. 119-128, 2017.
- SILVA, R. O. P. Perfil das exportações da avicultura de corte do estado de São Paulo. In: CONGRESSO NACIONAL DE ECONOMIA E SOCIOLOGIA RURAL, 46, 2007, Londrina. **Anais...** Londrina: SOBER, 2007.
- 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.
- SOUZA-SOARES, L. A.; SIEWERDT, F. (2005), *Aves e ovos*. Pelotas: Ed. da Universidade UFPEL, 67-76.

- SOUZA, N.E. & VISENTAINER, J.V. *Colesterol da mesa ao corpo*. 1. ed. São Paulo: Varela, 41-71, 2006.
- SPOLADOR, H. F. S. Os efeitos da taxa de câmbio, importações mundiais e preços internacionais de commodities sobre as exportações do agronegócio brasileiro. *Revista de Economia e Administração*, v. 6, n. 1, 2007.
- TIJARE, V. V.; YANG, F. L.; KUTTAPPAN, V. A.; ALVARADO, C. Z.; COON, C. N.; OWENS, C. M. Meat Quality of Broiler Breast Fillets with White Striping and Woody Breast Muscle Myopathies. *Poultry Science*, v. 95, n. 9, p. 1–7, 2016.
- TORNBERG, E. Effects of heat and meat proteins – Implications on structure and quality of meat products. *Meat Science*, v. 70, n. 3, p. 493-508, 2005.
- VELLEMAN, S. G.; CLARK, D. L.; TONNIGES, J. R. Fibrillar Collagen Organization Associated with Broiler Wooden Breast Fibrotic Myopathy. *Avian Diseases*, v. 61, n. 4, p. 481–490, 2017.
- 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.
- VIEIRA, N. M.; DIAS, R. S. Uma abordagem sistêmica da avicultura de corte na economia brasileira. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA E SOCIEDADE RURAL, 43, 2005, Ribeirão Preto. **Anais...** Ribeirão Preto: SOBER, 2005.

CAPÍTULO 2

Capítulo 2 – Efeito da miopatia “Wooden Breast” sobre a qualidade físico-química das carnes do peito e da coxa de frango de corte.

Resumo: O presente estudo teve como objetivo avaliar as possíveis mudanças que a miopatia “Wooden Breast” pode acarretar na qualidade física e química da carne do peito e da coxa de frangos de corte. Foram coletadas amostras provenientes de frangos de corte da linhagem Cobb 500, com 42 dias de idade, abatidos e coletados no abatedouro comercial do interior do estado de São Paulo. Após classificação do peito conforme as categorias da miopatia, foram utilizadas para análise amostras do músculo *Pectoralis major* e do músculo da coxa de aves acometidas pela miopatia na região peitoral (grau moderado e grau severo da miopatia; n = 20 de cada) e não acometidas (normais, ausência de lesões; n = 20). As análises físico-químicas foram realizadas no Laboratório de Análise de Alimentos de Origem Animal do Departamento de Biotecnologia Agropecuária e Ambiental da FCAV/UNESP, as quais foram: coloração interna e externa da carne, pH, capacidade de retenção de água, perda de peso por cocção, força de cisalhamento, porcentagem de umidade, lipídios totais, proteína bruta, matéria mineral e colágeno total, solúvel e insolúvel. O delineamento estatístico foi um DIC, também foi utilizado um teste de Tukey com grau de significância de 5%, e o correlacionamento entre as variáveis foi avaliado por correlação de Pearson ($P < 0,05$). Neste estudo foi observado o aparecimento do processo de fibrose muscular, tanto na carne do peito como na carne da coxa dos frangos afetados pela miopatia, além disso, a miopatia peitoral ocasionou o avermelhamento da carne do peito e da coxa; a redução da maciez da carne do peito e o aumento da maciez da carne da coxa; acarretou no processo de lipólise no peito e na coxa, ocorreu o aparecimento do processo de miodegeneração também houve o processo de redução da matéria mineral da carne do peito e de aumento da matéria mineral da carne da coxa. Pode-se concluir que mesmo que a miopatia “Wooden Breast” apareça apenas na região peitoral do frango de corte, essa também irá influenciar na qualidade físico-química final da carne das coxas.

Palavra-chave: anomalia, fibrose, qualidade da carne.

Introdução

O mercado da avicultura tem se desenvolvido rapidamente nestes últimos anos, quando comparamos o frango que era abatido em 1930 com o frango abatido atualmente, nota-se que houve uma redução da idade para o abate de 105 dias para 42 dias, um aumento do peso de abate de 1,5 Kg para 2,3 Kg e uma melhora da conversão alimentar de 3,5:1 para 1,8:1 (Giarola e Júnior, 2020), sendo este crescimento vinculado ao melhoramento genético.

As aves já nascem com um número de fibras musculares estabelecido, que sofrem hipertrofia e, aumentam de tamanho, acarretando no crescimento muscular (Vieira et al., 2017). Desta forma, os programas de melhoramento genético visam selecionar os animais com maior diâmetro de fibras musculares, no entanto, o aumento das fibras musculares está vinculado a menor concentração de capilares sanguíneos, o que diminui a circulação de sangue na musculatura peitoral (Branciarri et al., 2009).

Devido a estas características musculares, surgiram problemas no músculo *Pectoralis major* (filé do peito), sendo um deles a miopatia “Wooden Breast”, esta miopatia se caracteriza por apresentar uma rigidez da carne *in natura*, apresentando uma carne mais pálida, com a presença de petéquias na região superficial do peito (Sihvo et al., 2014).

Como a miopatia “*Wooden Breast*” afeta predominantemente a musculatura peitoral, os estudos existentes, em sua maioria, enfocam apenas nas alterações que esta miopatia acarreta na carne do peito de frango de corte. No entanto, pode-se questionar se há alteração em outros cortes comerciais, com isso o presente estudo teve como objetivo averiguar se há influência da miopatia “*Wooden Breast*” sobre a qualidade físico-química e histológica do músculo *Pectoralis major* e das coxas de frangos de corte acometidos por esta miopatia.

Material e Métodos

Local e período de execução

Este trabalho foi desenvolvido 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.

Coleta e Classificação das amostras

As amostras foram coletadas em abatedouros comerciais localizados no interior de São Paulo, sendo provenientes de frangos de corte machos, da linhagem Cobb 500, abatidos aos 42 dias de idade. Foram coletadas amostras dos músculos do peito e da coxa, de aves acometidas pela miopatia “Wooden Breast” em seus dois graus de severidade (moderado e severo); além disso, foram também coletadas amostras classificadas como normais (ausência de qualquer miopatia no músculo do peito) como grupo testemunha.

As amostras foram transportadas para o Laboratório de Análise de Alimentos de Origem Animal do Departamento de Tecnologia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV/UNESP, Campus de Jaboticabal, para realização das análises físicas e, em seguida, foram armazenadas para posterior realização das análises químicas. O transporte para o laboratório foi realizado por meio de veículo refrigerado.

A classificação macroscópica das amostras foi realizada inicialmente de acordo com o grau de severidade das miopatias aparentes no músculo, sendo eles: moderado e severo.

A classificação foi realizada nos peitos, sem osso e sem pele, por meio da palpação dos peitos, sendo classificados em grau moderado quando houve a presença de dureza apenas na região cranial ou na região caudal do peito; já no caso dos peitos classificados como severo quando a dureza estava em toda a região do peito (Oliveira et al., 2021).

Os peitos foram separados juntos com as coxas de suas respectivas carcaças para a realização das análises físicas, químicas e histológicas.

Análises físicas

Rendimento dos cortes comerciais

Foi realizado o rendimento dos cortes comerciais (peito e coxa), para isso foi pesado a carcaça limpa antes da desossa para termos o peso inicial, depois foi pesado

individualmente o peso do peito e das coxas de cada carcaça para a obtenção do rendimento de cada corte comercial.

Para a obtenção dos rendimentos do peito e das coxas foi utilizado as seguintes fórmulas de acordo com Moreira et al. (2004):

$$\text{Rendimento do peito (\%)} = \frac{\text{Peso do peito} \times 100}{\text{Peso da carcaça}}$$

$$\text{Rendimento da coxa (\%)} = \frac{\text{Peso da coxa} \times 100}{\text{Peso da carcaça}}$$

Cor

A cor foi determinada através do colorímetro Minolta Chrome Meter modelo CR-400, que utiliza o sistema CIELAB (L^* , a^* e b^*). Foram avaliados parâmetros como luminosidade (L^*), intensidade de vermelho (a^*) e intensidade de amarelo (b^*) do peito e da coxa. A coloração foi determinada no momento da desossa, na superfície do músculo do peito (anteriormente em contato com a pele), na parte interna do músculo (anteriormente em contato com o osso do peito) e na coxa com osso em três regiões diferentes para ambos os casos. Posteriormente, foi calculado o ângulo de tonalidade (h^*) em graus, por meio da fórmula:

$$h^* = \left(\arctan \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \right) \times 57,3$$

Sendo que o arctan significa arco tangente; e 57,3 é o fator que converte o resultado de h^* que estava em radianos para a unidade graus (Ramos e Gomide, 2007).

pH

O pH foi determinado em triplicata, utilizando um peagâmetro digital da marca Testo modelo 205 munido de eletrodo de penetração, por meio da inserção direta do eletrodo no músculo do peito e na coxa com osso.

Capacidade de retenção de água (CRA)

Foi determinada através da metodologia descrita por Hamm (1960). Foram utilizados 2 g de amostra do músculo desossado (tanto do peito de frango, como da coxa), colocados entre dois papéis de filtro e placas de acrílico e submetidos à pressão exercida por um peso de 10 kg durante cinco minutos. Posteriormente as amostras foram novamente pesadas para determinação da CRA, expressa em porcentagem, de acordo com o cálculo: $(\text{Peso final} \times 100) / \text{Peso inicial}$.

Perdas por cozimento (PPC)

Foi determinada em amostras dos músculos do peito e da coxa desossados utilizando-se a metodologia descrita por Honikel (1987). Amostras de tamanho e peso aproximados foram pesadas, embaladas e cozidas em banho-maria (85 °C) durante 30 minutos. Após o resfriamento em temperatura ambiente, foram novamente pesadas para a determinação da PPC, expressa em porcentagem, de acordo com o cálculo: $((\text{Peso inicial} - \text{Peso final}) \times 100) / \text{Peso inicial}$.

Força de cisalhamento (FC)

Foram utilizadas amostras cozidas provenientes da análise de PPC. Após o resfriamento em temperatura ambiente, as amostras foram cortadas em tiras com área de aproximadamente 1cm^2 , as quais foram colocadas com as fibras orientadas no sentido perpendicular à lâmina do texturômetro *Texture Analyser TA-XT2i* acoplado ao dispositivo *Warner-Bratzler*, e submetidas ao corte, o qual expressa a força necessária para cisalhar as amostras, expressada em Newton, de acordo com o método de Lyon et al. (1998).

Análises Químicas

Composição química

A composição química foi determinada através das análises de percentual de umidade (método 950.46), proteína (método 977.14), e cinzas (método 920.153), conforme procedimentos preconizados pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2011), e a concentração de lipídios totais (Bligh e Dyer, 1959).

Colágeno total, insolúvel e solúvel

As concentrações de colágeno total, solúvel e insolúvel foram quantificadas pela determinação do aminoácido hidroxiprolina segundo metodologias propostas por Woessner Junior (1961) e Cross et al. (1973), adaptadas por Hadlich et al. (2006) e pelo Laboratório de Tecnologia de Produtos de Origem Animal da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP, Campus Jaboticabal, São Paulo, Brasil (Cavalcanti et al., 2021).

Análise estatística

Para analisar estatisticamente os resultados das análises físico-químicas e histológicas das amostras acometidas por cada miopatia foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado (DIC), em arranjo fatorial 3x2 composto por três tratamentos (dois graus de severidade da miopatia: grau moderado e grau severo e um grupo testemunha) considerando dois músculos (*Pectoral major* e músculos da coxa), com 20 repetições por tratamento, totalizando 120 amostras.

Os dados foram analisados pelo procedimento “General Linear Models”; sendo realizado um teste de médias, comparadas pelo teste de Tukey com grau de significância de 5%, e a correlação entre as variáveis foi avaliado por correlação de Pearson ($P < 0,05$) utilizando o software estatístico denominado Statistical Analysis System (SAS).

Para a classificação do grau de correlação foi utilizado a seguinte escala: Coeficientes maiores que 0,9 até 1 – correlação muito forte positiva; maiores que 0,7 até 0,9 – correlação forte positiva; maiores que 0,5 até 0,7 – correlação moderada positiva; maiores que 0,3 até 0,5 – correlação fraca positiva; maiores que 0 até 0,3 – correlação desprezível positiva; igual a 0 – correlação nula; menores que 0 até -0,3 – correlação desprezível negativa; menores que -0,3 até -0,5 – correlação fraca negativa; menores que -0,5 até -0,7 – correlação moderada negativa; menores que -0,7 até -0,9 – correlação forte negativa e menores que -0,9 até -1 – correlação muito forte negativa (Mukaka, 2012).

Resultados e discussão

Na tabela 1 pode-se ver os valores médios e os desvios-padrão dos pesos dos cortes comerciais (peito e coxa), e de seus respectivos rendimentos provenientes de frangos acometidos ou não pela miopatia “*Wooden Breast*”.

Tabela 1. Médias e desvios padrão estimadas para os pesos dos cortes comerciais (peito e coxa), e de seus respectivos rendimentos, provenientes de frangos acometidos ou não pela miopatia “*Wooden Breast*”.

Miopatia	Peso dos cortes comerciais ¹		Rendimento dos cortes comerciais ²	
	Peito	Coxa	Peito	Coxa
Normal	998,01±166,68 ^B	678,14±39,70	43,93±3,11	26,35±2,38
Moderado	1110,87±115,80 ^A	684,58±37,23	42,88±2,59	25,93±2,05
Severo	1196,83±149,84 ^A	676,59±28,02	44,09±2,62	25,60±1,86
p-value	0,0203	0,8668	0,5758	0,7295

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

¹ Peso dos cortes comerciais expressos em gramas.

² Rendimento dos cortes comerciais expressos em percentagem (%).

Quando se compara a média do peso dos peitos com o peso das coxas (Tabela 2) pode-se constatar que houve uma correlação forte negativa quando se correlacionou o peso do peito e da coxa das aves que não apresentaram a miopatia “*Wooden Breast*”, quando ocorreu o aparecimento da miopatia no grau moderado e severo, a correlação entre o peso do peito e da coxa foi muito forte negativa.

Tabela 2. Coeficientes de correlação estimados para os pesos dos cortes comerciais (peito e coxa), e de seus respectivos rendimentos, provenientes de frangos acometidos ou não pela miopatia “*Wooden Breast*”.

Variável	Normal X Normal	Normal X “ <i>Wooden Breast</i> ” Moderado	Normal X “ <i>Wooden Breast</i> ” Severo
Peso - Peito Vs. Coxa	-0,861	-0,931	-0,972
Rendimento - Peito Vs. Coxa	-0,958	-0,967	-0,974

¹ Peso dos cortes comerciais expressos em gramas.

² Rendimento dos cortes comerciais expressos em percentagem (%).

Houve diferença estatística ($p = 0,0203$) para o peso do peito, com ou sem a miopatia “*Wooden Breast*”, resultado que concordante com os estudos de Tasoneiro et al. (2019), que constataram que os peitos com a miopatia “*Wooden Breast*” são

mais pesados que os peitos sem a miopatia; mas não houve diferença estatística ($p=0,8668$) para o peso das coxas. Estes resultados possivelmente são respostas a seleção genética realizada nas últimas décadas, a qual visou a seleção de linhagens de rápido crescimento e de peitos mais pesados (Petracci et al., 2015).

Na tabela abaixo (Tabela 2) pode-se ver os coeficientes de correlação das variáveis, peso dos cortes comerciais (peito e coxa), e de seus respectivos rendimentos dos frangos acometidos ou não pela miopatia *“Wooden Breast”*.

Pode-se dizer que o tipo de corte tem grande influência sobre o peso dos cortes comerciais, tanto para as carnes sem a miopatia *“Wooden Breast”*, como para as carnes com a miopatia.

Com relação ao rendimento do peito (0,5758) e ao rendimento da coxa (0,7295) das aves que apresentaram ou não a miopatia *“Wooden Breast”* (Tabela 1) não foi encontrado diferença estatística, isso demonstra que mesmo com aumento do peso do peito houve a manutenção da proporcionalidade do corpo das aves.

Quando se compara a média do rendimento do peito com a média do rendimento da coxa (Tabela 2) pode-se constatar que ocorreu uma correlação forte negativa quando se correlacionou o peso do peito e o peso da coxa das aves que não apresentaram a miopatia *“Wooden Breast”*, quando houve o aparecimento da miopatia em grau moderado e severo, a correlação entre o peso do peito e da coxa foi muito forte negativa.

Pode-se dizer que o tipo de corte comercial tem grande influência sobre o rendimento dos cortes comerciais, tanto para os frangos sem a miopatia *“Wooden Breast”*, como para os frangos que apresentaram a miopatia.

Na tabela 3 pode-se observar os valores médios e os desvios padrão da luminosidade, intensidade de vermelho, intensidade de amarelo e o ângulo de tonalidade da superfície externa do peito e da coxa de carnes provenientes de frangos acometidos ou não pela miopatia *“Wooden Breast”*.

Com relação a coloração externa do peito e da coxa dos frangos com ou sem a miopatia (Tabela 3) pode-se notar que não houve diferença estatística para as variáveis luminosidade e intensidade de vermelho, entretanto o aparecimento da miopatia acarretou a queda dos valores da intensidade de amarelo e do ângulo de tonalidade tanto para o peito, quanto para as coxas.

Tabela 3. Valores das médias e desvios padrão estimados para as variáveis, luminosidade (L*), intensidade de vermelho (a*), para a intensidade de amarelo (b*) e para o ângulo de tonalidade (h*) da superfície externa da carne de peito e da coxa provenientes de frango contendo ou não “*Wooden Breast*”.

Miopatia	L*		a*	
	Peito	Coxa	Peito	Coxa
Normal	72,48±3,01	66,31±3,48	2,91±1,13	5,97±1,37
Moderado	70,69±2,92	62,89±6,20	3,08±1,54	5,30±1,61
Severo	72,54±3,28	65,86±5,97	3,98±1,44	6,67±1,67
p-value	0,3262	0,3155	0,1989	0,1639

Miopatia	b*		h*	
	Peito	Coxa	Peito	Coxa
Normal	7,58±1,52 ^A	5,27±1,84 ^A	70,92±4,98 ^A	43,53±5,80 ^A
Moderado	5,89±1,54 ^B	3,25±2,13 ^B	57,48±6,62 ^B	27,81±6,78 ^B
Severo	4,64±1,87 ^B	3,80±1,68 ^B	54,89±4,35 ^B	26,64±8,08 ^B
p-value	0,0002	0,0037	<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%).

Na tabela 4 pode-se ver os coeficientes de correlação estimados da luminosidade, da intensidade de vermelho, da intensidade de amarelo, e o ângulo de tonalidade dos cortes comerciais (peito e coxas) dos frangos acometidos ou não pela miopatia “*Wooden Breast*”.

Tabela 4. Coeficientes de correlação estimados da luminosidade, da intensidade de vermelho, da intensidade de amarelo, e o ângulo de tonalidade dos cortes comerciais (peito e coxas) dos frangos acometidos ou não pela miopatia “*Wooden Breast*”.

Variável	Normal X Normal	Normal X “ <i>Wooden Breast</i> ” Moderado	Normal X “ <i>Wooden Breast</i> ” Severo
Luminosidade - Peito vs. Coxa	-0,707	-0,883	-0,728
Intensidade de vermelho - Peito vs. Coxa	0,919	0,594	0,767
Intensidade de amarelo - Peito vs. Coxa	-0,858	-0,901	-0,164
Ângulo de tonalidade - Peito vs. Coxa	-0,982	-0,974	-0,859

Quando se compara a média da luminosidade do peito com a luminosidade da coxa (Tabela 4) observa-se que ocorreu uma correlação forte negativa quando se correlacionou a luminosidade do peito e da coxa das carnes providas de aves que não apresentaram a miopatia “*Wooden Breast*”. Por outro lado, quando houve o aparecimento da miopatia no grau moderado e severo, a correlação entre a

luminosidade do peito e da coxa, também, foi forte negativa.

Diante desses resultados pode-se ver que houve influência da miopatia peito de maneira tanto na luminosidade da carne do peito, como na luminosidade da carne da coxa de amostras normais, tendo um comportamento semelhante para as carnes providas dos animais que apresentam a miopatia em seu grau moderado, e apresentando um comportamento inverso nas carnes de aves que apresentaram a miopatia em seu grau severo, que possuiu valores semelhantes para a luminosidade da carne do peito e uma queda na luminosidade da carne da coxa.

Quando se compara a média da intensidade de vermelho dos peitos com os valores das coxas (Tabela 4) pode-se constatar que ocorreu uma correlação muito forte positiva quando se correlacionou a intensidade de vermelho do peito e da coxa das aves que não apresentaram a miopatia *“Wooden Breast”*. Quando houve o aparecimento da miopatia no grau moderado a correlação foi moderada positiva, e para o aparecimento da miopatia *“Wooden Breast”* no grau severo a correlação da intensidade de vermelho foi forte positiva.

Ainda na Tabela 4 pode-se constatar que ocorreu uma correlação muito forte negativa quando se correlacionou a intensidade de amarelo do peito e da coxa de amostras normais. Já quando ocorreu o aparecimento da miopatia no grau moderado a correlação foi muito forte negativa, e para o aparecimento da miopatia *“Wooden Breast”* no grau severo a correlação da intensidade de amarelo foi muito fraca negativa.

Estes índices de correlação, nos mostra que a intensidade de amarelo reduziu com o aparecimento da miopatia *“Wooden Breast”*, tanto no grau moderado como no grau severo, nos dois cortes comerciais.

Quando se compara a média do ângulo de tonalidade do peito com o da coxa (Tabela 4) pode-se constatar uma correlação muito forte negativa quando se correlacionou o ângulo de tonalidade do peito e da coxa de amostras normais. Quando houve o aparecimento da miopatia em grau moderado a correlação foi muito forte negativa, e para o aparecimento da miopatia *“Wooden Breast”* em seu grau severo a correlação do ângulo de tonalidade foi forte negativa.

De acordo com os resultados, pode-se perceber que a miopatia acarretou em carnes menos amareladas devido à queda da intensidade de amarelo, além disso,

quando considera-se apenas a intensidade de vermelho, conclui-se que não ocorreu o avermelhamento da carne, mas quando colocamos na fórmula do ângulo de tonalidade nota-se que a carne do peito e da coxa acometidas por esta miopatia apresentaram um avermelhamento em sua superfície; este fato se deve ao surgimento de pontos hemorrágicos na superfícies do peito do frango (Bailey et al., 2015). Com relação as coxas, estas apresentaram um avermelhamento com o aparecimento do “*Wooden Breast*” possivelmente esse avermelhamento é ocasionado pelo maior grau de esforço das aves acometidas pela miopatia, devido ao elevado peso dos peitos das aves. Como as coxas são músculos de sustentação, existe uma maior necessidade por oxigênio quando ocorre o aumento do peso do corpo, acarretando em uma maior quantidade de hemoglobinas, o que possivelmente pode ter acarretado no avermelhamento da carne.

Na tabela 5 pode-se observar os valores da luminosidade, intensidade de vermelho, intensidade de amarelo e o ângulo de tonalidade da superfície interna do peito e da coxa dos frangos acometidos ou não pela miopatia “*Wooden Breast*”.

Tabela 5. Valores das médias e desvios padrão estimados para as variáveis, luminosidade (L*), intensidade de vermelho (a*), para a intensidade de amarelo (b*) e para o ângulo de tonalidade (h*) da superfície interna da carne de peito e da coxa de frango contendo “*Wooden Breast*”.

Miopatia	L*		a*	
	Peito	Coxa	Peito	Coxa
Normal	60,89±4,59	57,41±2,25	3,67±1,06 ^C	11,89±1,66 ^A
Moderado	58,61±3,01	55,72±1,99	4,62±1,09 ^B	10,62±2,22 ^B
Severo	58,32±3,95	56,72±2,69	5,69±1,12 ^A	9,17±1,45 ^C
p-value	0,2347	0,2810	0,0013	0,0088
Miopatia	b*		h*	
	Peito	Coxa	Peito	Coxa
Normal	4,67±1,77	6,83±1,72 ^C	59,36±9,20 ^A	30,72±5,41 ^A
Moderado	5,07±1,88	7,61±1,55 ^B	48,05±7,36 ^B	25,72±8,94 ^A
Severo	5,11±1,73	8,06±1,82 ^A	38,66±8,60 ^C	16,18±9,45 ^B
p-value	0,4018	0,0055	<0,0001	<0,0001

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

Na tabela 6, estão apresentados os coeficientes de correlação estimados da luminosidade interna, da intensidade de vermelho interna, da intensidade de amarelo interna, e o ângulo de tonalidade interno dos cortes comerciais (peito e coxas)

provindos de frangos acometidos ou não pela miopatia *“Wooden Breast”*.

Tabela 6. Coeficientes de correlação estimados da luminosidade interna, da intensidade de vermelho interna, da intensidade de amarelo interna, e o ângulo de tonalidade interno dos cortes comerciais (peito e coxas) dos frangos acometidos ou não pela miopatia *“Wooden Breast”*.

Variável	Normal X Normal	Normal X <i>“Wooden Breast”</i> Moderado	Normal X <i>“Wooden Breast”</i> Severo
Luminosidade - Peito vs. Coxa	-0,484	-0,953	-0,975
Intensidade de vermelho - Peito vs. Coxa	0,971	0,896	0,885
Intensidade de amarelo - Peito vs. Coxa	0,877	0,711	0,751
Ângulo de tonalidade - Peito vs. Coxa	-0,883	-0,772	-0,794

Com relação a luminosidade interna da carne do peito e da coxa (Tabela 5) pode-se constatar que não ‘houve diferença estatística para a luminosidade de ambos os cortes comerciais.

Quando se compara a luminosidade interna da carne do peito e da coxa dos frangos de corte que não apresentaram a miopatia (Tabela 6), pode-se constatar uma correlação fraca negativa. Para as carnes provindos de animais que apresentaram a miopatia *“Wooden Breast”* no grau moderado ou no grau severo a correlação foi muito forte negativa.

Observou-se que a miopatia acarretou queda da luminosidade interna tanto da carne do peito como da carne da coxa dos frangos de corte.

O aparecimento da miopatia *“Wooden Breast”* nas aves e sua intensificação, acarretou no aumento da intensidade de vermelho (Tabela 5) na carne do peito e uma redução na carne da coxa, o aumento dessa variável no peito pode ser resultado do aparecimento de pontos hemorrágicos (Bailey et al., 2015) que acarreta em um avermelhamento da carne. Por outro lado, houve um resultado oposto na carne da coxa para esta variável, apresentando carnes mais pálidas com o aparecimento da miopatia.

Quando se compara a intensidade de vermelho interna da carne do peito e da carne da coxa dos frangos de corte (Tabela 6) que não apresentaram a miopatia, pode-se constatar uma correlação muito forte positiva. Para os animais que apresentaram a miopatia *“Wooden Breast”* no grau moderado teve-se para a

intensidade de vermelho interna da carne do peito e da coxa uma correlação forte positiva, e para os animais que apresentaram a miopatia "*Wooden Breast*" no grau severo teve-se para a intensidade de vermelho interna da carne do peito e das coxas uma correlação forte positiva.

Diante dos resultados, a miopatia acarretou no aumento da intensidade de vermelho da carne do peito, e na diminuição da intensidade de vermelho da carne das coxas dos frangos de corte.

Com relação a intensidade de amarelo (Tabela 5) não houve diferença significativa para a carne do peito sem e com a miopatia, já as carnes das coxas dos frangos que apresentaram a miopatia "*Wooden Breast*" em seus peitos, obtiveram valores maiores de intensidade de amarelo, isso possivelmente, devido a redução da intensidade de vermelho das mesmas.

Quando se compara a intensidade de amarelo interna da carne do peito e da coxa dos frangos de corte que não apresentaram a miopatia (Tabela 6), pode-se constatar uma correlação forte positiva. Para os animais que apresentaram a miopatia "*Wooden Breast*" no grau moderado teve-se para a intensidade de amarelo interna da carne do peito e das coxas uma correlação forte positiva; e para os animais que apresentaram a miopatia "*Wooden Breast*" no grau severo teve-se para a intensidade de amarelo interna da carne do peito e das coxas uma correlação forte positiva.

Pode-se constatar que a miopatia acarreta a queda da intensidade de amarelo interna tanto da carne do peito como da carne da coxa dos frangos de corte.

Nos resultados do ângulo de tonalidade (Tabela 5) observou-se que as carnes do peito e da coxa providas das aves que apresentaram a miopatia foram menores quando comparadas com as carnes do peito e da coxa das aves sem a miopatia. Os resultados encontrados mostram que o aparecimento da miopatia e sua intensificação acarreta no avermelhamento da carne do peito e da coxa.

Quando se compara o ângulo de tonalidade interno da carne do peito e das coxas dos frangos de corte (Tabela 6) que não apresentaram a miopatia, pode-se constatar uma correlação forte negativa. Para os animais que apresentaram a miopatia no grau moderado teve-se para o ângulo de tonalidade interno da carne do peito e das coxas uma correlação forte negativa; e para os animais que apresentaram a miopatia no grau severo constatou-se para o ângulo de tonalidade

interno da carne do peito e da coxa uma correlação muito forte negativa.

Pode-se ver que a miopatia acarreta o avermelhamento tanto da carne do peito como da carne da coxa dos frangos de corte, possivelmente este resultado está vinculado ao aparecimento das petéquias hemorrágicas que aparecem devido a presença da miopatia (Sihvo; Immonen; Puolanne, 2014).

Na tabela 7, pode-se ver os valores médios e seus desvios padrão das variáveis, pH, capacidade de retenção de água, perda de peso por cocção e força de cisalhamento dos cortes comerciais (peito e coxa) provindos dos frangos acometidos ou não pela miopatia “*Wooden Breast*”.

Tabela 7. Valores das médias e desvios padrão estimados para as variáveis, pH, capacidade de retenção de água, perda de peso por cocção e força de cisalhamento da carne de peito e da coxa de frango contendo “*Wooden Breast*”.

Miopatia	pH		Capacidade de retenção de água	
	Peito	Coxa	Peito	Coxa
Normal	5,77±0,08	6,18±0,11	69,60±3,91	71,33±3,98
Moderado	5,80±0,14	6,15±0,19	70,76±3,68	71,16±3,80
Severo	5,77±0,10	6,22±0,17	67,41±4,28	72,69±2,67
p-value	0,9366	0,6064	0,0887	0,5744
Miopatia	Perda de peso por cocção		Força de cisalhamento	
	Peito	Coxa	Peito	Coxa
Normal	13,86±0,81	23,31±3,98	8,45±1,83 ^B	19,76±2,624 ^A
Moderado	14,52±1,58	20,86±3,57	8,30±2,07 ^B	8,06±3,19 ^C
Severo	14,11±0,69	20,05±2,59	11,32±3,73 ^A	9,95±4,78 ^B
p-value	0,4126	0,2970	0,0205	<0,0001

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

Não houve diferença estatística (p>0,05) em todos os tratamentos para os valores de pH da carne do peito e da coxa (Tabela 7), resposta semelhante foi encontrado por Gratta et al. (2019) que não encontraram diferença estatística entre o pH da carne de peito acometida pela miopatia “*Wooden Breast*” e o pH da carne de peito sem a presença da miopatia.

Na tabela 8 pode-se ver os coeficientes de correlação estimados do pH, da capacidade de retenção de água, da perda de peso por cocção, e da força de cisalhamento dos cortes comerciais (peito e coxas) dos frangos acometidos ou não pela miopatia “*Wooden Breast*”.

Tabela 8. Coeficientes de correlação estimados do pH, da capacidade de retenção de água (CRA), da perda de peso por cocção (PPC), e da força de cisalhamento (FC) dos cortes comerciais (peito e coxas) dos frangos acometidos ou não pela miopatia “*Wooden Breast*”.

Variável	Normal X Normal	Normal X “ <i>Wooden Breast</i> ” Moderado	Normal X “ <i>Wooden Breast</i> ” Severo
pH - Peito vs. Coxa	0,916	0,737	0,861
CRA - Peito vs. Coxa	0,916	0,737	0,861
PPC - Peito vs. Coxa	0,702	0,771	0,855
FC - Peito vs. Coxa	0,633	-0,166	-0,285

Quando se compara o pH da carne do peito e da coxa das amostras normais (Tabela 8) pode-se constatar uma correlação muito forte positiva. Para as carnes providas dos animais que apresentaram a miopatia “*Wooden Breast*” no grau moderado e severo, o pH da carne do peito e das coxas apresentou uma correlação forte positiva.

Pode-se notar que a miopatia não influenciou nos valores do pH final, tanto da carne do peito como na carne da coxa. Por outro lado, ocorreu uma grande variação entre o pH final da carne do peito, que foi inferior, com o pH final da carne da coxa. Além disso, pode-se constatar que houve uma influência do tipo de corte sobre o pH, quando os frangos não apresentam a miopatia “*Wooden Breast*”. No entanto, o aparecimento dessa miopatia acarretou na redução da influência do tipo de corte e o pH final da carne.

Com relação aos valores da capacidade de retenção de água e da perda de peso por cocção (Tabela 7) não apresentaram diferença estatística quando comparadas as carnes do peito e da coxa dos frangos acometido ou não pela miopatia. Estes resultados possivelmente estão vinculados diretamente ao resultado do pH final das carnes, pois o valor do pH final da carne influencia na distância entre os filamentos de miosina (RAMOS e GOMIDE, 2017), quando maior o valor do pH, mais próximos esses filamentos de miosina estarão, resultando no aumento da capacidade de retenção de água, e na redução da perda de peso por cocção; como não houve variações significativas do pH nestas carnes, possivelmente, isso fez com que estas duas variáveis não apresentassem diferenças significativas.

Quando se compara a capacidade de retenção da água da carne do peito e da

coxa dos frangos de corte que não apresentaram a miopatia (Tabela 8), pode-se constatar uma correlação muito forte positiva. Para as amostras providas dos animais que apresentaram a miopatia "*Wooden Breast*" no grau moderado ou no grau severo teve-se para a capacidade de retenção da água da carne do peito e da coxa uma correlação forte positiva.

Quando se compara a perda de peso por cocção da carne do peito e da coxa dos frangos de corte que não apresentaram a miopatia (Tabela 8), constatou-se uma correlação forte positiva. Para os animais que apresentaram a miopatia nos graus moderado e severo tiveram para a perda de peso por cocção da carne do peito e da coxa uma correlação forte positiva.

Com relação a força de cisalhamento (Tabela 7), o aparecimento da miopatia acarretou no aumento desta variável em amostras com grau severo, resultando em carnes menos macias, isso pode estar vinculado ao processo de fibrose característico da miopatia, esta fibrose leva ao aumento do tecido conjuntivo em detrimento ao muscular acarretando na redução da maciez da carne (Chatterjee et al., 2016). Já a carne das coxas dos animais que apresentaram a miopatia "*Wooden Breast*" tiveram carnes mais macias quando se comparou com as coxas dos animais que não apresentaram a miopatia, este fato demonstra que a miopatia influencia de maneira inversa na carne das coxas.

Quando se compara a força de cisalhamento da carne do peito e das coxas dos frangos de corte que não apresentaram a miopatia (Tabela 8), constatou-se uma correlação moderada positiva; para os animais que apresentaram a miopatia no grau moderado ou no grau severo teve-se para a força de cisalhamento da carne do peito e da coxa uma correlação desprezível negativa.

Houve diferença estatística para a percentagem de umidade (Tabela 9) da carne do peito ($p < 0,0001$) e da carne da coxa ($p = 0,0010$), no entanto o aparecimento da miopatia "*Wooden Breast*" no grau moderado nos frangos não alterou a percentagem da umidade da carne de peito e na carne da coxa. Por outro lado, quando ocorreu o aparecimento da miopatia no grau severo houve a redução da percentagem da umidade da carne do peito e na carne da coxa.

Na tabela 9, são demonstrados os valores médios e seus desvios padrão das variáveis, umidade, proteína bruta, lipídios e matéria mineral dos cortes comerciais

(peito e coxa) dos frangos acometidos ou não pela miopatia “*Wooden Breast*”.

Tabela 9. Valores das médias e desvios padrão estimados para as variáveis, umidade, proteína bruta, lipídios e matéria mineral da carne de peito e da coxa de frango contendo “*Wooden Breast*”

Miopatia	Umidade (%)		Proteína bruta (%)	
	Peito	Coxa	Peito	Coxa
Normal	74,35±0,81 ^A	73,28±1,02 ^A	1,26±0,16 ^A	0,92±0,13 ^B
Moderado	73,82±0,66 ^A	73,74±0,99 ^A	1,33±0,17 ^A	0,86±0,15 ^B
Severo	72,21±0,83 ^B	71,92±0,98 ^B	1,07±0,14 ^B	1,02±0,17 ^A
p-value	<0,0001	0,0010	0,0024	<0,0001
Miopatia	Lipídios (%)		Matéria mineral (%)	
	Peito	Coxa	Peito	Coxa
Normal	2,24±0,51 ^B	5,56±0,69 ^B	23,43±2,54 ^A	20,06±2,19 ^A
Moderado	2,85±0,52 ^A	5,38±0,67 ^B	19,32±2,06 ^B	19,31±2,28 ^B
Severo	3,14±0,57 ^A	6,55±0,76 ^A	18,66±2,21 ^B	18,13±2,09 ^B
p-value	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,0033

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

Na Tabela 10, pode-se observar os valores dos coeficientes de correlação da porcentagem de umidade e da porcentagem de matéria mineral dos peitos sem a miopatia (Normal), comparados aos peitos com a miopatia “*Wooden Breast*” (moderado ou severo), e das coxas provenientes das aves sem a presença ou com a presença da miopatia “*Wooden Breast*”.

Tabela 10. Coeficientes de correlação estimados para as variáveis, porcentagem de umidade, e porcentagem de matéria mineral da carne de peito e da coxa de frango contendo “*Wooden Breast*”.

Variável	Normal X Normal	Normal X “ <i>Wooden Breast</i> ” Moderado	Normal X “ <i>Wooden Breast</i> ” Severo
Umidade - Peito vs. Coxa	-0,521	-0,048	-0,165
Lipídios totais – Peito vs. Coxa	0,947	0,872	0,834
Proteína bruta – Peito vs. Coxa	-0,667	-0,003	-0,237
Matéria mineral - Peito vs. Coxa	-0,746	-0,893	-0,258

Ocorreu uma correlação moderada negativa quando se correlacionou a porcentagem de umidade do peito e a porcentagem de umidade da coxa das aves que não apresentaram a miopatia “*Wooden Breast*” (Tabela 10). Já quando houve o aparecimento da miopatia no grau moderado e severo a correlação entre a

porcentagem de umidade do peito e da coxa foi desprezível negativa.

Houve diferença estatística para a porcentagem de lipídios totais (Tabela 9), as carnes do peito provenientes das aves acometidas pela miopatia "*Wooden Breast*" tiveram maior quantidade de lipídios em comparação as amostras normais. As carnes das aves que possuíam a miopatia "*Wooden Breast*" no grau severo tiveram maior quantidade de lipídeos totais na carne da coxa quando se compara à carne da coxa das aves que não tiveram a miopatia ou a tiveram e seu grau moderado, já estes dois últimos foram semelhantes estatisticamente.

Quando se compara a porcentagem de lipídios da carne dos peitos com a média da porcentagem de lipídios da carne da coxa (Tabela 10) pode-se constatar que houve uma correlação muito forte positiva quando se correlacionou a porcentagem de lipídios do peito e da coxa das aves que não apresentaram a miopatia "*Wooden Breast*"; quando ocorreu o aparecimento da miopatia em grau moderado e severo dos frangos, a correlação entre a porcentagem de lipídios do peito e da coxa foi forte positiva tanto para o primeiro grau como para o segundo grau de severidade.

Constatou-se que a miopatia "*Wooden Breast*" acarreta em um processo de lipólise, pois as carnes do peito e da coxa dos animais com a miopatia apresentaram quantidades de lipídios totais maiores com relação as carnes das aves sem a miopatia, este resultado foi concordante com o achado de Soglia et al. (2016), que detectou o processo de lipólise na carne do peito dos frangos acometido pela miopatia.

Pode-se observar na tabela 9 que houve diferença estatística para a porcentagem de proteína, sendo que as carnes dos frangos de corte que possuíam a miopatia "*Wooden Breast*" apresentaram valores menores de proteína na carne do peito e na carne da coxa. No entanto, não teve diferença estatística entre os dois graus de severidade da miopatia nos dois cortes comerciais.

Quando se compara a média da proteína do peito com média da proteína da coxa (Tabela 10) pode-se constatar que houve uma correlação moderada negativa quando se correlacionou a proteína do peito e da coxa das aves que não apresentaram a miopatia "*Wooden Breast*"; quando ocorreu o aparecimento da miopatia em grau moderado e severo a correlação entre a proteína do peito e da coxa foi desprezível negativa.

Pode-se perceber que a miopatia "*Wooden Breast*" ocasiona um processo

miodegenerativo das fibras musculares (Brack et al., 2007; Natarajan et al., 2010; Petracci et al., 2014), o que ocasiona a redução da quantidade de proteína na carne, além disso, pode-se ver que a variação da proteína na composição química da carne do peito e da coxa dos frangos de corte tiveram mais influência pela presença da miopatia, e que a miopatia afetou mais a quantidade de proteína no peito do que na coxa, quanto esta apareceu no grau moderado, provavelmente este comportamento se deve a localização dessa miopatia, por esta aparecer no peito; no entanto, quando esta miopatia apareceu no grau severo a variação da concentração de proteína foi semelhante para os dois cortes estudados.

Houve diferença estatística para a porcentagem de matéria mineral ($p=0,0024$) (Tabela 9), as amostras provindas das aves acometidas pela miopatia "*Wooden Breast*" no grau severo tiveram menor quantidade de matéria mineral na carne de peito quando comparadas à carne do peito das amostras acometidas pelo grau moderado e normal.

As aves que possuíam a miopatia "*Wooden Breast*" em seus peitos tiveram maior quantidade de matéria mineral na carne da coxa ($p<0,0001$) quando se compara à carne da coxa das aves que não tiveram a miopatia ou a tiveram em seu grau moderado, sendo que estes dois últimos foram semelhantes estatisticamente.

Quando se compara a média da matéria mineral do peito com a média da matéria mineral da coxa (Tabela 10) pode-se constatar que ocorreu uma correlação forte negativa quando se correlacionou a matéria mineral do peito e da coxa das aves que não apresentaram a miopatia "*Wooden Breast*". Quando houve o aparecimento da miopatia no grau moderado e severo, a correlação entre a matéria mineral do peito e da coxa foi forte negativa para o primeiro grau e desprezível negativa para o segundo grau de severidade.

Diante desses resultados pode-se observar que possivelmente houve um processo de redução da matéria mineral no músculo do peito, e um aumento da matéria mineral no músculo da coxa dos frangos que apresentaram a miopatia no grau severo. Além disso, observou-se que a variação entre a porcentagem de matéria mineral do peito e a porcentagem de matéria mineral da coxa aumentaram com o aparecimento da miopatia em seu grau moderado. Já com a presença da miopatia "*Wooden Breast*" no grau severo, a porcentagem de matéria mineral do peito e da coxa se tornam quase

semelhantes. Essas variações da matéria mineral possivelmente estão vinculadas a perda da homeostase iônica promovida pela miopatia, o que acarreta no desbalanceamento eletrolítico da carne do peito como constatado por Petracci et al. (2014) e Zambonelli et al. (2016), podendo supor que este fenômeno também ocorreu na carne da coxa dos frangos com a miopatia.

Na tabela 11, estão demonstrados os valores médios e seus desvios padrão das variáveis, colágeno total, colágeno solúvel e colágeno insolúvel dos cortes comerciais (peito e coxa) dos frangos acometidos ou não pela miopatia “*Wooden Breast*”.

Tabela 11. Médias estimadas para as variáveis, colágeno total, colágeno solúvel e colágeno insolúvel da carne de peito e da coxa de frango contendo “*Wooden Breast*”.

Miopatia	Colágeno total	
	Peito	Coxa
Normal	0,478±0,056	0,679±0,116 ^B
Moderado	0,498±0,081	0,846±0,155 ^A
Severo	0,516±0,051	0,894±0,114 ^A
p-value	0,4236	0,0024
Miopatia	Colágeno solúvel	
	Peito	Coxa
Normal	0,107±0,020 ^B	0,175±0,062 ^B
Moderado	0,112±0,018 ^B	0,259±0,061 ^A
Severo	0,141±0,012 ^A	0,341±0,097 ^A
p-value	0,0001	0,0001
Miopatia	Colágeno insolúvel	
	Peito	Coxa
Normal	0,370±0,044	0,526±0,050 ^B
Moderado	0,384±0,072	0,615±0,071 ^A
Severo	0,362±0,056	0,623±0,051 ^A
p-value	0,7035	0,0013

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

Houve diferença estatística para a quantidade de colágeno total (Tabela 11), a miopatia “*Wooden Breast*” promoveu aumento do colágeno total na carne da coxa. No entanto, a quantidade de colágeno total da carne do peito dos frangos de corte com ou sem a miopatia “*Wooden Breast*” não diferiram estatisticamente.

Na Tabela 12 pode-se observar os valores dos coeficientes de correlação para o colágeno total, colágeno solúvel e colágeno insolúvel dos peitos sem a miopatia (Normal), comparados aos peitos com a miopatia “*Wooden Breast*” (moderado ou severo), e das coxas provenientes das aves sem a presença da miopatia “*Wooden*

Breast” ou com algum grau da miopatia.

Tabela 12. Coeficientes de correlação estimados para as variáveis, colágeno total, colágeno solúvel e colágeno insolúvel da carne de peito e da coxa de frango contendo “*Wooden Breast*”.

Variável	Normal X Normal	Normal X “ <i>Wooden Breast</i> ” Moderado	Normal X “ <i>Wooden Breast</i> ” Severo
Colágeno total - Peito vs. Coxa	0,761	0,829	0,915
Colágeno solúvel - Peito vs. Coxa	0,613	0,865	0,837
Colágeno insolúvel - Peito vs. Coxa	0,868	0,882	0,932

Ocorreu uma correlação moderada positiva quando se correlacionou a quantidade de colágeno total do peito e da coxa das amostras sem a presença da miopatia (Tabela 12). Já a presença da miopatia “*Wooden Breast*” no grau moderado ou severo apresentaram uma correlação forte positiva.

Pode-se observar na tabela 11, que houve diferença estatística para a quantidade de colágeno solúvel para a carne do peito e da coxa; quando se comparou a carne de peito com a miopatia “*Wooden Breast*” com a carne de peito sem a miopatia, constatou-se que as carnes com a miopatia no grau severo tem uma quantidade maior de colágeno solúvel quando se compara a carne do peito das carnes que apresentaram a miopatia no grau moderado, sendo esta última semelhante a carne do peito de animais sem a miopatia. A presença da miopatia nos seus dois graus acarreta aumento da quantidade de colágeno solúvel na carne da coxa.

Ocorreu uma correlação moderada positiva quando se correlacionou a quantidade de colágeno solúvel do peito e da coxa amostras normais (Tabela 12). A presença da miopatia “*Wooden Breast*” nos graus moderado e severo acarretou em uma correlação forte positiva.

Houve diferença estatística para a quantidade de colágeno insolúvel para a carne da coxa (Tabela 11), a presença da miopatia em seus dois graus provocou aumento do colágeno insolúvel. Já em relação a quantidade de colágeno insolúvel da carne do peito com ou sem a miopatia “*Wooden Breast*” não diferiram estatisticamente.

Ocorreu uma correlação forte positiva quando se correlacionou a quantidade

de colágeno insolúvel do peito e da coxa das carnes sem a miopatia. O aparecimento da miopatia “*Wooden Breast*” no grau moderado provocou uma correlação forte positiva, e o grau severo da miopatia acarretou em uma correlação muito forte positiva.

Com estes resultados pode-se constatar um processo de fibrose (Soglia et al., 2016), pois, mesmo não sendo significativo, houve uma tendência de aumento da quantidade de colágeno total da carne do peito dos frangos com a miopatia, no caso das coxas dos frangos, a miopatia peitoral proporcionou um processo de fibrose maior, isso nos demonstra que mesmo que a miopatia “*Wooden Breast*” apareça no peito do frango, esta influência em suas coxas aparece de uma forma muito mais acentuada.

Conclusão

A miopatia provoca mudanças na qualidade físico-química da carne do peito e da coxa. Assim, pode-se afirmar que mesmo que a miopatia “*Wooden Breast*” apareça apenas na região peitoral do frango de corte, essa também irá influenciar na qualidade físico-química final da carne das coxas.

Referências Bibliográficas

- AOAC. Association of Analytical Chemists. Official Methods of Analysis. 18thed. (Washington, DC), 2011.
- BAILEY, R. A., WATSON, K. A., BILGILI, S. F., AVENDANO, S. (2015). The genetic basis of pectoralis major myopathies in modern broiler chicken lines. *Poultry Science*, v. 94, n. 12, p. 2870-2879.
- 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.
- BRACK, A. S.; CONBOY, M. J.; ROY, S.; LEE, M.; KUO, C. J.; KELLER, C.; RANDO, T. A. Increased Wnt signaling during aging alters muscle stem cell fate and increases fibrosis. *Science* 317: 807-810, 2007.
- CAVALCANTI, E. N. F.; GIAMPIETRO-GANECO, A.; MELLO, J. L. M.; FIDELIS, H. A.; OLIVEIRA, R. F.; PEREIRA, M. R.; VILLEGAS-CAYLLAHUA, E. A.; SOUZA, R. A.; SOUZA, P. A.; BORBA, H. Breast meat quality of turkey breeder hens at disposal age affected by deep pectoral myopathy. *Poultry Science*, v. 100, n. 8, p. 101259, 2021.

- CHATTERJEE, D., H. ZHUANG, B. C. BOWKER, A. M. Rincon, and G. Sanchez-Brambila. 2016. Instrumental texture characteristics of broiler pectoralis major with the wooden breast condition. *Poultry Science*. 95:2449–2454.
- GIAROLA P. DA C. M.; JÚNIOR L. C. de C. Um Retrato da Cadeia Produtiva de Carne Avícola em Santa Catarina e no Brasil no Início do Século XXI. *Revista Americana de Empreendedorismo e Inovação American Journal of Entrepreneurship and Innovation* ISSN: 2674-7170 v.2, n.2, jul/2020.
- MOREIRA, J.; MENDES, A. A.; ROÇA, R. O.; GARCIA, E. A.; NAAS, I. A.; GARCIA, R. G.; PAZ, I. C. L. A. Efeito da densidade populacional sobre desempenho, rendimento de carcaça e qualidade da carne em frangos de corte de diferentes linhagens comerciais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 33, n. 6, p. 1506-1519, 2004.
- MUKAKA, M. M. Statistics corner: a guide to appropriate use of correlation coefficient in medical research. *Malawi Medical Journal*, v. 24, n. 3, p. 69-71, 2012.
- NATARAJAN, A.; LEMOS, D. R.; ROSSI, F. M. V. Fibro/adipogenic progenitors: a double- edged sword in skeletal muscle regeneration. *Cell Cycle*, 1:2045-2046, 2010.
- OLIVEIRA, R. F.; MELLO, J. M. M.; FERRARI, F. B.; CAVALCANTI, E. N. F.; SOUZA, R. A.; PEREIRA, M. R.; GIAMPIETRO-GANECO, A.; VILLEGAS-CAYLLAHUA, E. A.; FIDELIS, H. A.; FÁVERO, M. S.; AMOROSO, L.; SOUZA, P. A.; BORBA, H. Physical, chemical and histological characterization of Pectoralis major muscle of broilers affected by Wooden Breast myopathy. *Animals*, v.11, n. 3, p. 596, 2021.
- PETRACCI, M.; MUDALAL, S.; SOGLIA, F.; CAVANI, C. Meat quality in fast-growing broiler chickens. *World Poultry Science Journal*, v. 71, n. 2, p. 363–374, 2015.
- PETRACCI, M., S. MUDALAL, E. BABINI, C. CAVANI. Effect of white striping on chemical composition and nutritional value of chicken breast meat. *Ital. J. Anim. Sci.* 13:179–183, 2014.
- RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. M. *Avaliação de qualidade de carnes: Fundamentos e metodologias*. Viçosa: UFV, 2017. 599p.
- 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, n. 3, p. 619–623, 2014.

SOGLIA, F.; MUDALAL, S.; BABINI, E.; DI NUNZIO, M.; MAZZONI, M.; SIRRI, F.; CAVANI, C.; PETRACCI, M. Histology, composition, and quality traits of chicken Pectoralis major muscle affected by wooden breast abnormality. *Poultry Science*, v. 95, p. 651- 659, 2016.

ZAMBONELLI, P.; ZAPPATERRA, M.; SOGLIA, F.; PETRACCI, M.; SIRRI, F.; CAVANI, C.; DAVOLI, R. Detection of differentially expressed genes in broiler pectoralis major muscle affected by White Striping –Wooden Breast myopathies. *Poult. Sci.* 95:2771–2785, 2016.

CAPÍTULO 3

Capítulo 3 – Efeito da miopatia “*Spaghetti meat*” sobre a qualidade físico-química de peitos e coxas de frango de corte.

Resumo: O presente estudo teve como objetivo avaliar as possíveis mudanças que a miopatia “*Spaghetti meat*” no grau moderado pode acarretar na qualidade física e química das carnes do peito e da coxa de frangos de corte. Para isso, foi coletado 40 frangos de corte, sendo 20 sem a miopatia e 20 com a miopatia “*Spaghetti meat*” no grau moderado. O delineamento estatístico foi um DIC, foi utilizado um teste de Tukey com grau de significância de 5% e o correlacionamento entre as variáveis foi avaliado por correlação de Pearson ($P < 0,05$). A coleta e classificação das amostras foram feitas em abatedouro comercial do interior do estado de São Paulo. Após a coleta e classificação as amostras foram transportadas para o Laboratório de Análise de Alimentos de Origem Animal do Departamento de Tecnologia FCAV/UNESP, Campus de Jaboticabal. No laboratório foi feito as análises de coloração interna e externa da carne, pH, capacidade de retenção de água, perda de peso por cocção, força de cisalhamento, porcentagem de umidade, lipídio, proteína bruta e matéria mineral e colágeno total, solúvel e insolúvel. Houve o avermelhamento da carne do peito e da coxa dos frangos que apresentaram a miopatia, também houve a redução da porcentagem de umidade do peito e da coxa, acarretou no processo de lipólise no peito e na coxa, houve processo de miodegeneração na carne do peito e da coxa, além de ter ocorrido a redução da porcentagem da matéria mineral da carne da coxa dos frangos com a miopatia peitoral. Também, foram identificados a presença de fibrose na carne do peito acometida pela miopatia e um amaciamento da carne do peito e da coxa quando a miopatia apareceu no peito. Conclui-se que mesmo que a miopatia “*Spaghetti meat*” no grau moderado apareça apenas na região peitoral do frango de corte, essa também irá influenciar na qualidade físico-química final da carne das coxas dos mesmos.

Palavra-chave: cortes comerciais, fibrose, qualidade da carne.

Introdução

A produção avícola utiliza de técnicas para o aumento da produtividade dos frangos de corte, e uma dessas técnicas é o melhoramento genético, que objetiva a seleção de linhagens de rápido crescimento muscular, principalmente dos cortes nobres como o peito e a coxa (Kuttapan et al., 2013).

Com o avanço do melhoramento genético, ocorreu o aparecimento de alguns problemas musculares nos músculos peitorais dos frangos de corte, afetando a qualidade final da carne. Estes problemas são denominados miopatias, identificadas como estrias brancas, miopatia peitoral profunda, “*Wooden Breast*” e “*Spaghetti meat*”. Esta última vem causando inúmeras alterações na qualidade da carne (Soglia et al., 2019; Barbut, 2019), acarretando em perdas econômicas para os integrantes da cadeia produtiva da carne de frango de corte. A miopatia “*Spaghetti meat*” se caracteriza por uma frouxidão dos feixes de fibras musculares (Baldi, 2018).

Quando se fala de miopatias peitorais a maioria dos estudos de qualidade física, química e histológica realizados dão enfoque a qualidade da carne do peito dessas aves, não sendo estudado outros cortes comerciais. Com isso, o presente estudo teve como objetivo constatar se ocorre alterações na qualidade físico-química e na histologia, não só na carne do peito, mais também, na carne da coxa providas de aves acometidas com “*Spaghetti meat*” no grau moderado no músculo *Pectoral major*.

Material e métodos

Local, período de execução e Coleta das amostras

Este trabalho foi desenvolvido 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.

As amostras foram coletadas em abatedouros comerciais localizados no interior de São Paulo, sendo provenientes de frangos de corte machos, da linhagem Cobb 500, abatidos aos 42 dias de idade. Foram coletadas amostras dos músculos do peito e da coxa, de aves acometidas em seus peitos pela miopatia “*Spaghetti meat*” no grau moderado; além disso, foram coletadas amostras classificadas como normais (ausência de qualquer miopatia no músculo do peito) como grupo testemunha.

Após a coleta, as amostras foram encaminhadas ao laboratório em veículo refrigerado para realização das análises físicas e, em seguida, foram armazenadas para posterior realização das análises químicas e histológica.

Classificação das amostras

A classificação macroscópica das amostras foi realizada inicialmente de acordo com o grau de severidade moderado da miopatia aparente no músculo *Pectoralis major* (filés que apresentam a estrutura frouxa moderada perceptível ao toque na superfície cranial do músculo) (SIRRI et al., 2016). E amostra normais (com ausência da miopatia no músculo *Pectoralis major*).

Análises físicas

Rendimento dos cortes comerciais

Foi realizado o rendimento dos cortes comerciais (peito e coxa), para isso foi pesado a carcaça limpa antes da desossa para termos o peso inicial, depois foi pesado individualmente o peso do peito e das coxas de cada carcaça para a obtenção do rendimento de cada corte comercial em porcentagem.

Para a obtenção dos rendimentos do peito e das coxas foi utilizado as seguintes fórmulas de acordo com Moreira et al. (2004):

$$\text{Rendimento do peito (\%)} = \frac{\text{Peso do peito} \times 100}{\text{Peso da carcaça}}$$

$$\text{Rendimento da coxa (\%)} = \frac{\text{Peso da coxa} \times 100}{\text{Peso da carcaça}}$$

Cor

A cor foi determinada através do colorímetro Minolta Chrome Meter modelo CR-400, que utiliza o sistema CIELAB (L, a* e b*). Foram avaliados parâmetros como luminosidade (L*), intensidade de vermelho (a*) e intensidade de amarelo (b*) do peito e da coxa. A coloração foi determinada no momento da desossa, em três regiões diferentes na superfície do músculo do peito (anteriormente em contato com a pele), na parte interna do músculo (anteriormente em contato com o osso do peito) e da coxa

com osso. Posteriormente, foi calculado o ângulo de tonalidade (h^*) em graus, por meio da fórmula:

$$h^* = (\arctan (\frac{b^*}{a^*}) \times 57,3)$$

Sendo que o arctan significa arco tangente; e 57,3 é o fator que converte o resultado de h^* que estava em radianos para a unidade graus (Ramos e Gomide, 2017).

pH

O pH foi determinado em triplicata, utilizando um peagâmetro digital da marca Testo modelo 205 munido de eletrodo de penetração, por meio da inserção direta do eletrodo no músculo do peito e na coxa com osso.

Capacidade de retenção de água (CRA)

Foi determinada através da metodologia descrita por Hamm (1960). Foram utilizados 2 g de amostra do músculo desossado (tanto do peito de frango, como da coxa), colocados entre dois papéis de filtro e placas de acrílico e submetidos à pressão exercida por um peso de 10 kg durante cinco minutos. Posteriormente as amostras foram novamente pesadas para determinação da CRA, expressa em porcentagem, de acordo com o cálculo: (Peso final x 100) / Peso inicial.

Perdas por cozimento (PPC)

Foi determinada em amostras dos músculos do peito e da coxa desossados utilizando-se a metodologia descrita por Honikel (1987). Amostras de tamanho e peso aproximados foram pesadas, embaladas e cozidas em banho-maria (85 °C) durante 30 minutos. Após o resfriamento em temperatura ambiente, foram novamente pesadas para a determinação da PPC, expressa em porcentagem, de acordo com o cálculo: ((Peso inicial - Peso final) x 100) / Peso inicial.

Força de cisalhamento (FC)

Foram utilizadas amostras cozidas provenientes da análise de PPC. Após o resfriamento em temperatura ambiente, as amostras foram cortadas em tiras com área de, aproximadamente, 1cm^2 , as quais foram colocadas com as fibras orientadas no sentido perpendicular à lâmina do texturômetro *Texture Analyser TA-XT2i* acoplado ao dispositivo *Warner-Bratzler*, e submetidas ao corte, o qual expressará a força necessária para cisalhar as amostras, expressa em Newton, de acordo com o método de Lyon et al. (1998).

Análises Químicas

Composição química

A composição química foi determinada através das análises de percentual de umidade (método 950.46), proteína (método 977.14), e cinzas (método 920.153), conforme procedimentos preconizados pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2011), e a concentração de lipídios totais (Bligh e Dyer, 1959).

Colágeno total, insolúvel e solúvel

As concentrações de colágeno total, solúvel e insolúvel foram quantificadas pela determinação do aminoácido hidroxiprolina segundo metodologias propostas por Woessner Junior (1961) e Cross et al. (1973), adaptadas por Hadlich et al. (2006) e pelo Laboratório de Tecnologia de Produtos de Origem Animal da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP, Campus Jaboticabal, São Paulo, Brasil (Cavalcanti et al., 2021).

Análise estatística

Para analisar estatisticamente os resultados das análises físico-químicas e histológica das amostras acometidas pela miopatia foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado (DIC), com arranjo fatorial 2x2 composto por dois tratamentos (grau de severidade da miopatia moderado) e um grupo testemunha (sem a presença da miopatia) considerando dois músculos (*Pectoral major* e *músculo da coxa*), com 20 repetições por tratamento, totalizando 80 amostras.

Os dados foram analisados pelo procedimento “General Linear Models”; sendo realizado um teste de médias, comparadas pelo teste de Tukey com grau de significância de 5%, e o correlacionamento entre as variáveis foi avaliado por correlação de Pearson ($P < 0,05$) utilizando o software estatístico denominado Statistical Analysis System (SAS).

Para a classificação do grau de correlação foi utilizado a seguinte escala: Coeficientes maiores que 0,9 até 1 – correlação muito forte positiva; maiores que 0,7 até 0,9 – correlação forte positiva; maiores que 0,5 até 0,7 – correlação moderada positiva; maiores que 0,3 até 0,5 – correlação fraca positiva; maiores que 0 até 0,3 – correlação desprezível positiva; igual a 0 – correlação nula; menores que 0 até -0,3 – correlação desprezível negativa; menores que -0,3 até -0,5 – correlação fraca negativa; menores que -0,5 até -0,7 – correlação moderada negativa; menores que -0,7 até -0,9 – correlação forte negativa e menores que -0,9 até -1 – correlação muito forte negativa (Mukaka, 2012).

Resultados e discussão

Na tabela 1, estão apresentados os valores médios e seus desvios padrão dos pesos dos cortes comerciais (peito e coxa) e de seus respectivos rendimentos.

Tabela 1. Médias e desvios padrão estimadas para os pesos dos cortes comerciais (peito e coxa) e de seus respectivos rendimentos, dos frangos acometidos ou não pela miopatia “*Spaghetti meat*”.

Miopatia	Peso dos cortes comerciais ¹		Rendimento dos cortes comerciais ²	
	Peito	Coxa	Peito	Coxa
Normal	998,01±166,68	678,14±39,70	43,93±3,11	26,35±2,38
“ <i>Spaghetti meat</i> ”	1207,54±82,00	678,62±71,24	44,32±2,47	25,29±1,53
p-value	0,0602	0,6227	0,7604	0,2157

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

¹Peso dos cortes comerciais expressos em gramas.

²Rendimento dos cortes comerciais expressos em percentagem (%).

Na tabela 2, estão demonstrados os coeficientes de correlação dos pesos dos cortes comerciais (peito e coxa), e de seus respectivos rendimentos dos frangos acometidos ou não pela miopatia “*Spaghetti meat*”.

Tabela 2. Coeficientes de correlação estimados para os pesos dos cortes comerciais (peito e coxa) e de seus respectivos rendimentos, dos frangos acometidos ou não pela miopatia “*Spaghetti meat*”.

Variável	Normal X Normal	Normal X “ <i>Spaghetti meat</i> ”
Peso - Peito vs. Coxa	-0,861	-0,964
Rendimento - Peito vs. Coxa	-0,958	-0,982

Não houve diferença estatística para o peso do peito e da coxa dos frangos acometidos pela miopatia “*Spaghetti meat*” quando se compara com os frangos sem a miopatia (Tabela 1).

Quando se compara a média do peso do peito com a média do peso da coxa (Tabela 2) pode-se constatar que houve uma correlação forte negativa quando se correlacionou o peso do peito e da coxa provindos de aves que não apresentaram a miopatia “*Spaghetti meat*”, já quando se compara a média do peso do peito com o peso da coxa provindos de aves acometidos com a miopatia constatou-se que ocorreu uma correlação forte negativa.

Quando se olha para os resultados pode-se ver que mesmo não havendo diferença estatística, houve uma tendencia dos peitos acometidos com a miopatia “*Spaghetti meat*” serem mais pesados, estes resultados estão conformes aos achados por Tasoniero et al. (2020) e Baldi et al. (2018). Normalmente a seleção genética tem como enfoque a seleção de aves que possuem maior crescimento peitoral, assim, notou-se que apesar da coxa dos animais acometidos com a presença ou não da miopatia “*Spaghetti meat*” apresentarem pesos semelhantes, a diferença entre o peso do peito e da coxa foi muito maior quando o animal apresentou a miopatia em seus peitos.

Com relação ao rendimento do peito e da coxa provindos das aves que apresentaram ou não a miopatia “*Spaghetti meat*” (Tabela 1) não foi encontrado diferença estatística, isso demonstra que mesmo com aumento do peso do peito houve a manutenção da proporcionalidade do corpo das aves.

Houve uma correlação muito forte negativa quando se correlacionou o rendimento do peito e da coxa oriundos das aves que não apresentaram a miopatia

“*Spaghetti meat*”. Já quando houve o aparecimento da miopatia a correlação entre o rendimento do peito e da coxa foi muito forte negativa.

Com relação ao rendimento pode-se perceber que não houve diferença nem para os peitos e nem para as coxas com o aparecimento da miopatia, isso nos mostra que a proporcionalidade do corpo da ave continuou constante mesmo com o aumento do peso do peito desses frangos.

Na tabela 3, pode-se ver os valores médios e seus desvios padrão para as variáveis luminosidade (L^*), intensidade de vermelho (a^*), intensidade de amarelo (b^*) e ângulo de tonalidade (h^*) da superfície externa dos cortes comerciais (peito e coxa) provenientes de frangos acometidos ou não pela miopatia “*Spaghetti meat*”.

Tabela 3. Valores das médias estimadas para as variáveis, luminosidade (L^*), intensidade de vermelho (a^*), intensidade de amarelo (b^*) e ângulo de tonalidade (h^*) da superfície externa da carne de peito e da coxa de frango contendo a miopatia “*Spaghetti meat*”.

Miopatia	L^*		a^*	
	Peito	Coxa	Peito	Coxa
Normal	72,48±3,01	66,31±3,48	2,91±1,13 ^B	5,97±1,37
“ <i>Spaghetti meat</i> ”	72,85±3,96	65,02±5,07	4,70±1,25 ^A	6,84±1,78
p-value	0,8158	0,5156	0,0035	0,2408
Miopatia	b^*		h^*	
	Peito	Coxa	Peito	Coxa
Normal	8,38±1,40 ^A	6,87±1,65 ^A	69,92±5,92 ^A	43,33±5,78 ^A
“ <i>Spaghetti meat</i> ”	6,07±1,21 ^B	5,34±1,57 ^B	49,66±4,82 ^B	30,07±4,19 ^B
p-value	0,0009	<0,0001	<0,0001	<0,0001

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

Não houve diferença estatística ($p>0,05$) para as variáveis luminosidade da carne do peito e da coxa, e para a intensidade de vermelho da coxa, entretanto o aparecimento da miopatia acarretou em aumento dos valores de intensidade de vermelho da carne do peito, e da queda dos valores de intensidade de amarelo e do ângulo de tonalidade da carne do peito e da coxa (Tabela 3).

Na Tabela 4, pode-se observar os valores dos coeficientes de correlação da luminosidade, da intensidade de vermelho e da intensidade de amarelo e do grau de tonalidade da superfície externa dos peitos das amostras normais comparados aos peitos com a miopatia “*Spaghetti meat*”, e das coxas provenientes das aves sem a

presença de alguma miopatia ou com a presença da miopatia em seus peitos.

Tabela 4. Coeficientes de correlação estimados para as variáveis, luminosidade (L^*), intensidade de vermelho (a^*), para a intensidade de amarelo (b^*) e para o ângulo de tonalidade (h^*) da superfície externa da carne de peito e da coxa de frango contendo a miopatia “*Spaghetti meat*”.

Variável	Normal X Normal	Normal X “ <i>Spaghetti meat</i> ”
Luminosidade - Peito vs. Coxa	-0,707	-0,858
Intensidade de vermelho - Peito vs. Coxa	0,919	0,687
Intensidade de amarelo - Peito vs. Coxa	-0,858	-0,931
Ângulo de tonalidade - Peito vs. Coxa	-0,982	-0,937

Houve correlação forte negativa, quando se correlacionou a luminosidade do peito e da coxa das amostras normais, já quando houve o aparecimento da miopatia, a correlação entre a luminosidade externa do peito e da coxa foi forte negativa (Tabela 4).

Ainda na Tabela 4, constatou-se que ocorreu uma correlação muito forte positiva quando se correlacionou a intensidade de vermelho do peito e da coxa das amostras normais, já quando houve o aparecimento da miopatia a correlação entre a intensidade de vermelho externa do peito e da coxa foi moderada positiva.

Também se constatou que ocorreu uma correlação muito forte negativa quando se correlacionou a intensidade de amarelo do peito e da coxa das amostras normais, já quando houve o aparecimento da miopatia, a correlação entre a intensidade de amarelo externa do peito e da coxa, foi muito forte negativa (Tabela 4).

Houve uma correlação muito forte negativa quando se correlacionou o ângulo de tonalidade do peito e da coxa das amostras normais, já quando houve o aparecimento da miopatia, a correlação entre o ângulo de tonalidade externo do peito e da coxa, foi muito forte negativa.

De acordo com os resultados, a miopatia acarretou em carnes do peito menos amareladas, devido à queda da intensidade de amarelo, além disso, quando consideramos apenas a intensidade de vermelho, iremos concluir que não ocorreu o avermelhamento da carne da coxa, mas quando colocamos na fórmula do ângulo de tonalidade iremos notar que a carne do peito e da coxa acometida por esta miopatia,

apresentaram um avermelhamento em sua superfície, este fato, possivelmente, deve ao surgimento de pontos hemorrágicos nas superfícies do peito (Bailey et al., 2015) que também foi constatado na coxa.

Na tabela 5, pode-se ver os valores médios e seus desvios padrão das variáveis, luminosidade (L^*), intensidade de vermelho (a^*), intensidade de amarelo (b^*) e ângulo de tonalidade (h^*) da superfície interna dos cortes comerciais (peito e coxa) dos frangos acometidos ou não pela miopatia *“Spaghetti meat”*.

Tabela 5. Médias estimadas para as variáveis, luminosidade (L^*), intensidade de vermelho (a^*), intensidade de amarelo (b^*) e ângulo de tonalidade (h^*) da superfície interna da carne de peito e da coxa de frango contendo a miopatia *“Spaghetti meat”*.

Miopatia	L^*		a^*	
	Peito	Coxa	Peito	Coxa
Normal	60,89±4,59	57,41±2,25	3,37±1,69	11,57±1,19 ^A
<i>“Spaghetti meat”</i>	59,33±3,23	56,75±2,00	3,72±1,70	10,01±1,56 ^B
p-value	0,3918	0,4940	0,2754	0,0047
Miopatia	b^*		h^*	
	Peito	Coxa	Peito	Coxa
Normal	4,97±1,95 ^B	6,73±1,97 ^B	61,36±8,67 ^A	26,72±8,73 ^B
<i>“Spaghetti meat”</i>	6,99±1,36 ^A	7,90±1,40 ^A	53,70±5,46 ^B	34,02±6,71 ^A
p-value	0,0002	0,0428	0,0017	<0,0001

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

Na Tabela 6, pode-se observar os valores dos coeficientes de correlação da luminosidade, da intensidade de vermelho e da intensidade de amarelo e do ângulo de tonalidade, da superfície interna do peito sem a miopatia (Normal), comparado ao peito com miopatia *“Spaghetti meat”*, e das coxas provenientes das aves sem a presença ou com a presença da miopatia.

Tabela 6. Coeficientes de correlação estimados para as variáveis, luminosidade (L^*), intensidade de vermelho (a^*), intensidade de amarelo (b^*) e ângulo de tonalidade (h^*) da superfície interna da carne de peito e da coxa de frango contendo *“Spaghetti meat”*.

Variável	Normal X Normal	Normal X <i>“Spaghetti meat”</i>
Luminosidade - Peito vs. Coxa	-0,484	-0,966
Intensidade de vermelho - Peito vs. Coxa	0,971	0,918
Intensidade de amarelo - Peito vs. Coxa	0,877	0,574
Ângulo de tonalidade - Peito vs. Coxa	-0,883	-0,911

Com relação a luminosidade interna (Tabela 5) da carne do peito e da coxa pode-se constatar que não houve diferença estatística para a luminosidade interna, quando se comparou as carnes das amostras normais com as que apresentaram a miopatia “*Spaghetti meat*”.

Quando se compara a luminosidade interna da carne do peito e da coxa das amostras normais (Tabela 6), pode-se constatar uma correlação fraca negativa. Por outro lado, a correlação entre a luminosidade interna do peito e da coxa, foi muito forte negativa, para as amostras provenientes de animais acometidos pela miopatia peitoral.

Pode-se notar que não houve diferença estatística para a intensidade de vermelho (Tabela 5) interna da carne do peito dos frangos com ou sem a miopatia “*Spaghetti meat*”. No entanto, a intensidade de vermelho interna da carne da coxa das amostras normais apresentou valores inferiores estatisticamente quando se compara a carne da coxa proveniente de animais que apresentaram a miopatia.

Quando se compara a intensidade de vermelho interna da carne do peito e da coxa das amostras normais (Tabela 6) pode-se constatar uma correlação muito forte positiva, já as amostras provenientes de aves que apresentaram a miopatia, a correlação entre a luminosidade interna do peito e da coxa foi muito forte positiva.

Com relação a intensidade de amarelo (Tabela 5) dos peitos das amostras normais com os que apresentaram a miopatia pode-se perceber que ocorreu um aumento da intensidade de amarelo interna da carne do peito e da carne da coxa.

Quando se compara a intensidade de amarelo interna entre a carne do peito e da coxa das amostras normais (Tabela 6), pode-se constatar uma correlação forte positiva. Já para as amostras provenientes de animais que apresentaram a miopatia, a correlação entre a intensidade de amarelo interna do peito e da coxa foi moderada positiva.

Quando se olha para os resultados do ângulo de tonalidade (Tabela 5) pode-se perceber uma redução no valor do ângulo de tonalidade interno da carne do peito e um aumento do valor do ângulo de tonalidade interno da carne da coxa proveniente de aves acometidas com a miopatia.

Quando se compara o ângulo de tonalidade interno da carne do peito e da coxas do frangos de corte (Tabela 6) de amostras normais, pode-se constatar uma correlação forte negativa. Já para carnes provenientes dos animais que apresentaram a miopatia,

a correlação entre o ângulo de tonalidade interno do peito e da coxa foi muito forte negativa.

Segundo Baldi et al. (2018) a miopatia “*Spaghetti meat*” proporciona algumas alterações na composição química da carne, sendo uma dessas alterações, o aumento da quantidade de lipídios que se infiltram na estrutura muscular, resultando em carnes com uma coloração mais amarelada.

Na tabela 7, pode-se ver os valores médios e seus desvios padrão das variáveis pH, capacidade de retenção de água, perda de peso por cocção e força de cisalhamento dos cortes comerciais (peito e coxa) dos frangos acometidos ou não pela miopatia “*Spaghetti meat*”.

Tabela 7. Médias estimadas para as variáveis pH, capacidade de retenção de água, perda de peso por cocção e força de cisalhamento da carne de peito e da coxa de frango contendo “*Spaghetti meat*”.

Miopatia	pH		Capacidade de retenção de água	
	Peito	Coxa	Peito	Coxa
Normal	5,77±0,08	6,18±0,11	69,60±3,91	71,33±3,98
“ <i>Spaghetti meat</i> ”	5,76±0,13	6,19±0,12	69,65±2,68	70,49±3,63
p-value	0,9511	0,9547	0,9587	0,6278
Miopatia	Perda de peso por cocção		Força de cisalhamento	
	Peito	Coxa	Peito	Coxa
Normal	13,86±1,81	23,31±3,98	8,45±1,83 ^A	19,76±2,62 ^A
“ <i>Spaghetti meat</i> ”	14,33±1,33	21,84±3,25	6,56±1,54 ^B	11,81±2,28 ^B
p-value	0,3556	0,5511	0,0023	<0,0001

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

Não houve diferença estatística (p>0,05) para os valores de pH da carne do peito e da coxa (Tabela 7), quando se compara as amostras normais com as amostras com a miopatia “*Spaghetti meat*”.

Quando se compara o pH da carne do peito e da coxa das amostras normais (Tabela 8), pode-se constatar uma correlação muito forte positiva já para as amostras que apresentaram a miopatia “*Spaghetti meat*”, a correlação entre o pH do peito e da coxa, foi forte positiva.

Na Tabela 8, pode-se observar os valores dos coeficientes de correlação do pH, capacidade de retenção de água, perda de peso por cocção e força de cisalhamento do peito sem a miopatia (Normal), comparados ao peito com a miopatia

“*Spaghetti meat*” e das coxas provenientes das aves sem ou com a presença dessa miopatia.

Tabela 8. Coeficientes de correlação estimados para as variáveis pH, capacidade de retenção de água, perda de peso por cocção e força de cisalhamento da carne de peito e da coxa de frango contendo a miopatia “*Spaghetti meat*”.

Variável	Normal X Normal	Normal X “ <i>Spaghetti meat</i> ”
pH - Peito vs. Coxa	0,916	0,869
Capacidade de retenção de água - Peito vs. Coxa	-0,669	-0,779
Perda de peso por cocção - Peito vs. Coxa	0,702	0,874
Força de cisalhamento - Peito vs. Coxa	0,633	0,857

A miopatia “*Spaghetti meat*” não influenciou nos valores do pH final, tanto da carne do peito como na carne da coxa. Por outro lado, houve uma grande variação entre o pH final da carne do peito, que foi inferior, com o pH final da carne da coxa. Este resultado encontrado para o pH pode ser visto em um estudo de Guzmán et al. (2021) que analisou a influência da miopatia sobre o pH final da carne do peito de frango de corte.

O pH final da carne do peito de frango deve estar entre 5,7 a 5,9 para ser considerado uma carne de pH final normal, quando este pH for superior a 6,2 teremos o aparecimento de uma carne DFD, e quando os valores de pH estiverem inferiores a 5,8 teremos o aparecimento de uma carne PSE (Venturini et al., 2007), com isso, constatou-se que as carnes do peito com ou sem a miopatia permaneceram em sua faixa normal. Já o pH da coxa foi maior, possivelmente, devido a sua maior atividade muscular que resulta em gasto de suas reservas energéticas com maior velocidade quando se compara este conjunto muscular com o músculo do peito. Por isso, possivelmente, não houvesse a produção de ácido lático suficiente para a queda do pH. No entanto, os valores de pH não foram superiores a 6,2, assim, não podem ser classificadas como DFD.

Com relação aos valores da capacidade de retenção de água e da perda de peso por cocção (Tabela 7) não apresentaram diferença estatística quando comparou a carne do peito dos frangos acometido ou não pela miopatia “*Spaghetti meat*”, o mesmo ocorreu para a carne da coxa.

Quando se compara a capacidade de retenção da água da carne do peito e da coxa das amostras normais (Tabela 8), pode-se constatar uma correlação muito forte positiva, já para as carnes provenientes dos animais que apresentaram a miopatia “*Spaghetti meat*”, a correlação entre a capacidade de retenção da água do peito e da coxa foi forte negativa.

Quando se compara a perda de peso por cocção da carne do peito e da coxa dos frangos de corte (Tabela 8) que não apresentaram a miopatia, pode-se constatar uma correlação forte positiva, já para as carnes provenientes dos animais que apresentaram a miopatia, a correlação entre a perda de peso por cocção da carne do peito e da coxa, foi forte positiva.

Estes resultados, possivelmente, estão vinculados diretamente ao resultado do pH final das carnes, pois o valor do pH final da carne influencia na distância entre os filamentos de miosina (Ramos e Gomide, 2017). Quanto maior o valor do pH, mais próximos esses filamentos de miosina estarão, resultando no aumento da capacidade de retenção de água e na redução da perda de peso por cocção, assim, como não houve variações significativas do pH final destas carnes, tanto para a carne do peito como para a carne da coxa, estas duas variáveis não apresentaram diferenças significativas.

Com relação a força de cisalhamento (Tabela 7), notou-se notar que o aparecimento da miopatia “*Spaghetti meat*” acarretou no aumento da maciez das carnes do peito e da coxa dos frangos de corte.

Quando se compara a força de cisalhamento da carne do peito e da coxa das amostras normais (Tabela 8), pode-se constatar uma correlação moderada positiva, já para as amostras provenientes dos animais que apresentaram a miopatia “*Spaghetti meat*”, a correlação entre a força de cisalhamento do peito e da coxa foi forte positiva.

Este amaciamento da carne do peito e da coxa pode estar vinculado as características histológicas da própria miopatia, que são a extensa degeneração das fibras e regeneração, hialinização, baixa uniformidade das fibras, aumento deposição de gordura (Bilgili, 2015). Como a estrutura miofibrilar da carne é de extrema importância para sua consistência, quando esta sofre o processo de degeneração a sua maciez aumenta, além disso, pode-se ver que a miopatia também altera a maciez da carne da coxa dos frangos de corte.

Na tabela 9, pode-se ver os valores médios e seus desvios padrão das variáveis porcentagem de umidade, de proteína bruta, de lipídios totais e de matéria mineral dos cortes comerciais (peito e coxa) dos frangos acometidos ou não pela miopatia “*Spaghetti meat*”.

Tabela 9. Médias estimadas para as variáveis porcentagem de umidade, de proteína bruta, de lipídios totais e de matéria mineral da carne de peito e da coxa de frango contendo “*Spaghetti meat*”.

Miopatia	Umidade (%)		Proteína bruta (%)	
	Peito	Coxa	Peito	Coxa
Normal	74,35±0,81 ^A	73,28±1,02 ^A	23,43±2,54 ^A	20,06±2,19 ^A
“ <i>Spaghetti meat</i> ”	72,59±1,01 ^B	70,69±1,60 ^B	19,13±2,94 ^B	18,39±2,22 ^B
p-value	0,0004	0,0004	<0,0001	0,0061
Miopatia	Lipídios totais (%)		Matéria mineral (%)	
	Peito	Coxa	Peito	Coxa
Normal	2,24±0,51 ^B	5,56±0,69 ^B	1,26±0,16	0,92±0,13 ^A
“ <i>Spaghetti meat</i> ”	3,18±0,83 ^A	7,14±0,78 ^A	1,33±0,39	0,72±0,17 ^B
p-value	<0,0001	<0,0001	0,1518	0,0048

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

Na Tabela 10, pode-se observar os valores dos coeficientes de correlação da porcentagem de umidade, de proteína bruta, de lipídios totais e de matéria mineral do peito sem a miopatia (Normal), comparados aos peitos com a miopatia “*Spaghetti meat*”, e das coxas provenientes das aves com ou sem a presença dessa miopatia.

Tabela 10. Coeficientes de correlação estimados para as variáveis porcentagem de umidade, de proteína bruta, de lipídios totais e de matéria mineral da carne de peito e da coxa de frango contendo “*Spaghetti meat*”.

Variável	Normal X Normal	Normal X “ <i>Spaghetti meat</i> ”
Umidade - Peito vs. Coxa	-0,521	-0,599
Proteína bruta – Peito vs. Coxa	-0,667	-0,338
Lipídios totais – Peito vs. Coxa	0,947	0,871
Matéria mineral - Peito vs. Coxa	-0,746	-0,864

Houve diferença estatística para a porcentagem de umidade, as carnes provenientes de aves acometidas pela miopatia “*Spaghetti meat*”, apresentaram

valores menores de umidade nas carnes do peito e da coxa (Tabela 9).

Ocorreu uma correlação moderada negativa quando se correlacionou a porcentagem da umidade da carne do peito e da coxa das amostras normais, já quando houve o aparecimento dessa miopatia houve uma correlação moderada positiva (Tabela 10).

A influência da miopatia “*Spaghetti meat*” sobre a porcentagem de umidade da carne do peito e das coxas foram de mesma proporção, esta redução da quantidade de água nesses dois cortes comerciais, provavelmente deve estar vinculada a extensa degeneração das fibras e regeneração (Bilgili, 2015).

Nos estudos de Baldi et al. (2018) e Tasoniero et al. (2020) pode-se constatar resultados opostos ao presente estudo, isto se deve possivelmente devido ao pH final das carnes com a miopatia “*Spaghetti meat*”, pois nesses estudos o pH final das carnes com a miopatia foi maior, isso acarretou no aumento da capacidade de retenção de água (Ramos e Gomide, 2017), acarretando no aumento da porcentagem de água presente na carne, fato este não observado neste estudo devido a não alteração do pH da carne do peito e da coxa dos frangos com ou sem a miopatia.

Pode-se observar na tabela 9 que houve diferença estatística para a porcentagem de proteína, sendo que as aves que possuíam a miopatia “*Spaghetti meat*” apresentaram valores menores de proteína na carne do peito e na carne da coxa.

Quando se compara a média da proteína do peito com média da proteína da coxa (Tabela 10), pode-se constatar que houve uma correlação moderada negativa quando se correlacionou a proteína do peito e da coxa das aves que não apresentaram a miopatia “*Spaghetti meat*”, e houve uma correlação fraca negativa quando se correlacionou a proteína do peito e da coxa das aves que apresentaram a miopatia.

Diante desses resultados pode-se afirmar que houve um processo miodegenerativo devido a redução da quantidade de proteína da carne do peito e da coxa.

No estudo de Petracci et al. (2019) constatou que o miopatia “*Spaghetti meat*” reduz a quantidade de proteína da carne do peito de frango, sendo este concordante aos resultados do presente estudo.

Pode-se observar na tabela 9 que houve diferença estatística para a porcentagem de lipídios totais, sendo as aves que possuíam a presença da miopatia “*Spaghetti meat*” as que apresentaram maior porcentagem de lipídios totais na carne do peito e na carne da coxa.

Quando se compara a média da porcentagem de lipídios totais do peito com média da porcentagem de lipídios da coxa (Tabela 10), pode-se constatar que ocorreu uma correlação muito forte positiva quando se correlacionou a porcentagem de lipídios totais do peito e da coxa das aves que não apresentaram a miopatia “*Spaghetti meat*”, quando há o aparecimento da miopatia, a correlação entre a porcentagem de lipídios totais do peito e da coxa foi forte positiva.

Estes resultados nos demonstram que a miopatia acarreta no processo de lipólise da musculatura do peito e da coxa, proporcionando dessa forma, o aumento da concentração lipídica, este processo de lipólise foi constatado por Baldi et al. (2019) e por Baldi et al. (2018). Além disso, pode-se ver que houve influência moderada da miopatia sobre o aumento da concentração de lipídios, e uma maior influência do tipo de corte.

Não houve diferença estatística para a porcentagem de matéria mineral do peito com ou sem a miopatia “*Spaghetti meat*”, já a coxa proveniente dos frangos de corte com a miopatia apresentaram porcentagem menor de matéria mineral (Tabela 9).

Quando se compara a média da porcentagem da matéria mineral dos peitos com média da porcentagem de matéria mineral da coxa das amostras normais (Tabela 10) pode-se constatar que ocorreu uma correlação forte negativa; quando se correlacionou a média da porcentagem de matéria mineral do peito com a porcentagem de matéria mineral da coxa das amostras provenientes de frangos de corte que apresentaram a miopatia (Tabela 10), constatou-se que houve uma correlação forte negativa.

Nota-se que a miopatia “*Spaghetti meat*” mesmo provocando a miodegeneração, não influencia na quantidade de minerais presente na carne do peito do frango de corte, sendo esta resposta similar a encontrada por Tasoniero et al. (2020) na parte interna do músculo do peito do frango de corte, mas em contra partida pode-se notar que a miopatia causou uma desmineralização da carne da coxa desses

frangos.

Na tabela 11, pode-se ver os valores médios e seus desvios padrão das variáveis, colágeno total, colágeno solúvel e colágeno insolúvel dos cortes comerciais (peito e coxa) dos frangos acometidos ou não pela miopatia *“Spaghetti meat”*.

Tabela 11. Médias estimadas e os desvios padrão para as variáveis, colágeno total, colágeno solúvel e colágeno insolúvel da carne de peito e da coxa de frango contendo *“Spaghetti meat”*.

Miopatia	Colágeno total	
	Peito	Coxa
Normal	0,478±0,056 ^B	0,679±0,116
<i>“Spaghetti meat”</i>	0,637±0,094 ^A	0,733±0,093
p-value	0,0002	0,2710
Miopatia	Colágeno solúvel	
	Peito	Coxa
Normal	0,107±0,050 ^B	0,175±0,062 ^B
<i>“Spaghetti meat”</i>	0,184±0,078 ^A	0,305±0,085 ^A
p-value	0,0074	0,0009
Miopatia	Colágeno insolúvel	
	Peito	Coxa
Normal	0,370±0,044 ^B	0,526±0,050
<i>“Spaghetti meat”</i>	0,414±0,040 ^A	0,513±0,067
p-value	0,0295	0,1919

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

Na Tabela 12, pode-se observar os valores dos coeficientes de correlação das variáveis, colágeno total, colágeno solúvel e colágeno insolúvel do peito sem a miopatia (Normal), comparados ao peito com a miopatia *“Spaghetti meat”*, e da coxa provenientes das aves com ou sem a presença da miopatia.

Tabela 12. Coeficientes de correlação estimados para as variáveis, colágeno total, colágeno solúvel e colágeno insolúvel, da carne de peito e da coxa de frango contendo a miopatia *“Spaghetti meat”*.

Variável	Normal X Normal	Normal X <i>“Spaghetti meat”</i>
Colágeno total - Peito vs. Coxa	0,761	0,476
Colágeno solúvel - Peito vs. Coxa	0,613	0,617
Colágeno insolúvel - Peito vs. Coxa	0,868	0,395

Pode-se observar na tabela 11 que houve diferença estatística para a

quantidade de colágeno total, solúvel e insolúvel. As carnes do peito provenientes de animais acometidos pela miopatia apresentaram maiores quantidades destes três componentes, já com relação a carne da coxa não houve diferença estatística para a quantidade de colágeno total e insolúvel, no entanto, a miopatia acarretou um aumento significativo na quantidade de colágeno solúvel.

Ocorreu uma correlação moderada positiva quando se correlacionou a quantidade de colágeno total do peito e da coxa das amostras normais. Já quando houve o aparecimento da miopatia, a correlação entre os peitos e as coxas foi fraca positiva (Tabela 12).

Também ocorreu uma correlação moderada positiva quando se correlacionou a quantidade de colágeno solúvel do peito e da coxa das amostras normais, já quando houve o aparecimento da miopatia, ocorreu uma correlação fraca positiva quando se correlacionou a quantidade de colágeno solúvel do peito e das coxas.

Houve uma correlação forte positiva quando se correlacionou a quantidade de colágeno insolúvel do peito e da coxa das amostras normais, já quando ocorreu o aparecimento da miopatia “*Spaghetti meat*”, pode-se constatar uma correlação fraca positiva quando se correlacionou a quantidade de colágeno insolúvel do peito e da coxa das aves que apresentaram a miopatia.

O aumento do colágeno total, solúvel e insolúvel da carne do peito está relacionado ao processo de fibrose (Bilgili, 2015), já quando analisamos o colágenos da carne da coxa pode-se notar que houve o aumento significativo apenas para o colágeno solúvel, este comportamento nos demonstra uma imaturidade do tecido conjuntivo que compõe a coxa dos frangos que foram afetados pela miopatia “*Spaghetti meat*”, este comportamento de imaturidade do tecido conjuntivo foi detectada também por Bilgili (2015). Além disso, a miopatia afetou com maior intensidade a concentração do colágeno total, solúvel e insolúvel da carne do peito do que a carne das coxas dos frangos de corte com a miopatia presente em seus peitos.

Conclusão

Através desse estudo pode-se afirmar que mesmo que a miopatia “*Spaghetti meat*” no grau moderado apareça apenas na região peitoral do frango de corte, essa

também irá influenciar na qualidade físico e química final da carne da coxa.

Referências Bibliográficas

- AOAC. Association of Analytical Chemists. Official Methods of Analysis. 18th ed. (Washington, DC), 2011.
- BALDI, G.; SOGLIA, F.; LAGHI, L.; TAPPI, S.; ROCCULI, P.; TAVANIELLO, S.; PRIORIELLO, D.; MUCCI, R.; MAIORANO, G.; PETRACCI, M. Comparison of quality traits among breast meat affected by current muscle abnormalities. *Food Research International*, v. 115, n. 1, p. 369-376, 2019.
- BALDI, G.; SOGLIA, F.; MAZZONI, M.; SIRRI, F.; CANONICO, L.; BABINI, E.; LAGHI, L.; CAVANI, C.; PETRACCI, M. Implications of white striping and “Spaghetti meat” abnormalities on eat quality and histological features in broilers. *Animal*, v. 12, p. 164– 173, 2018.
- BARBUT, S. Recent myopathies in broiler’s breast meat fillets. *Worlds. Poult. Sci. Journal*, v. 75, p. 559–582, 2019.
- BILGILI SF 2015. Broiler chicken myopathies: IV stringy/mushy breast. Worthwhile Operational Guidelines and Suggestion, February. Retrieved on 2 January 2017 from <http://poul.auburn.edu/wp-content/uploads/sites/13/2015/11/WOGS-FEB15.pdf>.
- 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.
- CAVALCANTI, E. N. F.; GIAMPIETRO-GANECO, A.; MELLO, J. L. M.; FIDELIS, H. A.; OLIVEIRA, R. F.; PEREIRA, M. R.; VILLEGAS-CAYLLAHUA, E. A.; SOUZA, R. A.; SOUZA, P. A.; BORBA, H. Breast meat quality of turkey breeder hens at disposal age affected by deep pectoral myopathy. *Poultry Science*, v. 100, n. 8, p. 101259, 2021.
- CROSS, H. R.; WEST R. L.; DUTSON, T. R. Comparison of methods for measuring sarcomere length in beef semitendinosus muscle. *Meat Science*, v. 5, p. 261– 266, 1981.
- GUZMÁN, A. P.; TROCINO, A.; BARBUT, S. Comparing three textural measurements of chicken breast fillets affected by severe wooden breast and “Spaghetti

- meat". *Italian Journal of Animal Science*, v. 20, n. 1, p. 465-471, 2021.
- HADLICH, J.C.; MORALES, D.C.; SILVEIRA, A.C.; OLIVEIRA, H. N.; CHARDULO, L. A. L. Efeito do colágeno na maciez da carne de bovinos de distintos grupos genéticos. *Acta Scientiarum Animal Sciences*, v. 28, n. 1, p. 57-62, 2006.
- HAMM, R. Biochemistry of meat hydratation. *Advances in Food Research*, v. 10, n. 2, p.335- 443, 1960.
- HONIKEL, K. O. The water binding of meat, *Fleischwirtsch*, v.67, n.2, p.1098-1102,1987. KUTTAPPAN, V. A.; SHIVAPRASAD, H. L.; SHAW, D.P.; VALENTINE, B. A.; HARGIS, B. M.; CLARK, F. D.; MCKEE, S. R.; OWENS, C.M. Pathological changes associated with whites tripping in broiler breast muscles. *Poultry Science*, v. 2, n. 92, p. 331-338, 2013.
- LYON, C. E.; LYON, B. G.; DICKENS, J. A. Effects of carcass stimulation, deboning time, and marination on color and texture of broiler breast meat. *Journal of Applied Poultry Research*, v. 7, n.1, p. 53-60, 1998.
- MOREIRA, J.; MENDES, A. A.; ROÇA, R. O.; GARCIA, E. A.; NAAS, I. A.; GARCIA, R. G.; PAZ, I. C. L. A. Efeito da densidade populacional sobre desempenho, rendimento de carcaça e qualidade da carne em frangos de corte de diferentes linhagens comerciais. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 33, n. 6, p. 1506-1519, 2004.
- MUKAKA, M. M. Statistics corner: a guide to appropriate use of correlation coefficient in medical research. *Malawi Medical Journal*, v. 24, n. 3, p. 69-71, 2012.
- PETRACCI, M.; SOGLIA, F.; MADRUGA, M.; CARVALHO, L.; IDA, E.; ESTÉVEZ, 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, n. 2, p. 565–583, 2019.
- RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. M. Avaliação de qualidade de carnes: Fundamentos e metodologias. Viçosa: UFV, 2017. 599p.
- SAS Institute. (2002-2003). SAS user's guide: statistics. Release 9.1. Cary.
- 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.
- SOGLIA, F.; MAZZONI, M.; PETRACCI, M. Spotlight on avian pathology: current growth-related breast meat abnormalities in broilers. *Avian Pathol*, v. 48 p. 1–3, 2019.
- TASONIERO, G.; ZHUANG, H.; GAMBLE, G. G.; BOWKER, B. C. Effect of “Spaghetti meat” abnormality on broiler chicken breast meat composition and technological quality. *Poultry Science*, v. 99, n. 3, p. 1724-1733, 2020.
- VENTURINI, K.S.; SARCINELLI, M.F.; SILVA, L.C. *Características da carne de Frango*. Boletim Técnico Pró-Reitoria de Extensão. Programa Institucional de Extensão - Universidade Federal do Espírito Santo - UFES, 2007.
- WOESSNER JUNIOR, J. F. The determination of hydroxyproline in tissue and protein samples containing small proportions of this amino acid. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, v. 93, n. 2, p. 440-447, 1961.