

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP CAMPUS DE
JABOTICABAL**

**AVALIAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DE
DERIVADOS PRODUZIDOS COM CARNE DE FRANGO
ACOMETIDA PELA MIOPATIA PEITORAL PROFUNDA**

**Mainara Carolina Francelino
Médica Veterinária**

2022

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP CAMPUS DE
JABOTICABAL**

**AVALIAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DE
DERIVADOS PRODUZIDOS COM CARNE DE FRANGO
ACOMETIDA PELA MIOPATIA PEITORAL PROFUNDA**

Mainara Carolina Francelino

Orientadora: Profa. Dra. Hirasilva Borba

Coorientador: Dr. Rodrigo Fortunato de Oliveira

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

2022

F815a	<p>Francelino, Mainara Carolina</p> <p>Avaliação física, química e microbiológica de derivados produzidos com carne de frango acometida pela miopatia peitoral profunda / Mainara Carolina Francelino. -- Jaboticabal, 2022</p> <p>38 p.</p> <p>Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal</p> <p>Orientadora: Hirasilva Borba</p> <p>Coorientador: Rodrigo Fortunato de Oliveira</p> <p>1. Embutidos. 2. Frangos de corte. 3. Hambúrguer. 4. Microbiologia. 5. Qualidade da carne. I. Título.</p>
-------	---

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

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: AVALIAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DE DERIVADOS PRODUZIDOS COM CARNE DE FRANGO ACOMETIDA PELA MIOPATIA PEITORAL PROFUNDA

AUTORA: MAINARA CAROLINA FRANCELINO

ORIENTADORA: HIRASILVA BORBA

COORIENTADOR: RODRIGO FORTUNATO DE OLIVEIRA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em ZOOTECNIA, pela Comissão Examinadora:

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

Profa. Dra. LIZANDRA AMOROSO (Participação Presencial)
Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Pós-Doutoranda ALINE GIAMPIETRO GANECO (Participação Presencial)
Departamento de Engenharia de Alimentos-FZEA/USP / Pirassununga/SP

Jaboticabal, 09 de junho de 2022

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

MAINARA CAROLINA FRANCELINO – Nasceu em 15 de maio de 1995, no município de Matão, estado de São Paulo. Em fevereiro de 2014 iniciou o curso de medicina veterinária na Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP Jaboticabal, concluindo a graduação em fevereiro de 2019. Nesse período realizou duas iniciações científicas na área de avicultura, sob a orientação do Prof. Dr. Edney Pereira da Silva. Em março de 2020 ingressou no programa de Pós-Graduação em Zootecnia (mestrado) da mesma instituição onde obteve o título de bacharel, sob orientação da Profa. Dra. Hirasilva Borba e coorientação do Dr. Rodrigo Fortunato de Oliveira, onde foi contemplada com bolsa do órgão de fomento Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

“Andei nessa longa estrada para a liberdade. Tentei não vacilar; cometi erros ao longo do caminho. Mas descobri o segredo: depois de escalar um grande morro, só se descobre que há muitas mais montanhas para escalar. Tomei um momento aqui para descansar, para roubar uma visão da gloriosa vista que me rodeia, para olhar para trás na distância que percorri. Mas eu posso descansar apenas por um momento, pois com a liberdade vem a responsabilidade, e eu não me atrevo a me prolongar, por minha longa caminhada que ainda não terminou.”

(Nelson Mandela)

Inteiramente à pessoa a qual sei que não me abandonaria quaisquer fossem os cenários que se apresentassem. E tantos se apresentaram... Matheus.

Infinitamente à Deus, que em meio a tantos percalços onde perdi tanto de mim, não permitiu que eu perdesse a fé que me trouxe até aqui.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a minha família que ofereceu suporte sempre que mais precisei.

À Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV/UNESP – Jaboticabal pela oportunidade de realização do curso.

À minha orientadora, Hrasilva Borba, que me guiou com seus vastos ensinamentos durante o mestrado, sendo sempre uma pessoa sábia, generosa, empática e gentil. Aprender com a senhora foi uma honra.

Ao meu coorientador, Rodrigo Fortunato de Oliveira, a quem devo meu ingresso na linha de pesquisa deste trabalho, e que além de seu incessante interesse em meu aprendizado e na condução dos experimentos, sempre se fez presente mesmo distante. Agradeço pela amizade, ensinamentos, compreensão e paciência.

Aos meus companheiros de laboratório, em especial à Érika Nayara Freire Cavalcanti e Mateus Roberto Pereira, por toda ajuda na condução dos experimentos.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de mestrado para a realização do trabalho.

A todos que contribuíram para esse desfecho vitorioso, o meu muito obrigada.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	II
ABSTRACT.....	III
LISTA DE TABELAS.....	IV
LISTA DE FIGURAS.....	VI
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. MIOPATIA PEITORAL PROFUNDA.....	3
2.2. QUALIDADE DA CARNE.....	6
2.3. PROCESSAMENTO DA CARNE.....	10
2.3.1. HAMBÚRGUER DE FRANGO.....	10
2.3.2. LINGUIÇA DE FRANGO.....	11
3. MATERIAIS E MÉTODOS.....	12
3.1. LOCAL E PERÍODO DE EXECUÇÃO.....	12
3.2. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	12
3.3. CLASSIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS.....	12
3.4. PROCESSAMENTO DO HAMBÚRGUER.....	14
3.5. PROCESSAMENTO DA LINGUIÇA FRESCAL.....	15
3.6. ANÁLISES.....	16
3.6.1. ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS.....	16
3.6.2. ANÁLISES FÍSICAS E QUÍMICAS.....	17
3.6.2.1. COR.....	17
3.6.2.2. pH.....	17
3.6.2.3. FORÇA DE CISALHAMENTO.....	17
3.6.2.4. PERDAS POR COZIMENTO.....	17
3.6.2.5. PORCENTAGEM DE ENCOLHIMENTO.....	18
3.6.2.6. ATIVIDADE DE ÁGUA.....	18
3.6.2.7. OXIDAÇÃO LIPÍDICA.....	18
3.6.2.8. COMPOSIÇÃO QUÍMICA.....	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	18
5. CONCLUSÃO.....	27
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	28

AVALIAÇÃO FÍSICA, QUÍMICA E MICROBIOLÓGICA DE DERIVADOS PRODUZIDOS COM CARNE DE FRANGO ACOMETIDA PELA MIOPATIA PEITORAL PROFUNDA

RESUMO – O objetivo desse estudo foi caracterizar a composição química, oxidação lipídica e conhecer as características físicas dos derivados (hambúrgueres e linguiças frescas) produzidos a partir da carne proveniente do músculo peitoral maior acometido pela miopatia peitoral profunda, além de realizar análise microbiológica em amostras de músculo peitoral maior *in natura* em que o sassami estava acometido pela MPP. Para a caracterização da miopatia foram coletadas amostras de frangos de corte abatidos entre 42 a 46 dias de idade, provenientes de planta frigorífica do estado de São Paulo. O experimento foi composto por amostras do músculo peitoral maior de aves acometidas ou não pela MPP (normal - ausência de miopatia e categoria 3 - degeneração progressiva do sassami com o aspecto esverdeado). Após a classificação das amostras uma parte (n=10) dos produtos *in natura*, com a retirada do sassami, foi submetida a análises microbiológicas e físicas para a caracterização da MPP. Em seguida foi utilizado apenas o músculo peitoral maior para a fabricação de derivados (linguiças frescas (n=10) e hambúrgueres (n=10)), com os dois tratamentos estabelecidos. Os parâmetros avaliados foram: cor, pH, capacidade de retenção de água (CRA), perda de peso por cozimento (PPC), força de cisalhamento (FC) pelo método Warner-Bratzler, atividade de água (Aw) e composição química (proteína, gordura, umidade e matéria mineral). Na categoria 3 o pH da carne aumentou ($P < 0,05$), no entanto os valores de CRA diminuíram com a ocorrência da miopatia (71,92%) e com isso valor de PPC aumentou (25,31%). Além disso, a coloração aumentou e as características tecnológicas dos peitos *in natura* se mostraram menos favoráveis com a presença da MPP. Os hambúrgueres não apresentaram nenhuma mudança ($P > 0,05$) no padrão de coloração quando comparados com o grupo controle, enquanto os valores de pH diminuíram com a presença da MPP. A PPC aumentou no grupo com MPP severo, o que poderia sugerir dureza maior do hambúrguer, porém nada foi sugestivo no teste de FC. Pela maior PPC houve também maior retração nos hambúrgueres com MPP. Todos os valores da coloração de linguiças frescas aumentaram no grupo com MPP. Houve aumento do pH e da Aw. É importante frisar que não houve interação nos valores de força de cisalhamento para linguiças frescas. Na composição química somente houve aumento proteico nas linguiças frescas com MPP. As análises microbiológicas não indicaram contaminação bacteriana das amostras *in natura* ou dos derivados cárneos. Os dados obtidos nesse estudo permitiram concluir que os produtos sugeridos são alternativas viáveis e que podem conferir aos derivados características qualitativas mais favoráveis do que a carne *in natura* comercializada.

Palavras-chave: embutidos, frangos de corte, hambúrguer, microbiologia, qualidade da carne

PHYSICAL, CHEMICAL AND MICROBIOLOGICAL EVALUATION OF DERIVATIVES PRODUCED WITH CHICKEN MEAT AFFECTED BY DEEP PECTORAL MYOPATHY

ABSTRACT – The aim of this study was to characterize the chemical composition, lipid oxidation and physical characteristics of derivatives (hamburgers and fresh sausages) produced from meat originating from the pectoralis major muscle affected by deep pectoral myopathy (DPM), as well as to perform microbiological analysis in samples of pectoralis major muscle *in natura* in where the inner fillet was affected by DPM. To characterize the myopathy, samples were collected from broilers slaughtered between 42 and 46 days of age from a slaughterhouse in the state of São Paulo. The experiment was composed of samples of the pectoralis major muscle from birds affected or not by DPM (normal - absence of myopathy and category 3 - progressive degeneration of the inner fillet with greenish aspect).

After sorting the samples a part (n=10) of the products *in natura*, with the removal of the *sassami*, was submitted to microbiological and physical analysis for the characterization of DPM. Then only the pectoralis major muscle was used for the manufacture of derivatives (fresh sausages (n=10) and hamburgers (n=10)), with the two established treatments. The parameters evaluated were: color, pH, water holding capacity (WHC), cooking loss (CL), shear force (SF) by the Warner-Bratzler method, water activity (Aw) and chemical composition (protein, lipids, moisture and mineral matter). In category 3 the pH of the meat increased ($P < 0.05$), however the WHC values decreased with the occurrence of myopathy (71,92%) and with that the CL value increased (25,31%). In addition, the coloration increased and the technological characteristics of the fresh breasts were less favorable with the presence of DPM. The hamburgers did not present any change ($P > 0,05$) in the coloration pattern when compared to the control group, while the pH values decreased with the presence of DPM. The CL increased significantly in the group with severe DPM, which could suggest a higher hardness of the hamburger, but nothing was suggestive in the SF test. Due to the higher CL there was also greater shrinkage in the hamburgers with DPM. All sausage color values increased in the DPM group. There was a significant increase in pH and Aw. It is important to emphasize that there was no interaction in the values of shear force for sausages. In the chemical composition there was only an increase in protein in the sausages with DPM. The microbiological analyses did not indicate bacterial contamination of the samples *in natura* or of the meat products. The data obtained in this study allowed us to conclude that the suggested products are viable alternatives and can confer more favorable qualitative characteristics to the derivatives than the commercialized *in natura* meat.

Keywords: broilers, hamburger, meat quality, microbiology, sausages

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Inclusão de ingredientes na massa do hambúrguer de peito de frango.....	15
Tabela 2. Inclusão de ingredientes na massa da linguiça frescal de peito de frango.....	16
Tabela 3. Valores de luminosidade (L*), intensidade de vermelho (a*) e intensidade de amarelo (b*) das superfícies externa e interna da carne proveniente do músculo peitoral maior de frangos de corte acometida pela miopatia peitoral profunda.....	19
Tabela 4. Valores de pH, CRA (%), PPC (%), FC (kg/mm), em amostras da carne <i>in natura</i> do músculo peitoral maior de frangos de corte acometidas pela miopatia peitoral profunda.....	20
Tabela 5. Valores de luminosidade (L*), intensidade de vermelho (a*) e intensidade de amarelo (b*) da superfície dos hambúrgueres produzidos a partir da carne proveniente do músculo peitoral maior de frangos de corte acometidas pela miopatia peitoral profunda.....	21
Tabela 6. Valores de pH, Aw, PPC (%), FC (kg/mm) e Retração (%) em hambúrgueres produzidos a partir da carne proveniente do músculo peitoral maior de frangos de corte acometidas pela miopatia peitoral profunda.....	22
Tabela 7. Valores de Proteína (%), Lipídeos (%), Umidade (%) e Matéria Mineral (%) em hambúrgueres produzidos a partir da carne proveniente do músculo peitoral maior de frangos de corte acometidas pela miopatia peitoral profunda.....	22

Tabela 8. Valores de luminosidade (L*), intensidade de vermelho (a*) e intensidade de amarelo (b*) da superfície das linguiças frescas produzidas a partir do músculo peitoral maior de frangos de corte acometido pela miopatia peitoral profunda.....	23
Tabela 9. Valores de pH, Aw, PPC (%) e FC (kg/mm) em linguiças frescas produzidas a partir do músculo peitoral maior de frangos de corte acometido pela miopatia peitoral profunda.....	23
Tabela 10. Valores de Proteína (%), Lipídeos (%), Umidade (%) e Matéria Mineral (%) em linguiças frescas produzidas a partir da carne proveniente do músculo peitoral maior de frangos de corte acometido pela miopatia peitoral profunda.....	24
Tabela 11. Valores de TBARS (oxidação lipídica) em amostras <i>in natura</i> , hambúrgueres e linguiças frescas produzidas a partir da carne proveniente do músculo peitoral maior de frangos de corte acometido pela miopatia peitoral profunda.....	25
Tabela 12. Análise microbiológica da carne do peito <i>in natura</i> proveniente de frangos de corte com miopatia peitoral profunda.....	25
Tabela 13. Análise microbiológica do hambúrguer proveniente da carne de frangos de corte com miopatia peitoral profunda.....	26
Tabela 14. Análise microbiológica da linguiça fresca proveniente da carne de frangos de corte com miopatia peitoral profunda.....	27

LISTA DE FIGURAS**Página**

- Figura 1.** Imagens fotográficas de diferentes graus da miopatia peitoral profunda em frangos de corte. Da esquerda para direita: Categoria 1. Miopatia Aguda Inicial com áreas hemorrágicas; Categoria 2. Desenvolvimento de lesões, presença de sufusões; Categoria 3. Miopatia Peitoral Severa, áreas necrosadas. Fonte: Adaptado de Bilgili e Hess (2008)..... 4
- Figura 2.** Imagem fotográfica de amostra acometida pela miopatia peitoral profunda em estágio avançado, apresentando necrose isquêmica dos supracoracóideos (Categoria 3). Fonte: a autora..... 13
- Figura 3.** Imagem ilustrativa da separação do músculo peitoral maior do supracoracóideo em conjunto peitoral acometido pela MPP em grau severo (Categoria 3). Fonte: Adaptado de Giampietro-Ganeco et al. (2021)..... 14

1. INTRODUÇÃO

A rápida ascensão das tecnologias que tangem a avicultura é fruto dos avanços e contribuições científicas relativas às diferentes áreas da produção animal. O aumento exponencial do desempenho das aves, bem como seu abate precoce, é atribuído assim às extensas pesquisas em genética e nutrição animal, aliados aos conceitos de ambiência, manejo e sanidade.

No Brasil, a carne de aves é amplamente consumida. Dessa forma, com a evolução do perfil consumidor e a necessidade de diversificar e otimizar os processos da produção de aves, surgiram os produtos industrializados. Espíndola (2012) destaca que a incorporação de novas tecnologias na criação de aves possibilitou a melhoria nos sistemas de produção, a redução dos custos de energia e matéria-prima, a diversificação da matriz energética e da variedade de produtos industrializados oferecidos. Com todo esse dinamismo do mercado surgiu grande variedade de produtos industrializados provenientes da carne frango. Tais produtos tem objetivo atender demandas da vida cotidiana atual, em que itens de conveniência e praticidade têm cada vez mais espaço, principalmente em detrimento da comercialização de carcaças inteiras, em que o preparo e cozimento exige maior tempo do consumidor.

No que concerne ao objeto de estudo deste trabalho, os músculos peitorais possuem grande aceitação comercial, e por esse motivo a seleção genética das diversas linhagens tem focado em favorecer essa característica, ou seja, rápido ganho de peso em menor tempo até o abate das aves. Como consequência dessa intensa seleção, várias desordens têm sido descritas, como por exemplo problemas de ordem metabólica, óssea e muscular. O desafio atual para a indústria avícola consiste em balancear os ganhos e manejar os prejuízos para que problemas como as miopatias não tenham prevalência excessiva nas linhas de abate.

O Brasil é um dos maiores produtores e exportadores de carne de frango e está presente em mais de 140 países. Em 2021 exportou 4,6 milhões de toneladas entre processados e *in natura* (ABPA, 2021). É muito importante que a comunidade científica se atente a sanar os problemas gerados com as miopatias, para diminuir sua incidência e contribuir para a satisfação do consumidor, devido à grande representatividade econômica desse setor.

Algumas das desordens de grande importância para o setor avícola são as alterações musculares. Dentre tais desordens podem ser citadas a carne DFD

(escura, firme e seca), a PSE (pálida, flácida e exsudativa), assim como as miopatias que incluem o peito amadeirado, miopatia peitoral profunda, estrias brancas e espaguete. Essas alterações musculares são consideradas prejudiciais na avicultura pelo aspecto que as mesmas conferem às carnes, podendo influenciar na qualidade do produto bem como em seu aspecto visual.

A miopatia peitoral profunda (MPP), objeto de estudo desse trabalho, tem sido descrita como problema recorrente nos músculos peitorais das aves. Essa miopatia se caracteriza pela degeneração e eventual necrose e atrofia de um ou de ambos músculos supracoracóideos, também denominados músculos peitorais menores ou sassami (Kijowski e Kupińska, 2014).

Uma vez realizada a desossa e verificada a MPP no sassami pode-se retirar essa região dos músculos peitorais, comercializando-se apenas o músculo peitoral maior, no entanto isso causa perdas nas regiões adjacentes ao corte, causando prejuízos econômicos ao abatedouro (Petracci e Cavani, 2012).

Atualmente com a industrialização da carne, hambúrgueres e linguiças são alternativas para o aproveitamento de carnes menos nobres ou de alguma forma comprometidas, o que vem a aumentar o lucro dos abatedouros. Mediante a importância e a popularidade do consumo de carnes, a transformação destas em industrializados é importante pela praticidade e variedade de produtos como almôndegas, hambúrgueres, empanados, linguiças, salames, entre outros. Uma alternativa viável de destino para os cortes em que o sassami é acometido por MPP, uma vez que a parte afetada seja retirada, é a transformação do músculo peitoral maior em derivados cárneos, porém não é conhecida a influência da miopatia na qualidade desses produtos.

O estudo se justifica devido à possibilidade de influência nos parâmetros físicos, químicos e microbiológicos dos produtos cárneos derivados citados. Não há relatos na literatura científica que as lesões musculares provocadas pela MPP possam afetar a qualidade de produtos derivados do músculo peitoral maior, influenciando na compra pelo consumidor. Portanto, são necessários estudos para elucidar as alterações musculares decorrentes desta desordem e a sua interferência ou não na qualidade do produto industrializado.

Dessa forma, o estudo tem como objetivo avaliar as características físicas, químicas e microbiológicas de produtos derivados do músculo peitoral maior em

que o sassami estava comprometido pela MPP, de maneira a sugerir alternativas para o consumo de tal produto.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Miopatia peitoral profunda

A seleção genética visando as taxas de crescimento tem contribuído para o aumento do rendimento de peito em frangos de corte e em outras aves (Yalcin et al., 2018). Apesar dessa melhoria, a seleção genética tem culminado em danos às células musculares e aumentado a ocorrência de degeneração muscular devido as mudanças nas fibras musculares e na estrutura vascular (Dransfield e Sosnicki, 1999; Hoving-Bolink et al., 2000; Zahoor et al., 2016).

A MPP é uma necrose isquêmica dos supracoracóideos de aves, primeiramente descrito em perus adultos (Dickinson et al., 1968; Harper et al., 1971), em frangos de corte adultos (Page e Fletcher, 1975), e finalmente em frangos de corte jovens (Richardson et al., 1980). Tal miopatia não pode ser detectada até o processo de desossa nos frigoríficos (Yalcin et al., 2018).

Embora não seja recente, a doença tornou-se cada vez mais frequente nas carnes de frangos e perus selecionadas para a produção de carcaças com maior proporção de músculo peitoral (Giampietro-Ganeco et al., 2021).

A condição não está associada com qualquer agente infeccioso e, portanto, não tem nenhuma relevância para a saúde pública, exceto a de afetar a aparência estética da carne (Bilgili e Hess, 2008) e sua qualidade do ponto de vista tecnológico, uma vez que afeta tanto o músculo peitoral menor como o músculo peitoral maior (em menor frequência e em menor grau). Além disso, possíveis perdas de qualidade e alterações em partes valorizadas da carcaça podem influenciar diretamente a sua venda, uma vez que as mudanças no aspecto visual do produto podem ter impacto negativo na aceitação por parte dos consumidores (Cavalcanti et al., 2021).

Os músculos peitorais menores são excepcionalmente suscetíveis à lesão causada pela MPP. Isso acontece por estarem envolvidos por uma membrana inelástica (fáscia), além de estarem entre o osso esterno e o músculo peitoral maior, o que limita a expansão dos supracoracóideos durante o exercício, onde os músculos aumentam em peso aproximadamente 20% devido ao aporte sanguíneo

direcionado a essa região (Martindale et al., 1979). Todos os eventos descritos resultam em aumento na pressão exercida pelo músculo dentro da cavidade peitoral, o que restringe a circulação sanguínea do mesmo e pode ocasionar necrose isquêmica (Lien et al., 2012).

É relatado que longos períodos de estresse, assim como condições ruins de manejo aumentam o bater das asas, elevam a pressão dentro do compartimento fascial, de modo que o músculo fica estrangulado e isquêmico devido à oclusão vascular (Harper et al., 1983; Siller et al., 1978).

Segundo Bilgili e Hess (2008), a condição surge quando as fibras do músculo se tornam deficientes em oxigênio pelo excessivo movimento das asas. O desenvolvimento da doença pode ser dividido em três categorias: a categoria 1 é a lesão inflamatória aguda na qual o músculo peitoral profundo apresenta hemorragia difusa; a categoria 2 descreve o estágio no qual a lesão no filé interno fica bem definida e às vezes circundada por sufusão e a categoria 3 caracteriza a degeneração progressiva com o aspecto esverdeado do tecido muscular danificado (Figura 1). Embora a incidência da MPP aumente nos frangos pesados, essa pode ocorrer em qualquer idade ou peso e depende do manejo e do sistema de criação utilizado (Bilgili e Hess, 2008).

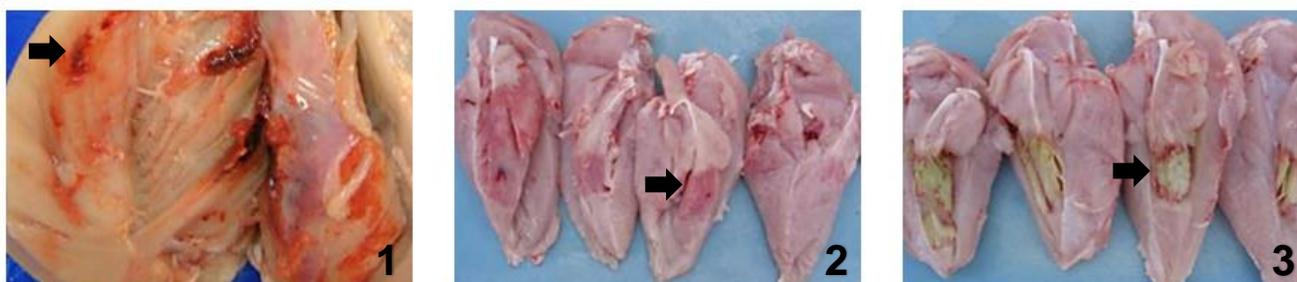


Figura 1. Imagens fotográficas dos músculos de frangos de corte adultos apresentando diferentes graus da miopatia peitoral profunda. Da esquerda para direita: Categoria 1. Miopatia aguda inicial com áreas hemorrágicas (➡); Categoria 2. Desenvolvimento de lesões, presença de sufusões (➡); Categoria 3. Miopatia peitoral severa, áreas necrosadas (➡). Fonte: Adaptado de Bilgili e Hess (2008).

Animais de rápido crescimento apresentam diminuição absoluta no número de capilares e vasos sanguíneos, em conjunto com a marginalização de suporte vascular nas miofibrilas, uma vez que haverá aumento compensatório da

quantidade de capilares ao redor das fibras, devido à perda da densidade capilar (Joiner, 2014). De acordo com Joiner (2014), a densidade muscular diminui conforme o diâmetro das fibras musculares se eleva. Esta relação existe devido à ocorrência do aumento do comprimento e diâmetro das fibras, em que os capilares que as circundam acabam sendo deslocados, limitando, com isto, a difusão e o abastecimento de oxigênio na fibra muscular e, provocando, conseqüentemente, isquemia local.

Os músculos peitorais maiores e menores variam em termos das proporções de fibras musculares vermelhas (contração lenta) e brancas (contração rápida). Também conhecidas como tipo I, as fibras vermelhas são altamente resistentes à fadiga, apropriadas para atividades de intensidade baixa à moderada, longa duração e lenta contração muscular. Elas apresentam, normalmente, menor diâmetro, necessitando de maior fornecimento sanguíneo. Sendo assim, sua coloração vermelha é proveniente da alta concentração de mioglobina e mitocôndrias. As fibras brancas também classificadas como do tipo II, predominam em atividades de curta duração e de alta intensidade. Possuem maior diâmetro, menor suprimento sanguíneo e baixa quantidade de mioglobina e mitocôndrias quando comparadas as fibras vermelhas. Com isso, fatigam rapidamente. O músculo supracoracóideo (sashimi) é predominantemente composto de células musculares brancas, isto é, de espasmos rápidos, o qual apresenta baixa tolerância à fadiga (Pastuszczak et al., 2002). Devido à maior participação de fibras brancas, as células do músculo supracoracóideo apresentam quantidades menores de mioglobina e menor vascularização extensiva. Assim sendo, a eficiência da vascularização e drenagem é superior no músculo peitoral maior em relação ao músculo supracoracóideo (Wight et al., 1979; Pastuszczak et al., 2002).

O aumento da musculatura das aves comerciais, bem como a reduzida densidade capilar natural de seus músculos peitorais, é reflexo do efeito da seleção genética aplicada nos últimos anos, podendo estar associada com diminuição do fornecimento de nutrientes e oxigênio, assim como, na lenta remoção de ácido láctico dos músculos, ocasionando danos aos seus tecidos (Hoving-Bolink et al., 2000), e provavelmente, acarretando em prejuízos à qualidade da carne.

2.2. Qualidade da carne

A carne é um dos produtos do agronegócio mais consumidos por conter proteínas, minerais e vitaminas essenciais, os quais todos possuem caráter crítico na dieta humana e na saúde. A carne é um alimento perecível por causa de seu alto teor de umidade, e por isso há preocupações com a qualidade, estabilidade e segurança do alimento (Khaled et al. 2021).

A qualidade da carne é um conjunto de características desejáveis pelo consumidor, principalmente no que se refere aos aspectos sensoriais e tecnológicos (Warris e Brown, 2000).

Atributos sensoriais (cor, sabor e cheiro), são as impressões iniciais dos consumidores sobre a qualidade da carne, o que afeta diretamente decisões de compra. Atributos físicos incluem coloração, pH, perda de peso por cocção (PPC), atividade de água (Aw), capacidade de retenção de água (CRA), marmoreio e resultados do teste de força de cisalhamento (FC) Warner-Bratzler. Características microbiológicas, como conteúdo viável total e contaminação bacteriana, são algumas das características mais críticas na qualidade e segurança do alimento cárneo. Estas podem indicar a ausência ou a presença de doenças ou deterioração da carne. Os atributos químicos fornecem informações sobre a composição e o conteúdo nutricional da carne. Todos esses fatores ajudam a definir os atributos de qualidade da carne. Assim, do ponto de vista da qualidade e segurança do alimento, é necessária tecnologia confiável para monitorar e determinar as características antes da comercialização (Peng e Dhakal, 2015; Xiong et al., 2015).

Os parâmetros de qualidade sofrem influência de diversos fatores, tais como idade ao abate, linhagens, tipo de músculo, sistemas de produção, sexo, raça, alimentação e manejo pré-abate e pós-abate (Qiao et al., 2001)

A cor da carne fresca é frequentemente caracterizada em termos de quantidade absoluta de cor presente (ou seja, saturação) e estabilidade de cor desejável ao longo do período de armazenamento e/ou exibição. Os consumidores têm expectativas culturalmente distintas para a cor de um alimento (Ramanathan et al., 2020). Um produto cárneo que não atender ao padrão de cores esperado é frequentemente reduzido em seu preço direta ou indiretamente. (Ramanathan et al., 2020).

As consequências econômicas da discriminação da cor da carne pelo consumidor e o resultante desconto de preços e descartes de produtos podem ser significativos economicamente (Smith et al., 2000).

A cor é uma propriedade óptica fundamental em produtos alimentícios devido ao seu papel como indicador de informações críticas como maturação ou frescor de um produto (Hutchings, 2003).

Na carne o pigmento responsável pela cor é a mioglobina. Na carne fresca, a mioglobina pode ser encontrada em três formas básicas: desoximioglobina (DMb), oximioglobina (MbO₂) e metamioglobina (MMb) (Mancini e Hunt, 2005). Na ausência de oxigênio, a mioglobina permanece em seu estado reduzido. Assim que a superfície da carne entra em contato com o oxigênio, a desoximioglobina é rapidamente transformada em oximioglobina, dando à carne o brilho desejado e cor vermelha esperada pelos consumidores. Finalmente, a mioglobina é progressivamente oxidada promovendo o escurecimento e a perda de sua aparência atraente (Salueña et al., 2019). A formação de metamioglobina é o problema mais importante na preservação de uma cor estável da carne de varejo (Sen et al., 2012) e um parâmetro fundamental nas decisões de compra dos consumidores.

Um de cada dois consumidores rejeita o produto quando a proporção de MMb na superfície da carne atinge 20% (Hood e Riordan, 1973; Renner e Mazuel, 1985), e quando atinge 50% torna-se totalmente inaceitável (Van den Oord e Wesdorp, 1971).

O pH é um parâmetro analítico muito utilizado para avaliar a qualidade de carnes e produtos cárneos, pois o processo de deterioração altera a composição de íons hidrogênio dos alimentos (Torre e Rodrigues, 2007). Alguns fatores influenciam o pH como a deterioração microbiana, aplicação de tratamentos ácidos, presença de desordens como as miopatias etc (Trindade e Gressoni Júnior, 2010). O pH da carne influencia suas propriedades funcionais, sua qualidade sensorial (Shimokomaki et al., 2006) e o crescimento e desenvolvimento de microrganismos (Jay, 2005; Franco e Landgraf, 2008).

No momento que a ave é abatida, há o gasto do glicogênio, que está reservado dentro do músculo da ave, dando origem ao ácido lático, que se acumula com o tempo, dentro do músculo, proporcionando a queda do pH (Souza, 2005).

Normalmente a variação do pH final da carne proporciona mudanças direta na coloração e na capacidade de retenção de água (CRA) da carne, sendo que, quanto menor for o valor do pH final da carne, esta será mais pálida e possuirá menor capacidade de retenção de água. De forma geral, a carne de peito de frango deve possuir pH final entre 5,70 a 5,96 (Mendes et al., 2003).

Entre as propriedades funcionais, a CRA é uma propriedade fundamental para a qualidade da carne, destinada ao consumo ou à industrialização (Costa et al., 2008). Pode ser definida como a habilidade da carne em reter água na presença de forças externas diversas, como corte, moagem e aquecimento. A CRA é uma propriedade que define o potencial de perda de peso após o abate e, portanto, tem papel relevante tanto em carnes para consumo *in natura* como nas destinadas ao processamento. Em carnes destinadas ao consumo, a CRA é importante por manter a qualidade organoléptica da carne, e, portanto, afeta a extensão de exsudação de água na superfície da carne, podendo ser usada como medida da estimativa da condição de qualidade de cortes de carne (Ramos e Gomide, 2012), representando uma propriedade físico-química de grande importância durante o consumo e não durante a compra da carne (Roque-Specht et al., 2009).

A CRA e a perda de exsudato são juntas as propriedades que mais influenciam na qualidade da carne, pois estas avaliam a maciez, suculência e sabor, podendo também afetar o comportamento dos atributos qualitativos da carne durante o armazenamento e/ou congelamento, além de afetar a fabricação de subprodutos oriundos da carne (Vieira, 2007).

A maciez é um determinante primário da qualidade da carne e um dos atributos mais importantes influenciando a aceitação do consumidor (Destefanis et al., 2008). Alterações neste parâmetro durante o aquecimento ocorre devido a transformações no tecido conjuntivo e proteínas miofibrilares (Wyrwicz et al., 2012).

Inúmeras tentativas foram feitas para desenvolver um instrumento preciso para a medição da maciez da carne (Pearson, 1963; Szczesniak e Torgeson, 1965; Bouton e Harris, 1972; Culioli, 1995). No entanto, a força de cisalhamento Warner-Bratzler permaneceu como a medida instrumental mais popular e precisa de maciez da carne (Wheeler et al., 1997).

A atividade de água é entendida como aquela integrada pelo conteúdo total da água, pela classe e pelas substâncias nela dissolvidas (eletrólitos, ácidos, açúcares e substâncias nitrogenadas solúveis) e pela forma mediante a qual a água se

encontra estruturalmente ligada ao alimento, ou seja, adsorvida a determinados componentes constitutivos (carboidratos e proteínas) e pela distribuição fina ou grosseira de gotículas nas emulsões (Delazari, 1977). Nesses termos, a quantidade de água livre que não se encontra comprometida com as moléculas constituintes do alimento, está disponível para as reações físicas, químicas e biológicas, tornando-se a principal responsável pela deterioração dos alimentos (Welti e Vergara, 1997), através do favorecimento do desenvolvimento de microrganismos.

A água é o mais importante constituinte natural ou adicionado de quase todos os alimentos. A estrutura da carne é muito complexa, sendo que seu sistema de proteínas miofibrilares foi desenvolvido para realizar movimentos repetitivos muito rápidos e altamente específicos. A água está na fibra muscular como lubrificante, bem como transporte de metabólitos na fibra (Puolanne e Halonen, 2010). O teor de água deve ser constante para funções bem organizadas e rápidas, mas por outro lado, a água deve ser capaz de se mover para outros lugares no sarcômero durante contração, dentro de uma fração de milissegundo (Lampinen e Nojonen, 2005).

A estabilidade, qualidade e composição dos alimentos estão relacionadas diretamente com a quantidade de água presente, sendo que este fator é de importância fundamental no processamento e estabilidade de vários produtos (Cecchi, 1999).

Em um estudo de Xiong et al. (1993), que comparou a composição química de oito linhagens comerciais de frango de corte, constaram que a porcentagem de umidade da carne do peito dessas linhagens variou de 74,6 a 75,9%.

A carne é um alimento classificado como proteico, devido à grande concentração de proteína em sua composição. Estas proteínas são importantes para a formação muscular, para a produção de enzimas, anticorpos, leucócitos e hormônios, além de ajudarem no processo de cicatrização dos tecidos (Azevedo, 2004).

As proteínas possuem grande influência sobre as características tecnológicas da matéria-prima cárnea, possuindo inúmeras funções, tais como determinação do rendimento, qualidade, estrutura e atributos sensoriais do produto (Sams, 2001).

A concentração de lipídeos na carne pode variar de acordo com a idade, o sexo, a linhagem e com o tipo de alimentação que a ave recebe (Pardi et al., 2001).

A quantidade de lipídeos presente na carne interfere na aceitação pelo consumidor, pois estes influenciam nas propriedades de textura, sabor, aroma e cor (Cobos et al., 1994). Os lipídios são elementos que apresentam altos valores

energéticos, fornecem vitaminas lipossolúveis e ácidos graxos essenciais ao organismo (Serrano, 2002).

A matéria mineral é a quantidade de minerais presentes na carne que é obtida pela queima desta em uma temperatura de 500-600°C, sendo que essa na carne pode variar de 0,8 a 1,8% (Roça, 2006).

Estes minerais estão presentes no organismo do animal na forma iônica, formando íons orgânicos e inorgânicos, sendo que os minerais de maior relevância são o cálcio e magnésio que possuem a função importante na contração dos músculos; outro que podemos citar é o fósforo que é responsável pelas modificações *post-mortem* da carne, na maturação e hidratação da carne (Roça, 2006).

2.3. Processamento da carne

O processamento da carne busca a elaboração de novos produtos com a finalidade de prolongar a vida de prateleira, por atuar sobre enzimas e microrganismos de caráter degradativo, atribuindo características sensoriais como, cor, sabor e aroma, próprias de cada processo e não modificando significativamente as qualidades nutricionais originais (Romanelli, 2002).

Produto cárneo é toda carne na qual as propriedades da carne fresca tenham sido alteradas por um ou mais dos seguintes procedimentos: moagem, floculação ou emulsão, adição de temperos, adição de agentes da cura ou tratamento térmico (Conceição e Gonçalves, 2009).

2.3.1. Hambúrguer de frango

O padrão alimentar vem sofrendo mudanças na grande maioria dos países, principalmente na substituição de alimentos *in natura* ou minimamente processados por alimentos industrializados (Carvalho, et al., 2020).

O hambúrguer é o produto cárneo obtido de carne moída das diferentes espécies animais, com adição ou não de ingredientes, moldado na forma de disco ou na forma oval e submetido a processo tecnológico específico (Brasil, 2020). Esse derivado tornou-se um alimento popular por sua praticidade, além de garantir a saciedade rapidamente, em consonância com o modo de vida que vem se instalando nos centros urbanos (Arisseto, 2003).

O hambúrguer popularizou-se nos Estados Unidos e chegou ao Brasil, na década de 50, por meio do fast food. A partir daí, seu crescimento foi constante e não ficou restrito somente a hamburguerias do tipo fast food, expandiu-se por uma gama de variações associada a novos sabores, regionalismos e tipos diferentes de serviços. Diante disso, o objetivo desse trabalho foi apresentar uma nova proposta de hambúrguer, com ingredientes tipicamente brasileiros, mostrando a sua versatilidade e popularidade (Marques et al., 2019).

O hambúrguer é moído na seção de salsicharia, em que é acondicionado e adicionado, podendo ser reestruturado (Venturini et al., 2007).

2.3.2. Linguiça de frango

A linguiça é o produto cárneo obtido de carnes cominuídas das diferentes espécies animais, condimentado, com adição ou não de ingredientes, embutido em envoltório natural ou artificial e submetido a processo tecnológico específico (Brasil, 2020).

No processamento de linguiças de frango, é necessário que ocorra a separação da carne do dorso para utilização desta. Na elaboração de linguiças aproveita-se também a pele do peito e da coxa, assim como retalhos da carne. Os ossos, nervos e cartilagens são descartados para consumo humano e são aproveitados para produção de farinhas, que por sua vez são muito utilizadas em rações de animais (Sarcinelli et al., 2007).

Em um picador de carne manual, as carnes desossadas são trituradas e levadas para um recipiente onde são misturadas e adicionados de sais de cura, temperos, carne vermelha, antioxidantes e fixador. A massa é misturada por tempo suficiente para completa mistura e incorporação de todos os ingredientes da formulação. A seguir, é embutida manualmente em tripas próprias aos tipos de linguiça formuladas e são levadas para o refrigerador, onde permanecem por tempo suficiente para o desenvolvimento das características esperadas, sendo posteriormente expedidas para a comercialização (Sarcinelli et al., 2007).

Em função do seu baixo valor comercial as linguiças são produtos cárneos comercializados em grande escala, acessível a todos os setores da sociedade, sendo facilmente encontrada em vários segmentos do mercado varejista (Duarte, 2010).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Local e período de execução

As análises foram realizadas no Laboratório de Alimentos de Origem Animal do Departamento de Biotecnologia Agropecuária e Ambiental da FCAV/UNESP e no Laboratório de Medicina Veterinária Preventiva do Departamento de Medicina Veterinária Preventiva e Reprodução Animal da FCAV/UNESP.

As amostras foram coletadas em planta frigorífica do estado de São Paulo, de acordo com a rotina de abate da mesma. Foram coletadas amostras do músculo peitoral maior de frangos de corte das linhagens Ross e Cobb, abatidos entre 42 e 46 dias, e do supracoracóideo acometidas pela MPP em grau severo, bem como de um grupo controle (amostras sem a presença de miopatias), e posteriormente transportadas até o laboratório em caminhão refrigerado a 4°C.

Uma parte amostral de cada tratamento dos produtos *in natura*, com a retirada dos supracoracóideos, foram submetidos a análises microbiológicas (n=6) e físicas (n=10). O restante dos peitos, também com a retirada da área lesionada (supracoracóideos), foram utilizados para elaboração de produtos cárneos e posterior realização das análises físicas, químicas e microbiológicas (n=10 para cada tratamento de cada derivado).

3.2. Delineamento experimental

Foi utilizado Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) com dois tratamentos (normal - ausência de miopatia e categoria 3 – miopatia peitoral severa) e 10 repetições de cada. Os dados foram analisados pelo procedimento “One-Way ANOVA” do programa “Statistical Analysis System” (SAS Institute Inc, Cary, NC), os resultados submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Tukey com significância definida em $p < 0,05$.

3.3. Classificação das amostras

A caracterização da miopatia peitoral profunda foi realizada pelo Serviço de Inspeção Federal (SIF), que utiliza o critério de condenação para doenças especiais que condena apenas a parte afetada (Brasil, 2019).

Para a classificação da miopatia amostras de peito com os músculos peitorais maiores e o supracoracóideo (sossami) foram divididos em dois grupos: o controle

(sem MPP); e o grupo com grau severo (categoria 3) com degeneração progressiva do sassami e aspecto esverdeado, de acordo com a classificação de Bilgili e Hess (2008).

Após identificação e coleta, as amostras foram transportadas ao laboratório sob refrigeração, e então classificadas novamente de acordo com o grau de severidade para acurácia do estudo (Figura 2).

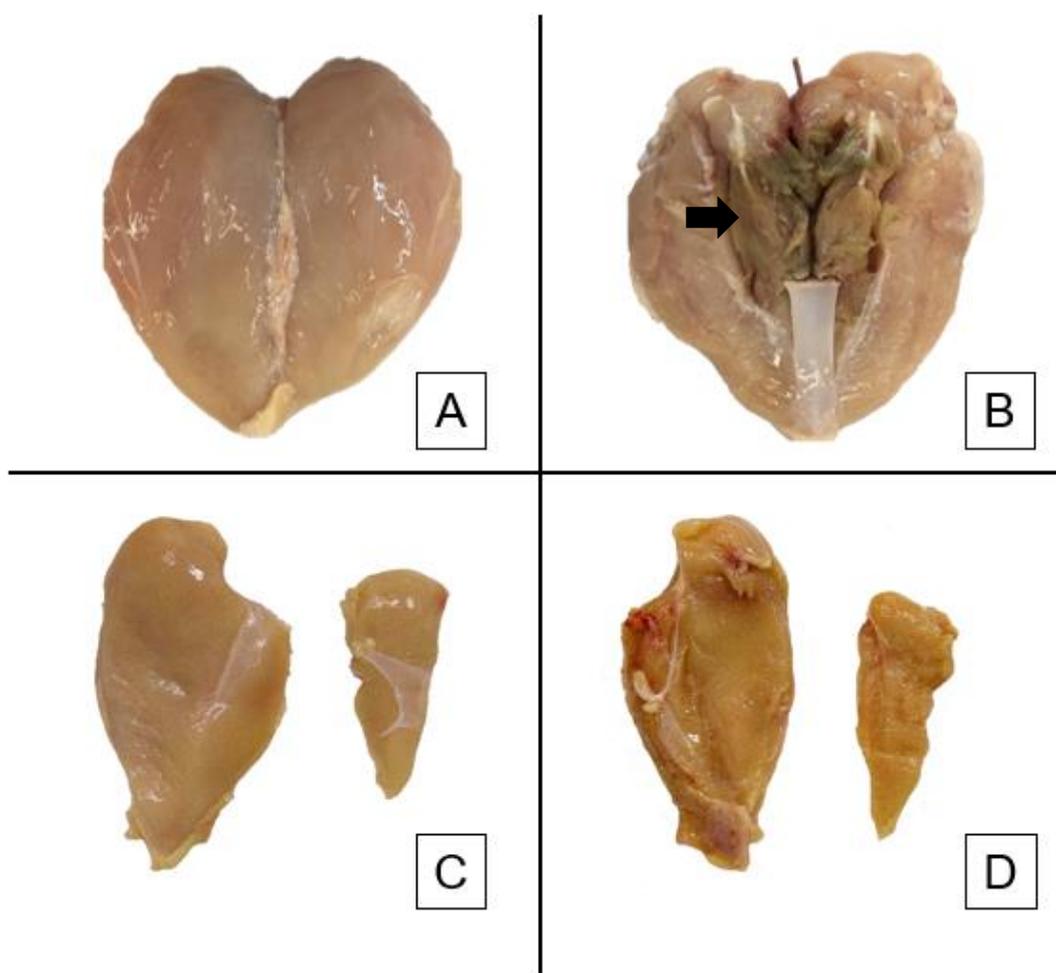


Figura 2. Imagens fotográficas dos músculos peitorais de frangos de corte. A – Músculo peitoral maior de conjunto peitoral acometido pela MPP. B – Músculos supracoracóideos acometidos pela MPP em estágio avançado (categoria 3) (➡). C – Músculo peitoral maior e supracoracóideo normais na visão externa. D – Músculo peitoral maior e supracoracóideo normais na visão interna. Fonte: Laboratório de Análises de Alimentos de Origem Animal.

Uma parte das amostras *in natura* de cada grupo após a retirada do sassami (Figura 3), foi separada para realização de análises microbiológicas utilizando-se sacos estéreis para o acondicionamento. Também se separou em sacos de polietileno uma parte das amostras *in natura* para as análises físicas e para observação das características conferidas pelo acometimento pela MPP, bem como suas alterações.

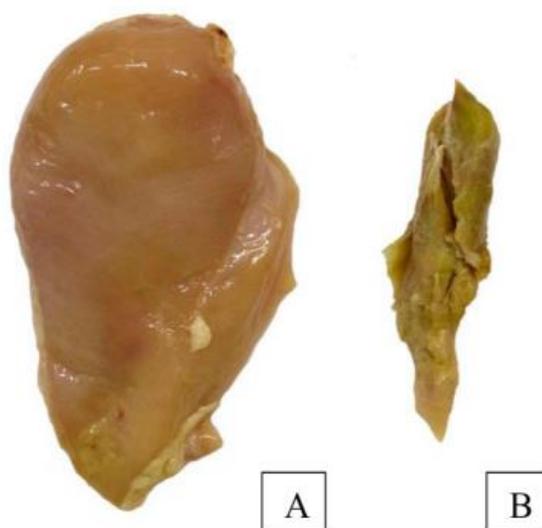


Figura 3. Imagem ilustrativa da separação do músculo peitoral maior (A) do supracoracóideo (B) em conjunto peitoral acometido pela MPP em grau severo (Categoria 3). Fonte: Giampietro-Ganeco et al. (2021).

3.4. Processamento do hambúrguer

As carnes usadas nos dois tratamentos consistiram em normal – carnes 100% sem acometimento por MPP; e categoria 3 – carnes 100% acometidas por MPP. As matérias-primas cárneas (peito e pele de frango) foram pesadas separadamente, assim como todos os ingredientes (Tabela 1). A carne e a pele foram moídas em moedor de carne em disco de 4 mm. Em seguida, a carne, pele e ingredientes foram misturados por 10 minutos até a obtenção de massa homogênea. A massa resultante da etapa anterior foi separada em pedaços de 100g e posteriormente moldada com diâmetro de 11,2cm, onde se colocou papel impermeável entre as peças. O produto final foi acondicionado sob refrigeração de 4°C até o término da realização de todas as análises físicas e o restante das amostras foram congeladas e posterior

Tabela 1. Inclusão de ingredientes na massa do hambúrguer de peito de frango.

Hambúrguer de peito de frango	
Ingredientes	Inclusão (%)
Filé de peito	81,55%
Pele de frango	10,00%
Proteína de soja texturizada	3,55%
Água (gelo)	2,00%
Sal	01,50%
Antioxidante	01,00%
Pasta de alho	00,30%
Pimenta moída	00,10%
Total	100,00%

3.5. Processamento da linguiça frescal

As carnes usadas nos dois tratamentos consistiram em normal – carnes 100% sem acometimento por MPP; e categoria 3 – carnes 100% acometidas por MPP. As matérias-primas cárneas (peito e pele de frango) foram pesadas separadamente, assim como todos os ingredientes (Tabela 2). A carne e a pele foram moídas em moedor de carne em disco de 5 mm. Em seguida, a carne, pele e ingredientes foram misturados por 10 minutos até a obtenção de massa homogênea. A mistura obtida foi envolvida em envoltórios de colágeno comestível (tripa artificial com calibre de 22 mm) em açougue comercial com licença de funcionamento concedido pela vigilância sanitária. O produto final foi refrigerado a 4°C até o término da realização de todas as análises físicas e o restante das amostras foram congeladas e posteriormente liofilizadas para as análises químicas.

Tabela 2. Inclusão de ingredientes na massa da linguiça frescal de frango.

Linguiça Frescal de Frango	
Ingredientes	Inclusão (%)
Filé de peito	69,005%
Pele de frango	20,00%
Proteína de soja texturizada	2,50%
Água (gelo)	5,00%
Sal	02,00%
Antioxidante	0,735%
Pasta de alho	00,50%
Pimenta moída	00,15%
Açúcar	0,095%
Nitrito de sódio	0,015%
Total	100,00%

3.6. Análises

3.6.1. Análises microbiológicas

Amostras *in natura* e amostras do produto final (hambúrgueres e linguiças frescas) foram submetidas à análise microbiológica para atestar viabilidade para consumo humano. Os parâmetros estabelecidos pela legislação brasileira no item 5 (a e b) do anexo 1 da IN/60 (Brasil, 2019), estabelecem padrões microbiológicos, respectivamente, para carnes e produtos cárneos crus à base de carne moída ou picada de aves, temperados ou não, embutidos ou não, refrigerados ou congelados (hambúrgueres, almôndegas, empanados crus de rotisseria, linguiças frescas). Para ambas as categorias devem ser avaliados os seguintes microrganismos: *Salmonella* spp. (ausência em 25 g), *Escherichia coli* (mín. 5×10^2 , máx. 5×10^3) e aeróbios mesófilos (mín. 10^5 , máx. 10^6). Nesse estudo foram avaliadas as contagens de *Salmonella* spp., *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* e microrganismos psicotróficos.

3.6.2. Análises físicas e químicas

3.6.2.1. Cor: foi utilizado um colorímetro portátil (mod. MiniScan XE, marca HunterLab), com escala L^* , a^* , b^* , do sistema CIELab, com iluminante D65, ângulo de observação de 10° e abertura de célula com 30 mm. Foram avaliados parâmetros de luminosidade (L^*), intensidade de vermelho (a^*) e intensidade de amarelo (b^*). As medidas foram realizadas em triplicata nas regiões interna (região em contato com o salsami) e externa (região em contato com a pele) das amostras *in natura* do músculo peitoral maior. As medições nos hambúrgueres e linguiças foram realizadas em triplicata, em três locais distintos de cada produto cárneo.

3.6.2.2. pH: as medições de pH foram realizadas nas amostras *in natura* do músculo peitoral maior e nos produtos cárneos com a utilização de um pHmetro (Modelo HI 99163, Marca HANNA) com eletrodo combinado e a leitura foi realizada em duplicata.

3.6.2.3. Força de cisalhamento: A análise da força de cisalhamento, tanto nas amostras *in natura* do músculo peitoral maior como nos produtos cárneos, foi realizada utilizando amostras provenientes da análise de perda de peso por cozimento (PPC). Após o resfriamento em temperatura ambiente, as amostras de carne e hambúrguer da PPC foram cortadas em tiras com área de, aproximadamente, 1cm^2 . As linguiças foram cortadas em rodela com espessura de, aproximadamente, 1cm^2 , as quais foram colocadas sob à lâmina do texturômetro Texture Analyser TA-XT2i acoplado ao dispositivo Warner-Bratzler, e submetidas ao corte, o qual expressou a força necessária para cisalhar a amostra em kg/mm de acordo com o método de Lyon et al. (1998).

3.6.2.4. Perdas por cozimento (PPC): Para as amostras *in natura* foram utilizadas amostras do músculo peitoral maior de tamanhos semelhantes, pesadas, embaladas a vácuo e submetidas a cozimento em banho-maria (85°C) por 30 minutos. Posteriormente as amostras ficaram em temperatura ambiente para resfriarem, e em seguida foram pesadas para determinação dos valores de PPC expressa em porcentagem, utilizando o seguinte cálculo: $(\text{Peso inicial} - \text{Peso final}) \times 100 / \text{Peso inicial}$ (Honikel, 1987). A metodologia para as linguiças consistiu em: antes do cozimento, as amostras foram pesadas em uma balança analítica. Posteriormente, foram cozidas em grill (George Foreman GBZ80) pré-aquecido (por 10 minutos) até que a temperatura interna das amostras atingisse 85°C (temperatura controlada com o uso de termopares inseridos individualmente em

cada amostra (FE-MUX, Flyever Indústria e Comércio de Equipamentos Eletrônicos Ltda., São Carlos-SP, Brasil)). Após resfriamento em temperatura ambiente, as amostras foram novamente pesadas para avaliação das perdas de peso durante o cozimento (PPC), e os resultados foram obtidos por diferença entre os pesos inicial e final, expressos em porcentagem (Oliveira, 2019). Para os hambúrgueres foi padronizado um tempo de cocção de cinco minutos em cada lado no grill (George Foreman GBZ80) pré-aquecido (por 10 minutos). Após resfriamento em temperatura ambiente, as amostras foram novamente pesadas para avaliação das perdas de peso durante o cozimento (PPC), e os resultados foram obtidos por diferença entre os pesos inicial e final, expressos em porcentagem (Oliveira, 2019).

3.6.2.5. Porcentagem de Encolhimento (retração): o hambúrguer teve seu diâmetro padronizado em 11,2 cm pela hamburgueira utilizada (Hamburgueira Picelli Manual - 128mm - HP128) em que foram realizados todos os moldes. Após o processo de cocção do hambúrguer proveniente da análise de PPC, o diâmetro foi novamente determinado e a retração determinada em porcentagem.

3.6.2.6. Atividade de água (Aw): Para a determinação da atividade de água (Aw), sub-amostras dos produtos (hambúrgueres e linguiças frescas) foram inseridas no analisador de atividade de água "Aqualab" (Decagon Devices Inc.), que utiliza o princípio do ponto de orvalho (metodologia aprovada pela AOAC 2011).

3.6.2.7. Oxidação lipídica: foi determinada em todas as amostras pelo teste de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), segundo a metodologia descrita por Vyncke (1970). Utilizou-se para extração com ácido tricloroacético 5 gramas de amostra moídas e após a reação de coloração sob aquecimento com ácido tiobarbitúrico, foi realizada leitura no comprimento de onda 532 nm e o resultado expresso em mg de malonaldeído (MDA)/kg de amostra.

3.6.2.8. Composição química: A composição centesimal foi determinada em todas as amostras após serem analisadas umidade (950.46-Moisture in Meat), extrato etéreo (991.36-Fat (Crude) in Meat and Meat Products), proteína (977.14-Nitrogen in Meat) e cinzas 920.153 (Ash of Meat) conforme procedimentos preconizados pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2011).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de coloração da carne sugerem aumento nos graus de luminosidade e intensidades de vermelho e amarelo, majoritariamente na superfície

interna do músculo peitoral maior (Tabela 3), possivelmente devido ao contato direto com o músculo supracoracóideo. Giampietro-Ganeco et al. (2021) obtiveram resultados semelhantes em relação à luminosidade na categoria 3 (54,02 e 61,68, nas superfícies interna e externa, respectivamente) e na intensidade de vermelho (7,63 e 11,12, nas superfícies interna e externa, respectivamente) também na categoria 3 ao estudar parâmetros de qualidade de filés de peito de frango acometidos pela MPP. O valor de intensidade de amarelo também se mostrou aumentado na superfície interna do peito, de forma mais discreta que os outros parâmetros estudados no geral, mas ainda assim, evidenciando mudança no padrão de coloração com a presença da miopatia, conforme também foi constatado por Kijowski e Konstanczak et al. (2009) (16,3), em estudo que avaliou as principais mudanças qualitativas em filés de peito acometidos pela MPP.

Kijowski e Kupińska (2013), também encontraram resultados similares na carne de peito de frangos com sintomas da MPP e observaram que os músculos peitorais com lesões de categoria 3 tiveram maior luminosidade (59,6). Pelos resultados encontrados na literatura e nestas análises em relação à coloração pode-se inferir que a presença da miopatia interfere de forma direta no aumento dos parâmetros L, a* e b*.

Tabela 3. Valores de luminosidade (L*), intensidade de vermelho (a*) e intensidade de amarelo (b*) das superfícies externa e interna das carnes provenientes dos músculos peitorais maiores de frangos de corte acometidas pela miopatia peitoral profunda.

Grau da miopatia	Coloração da superfície externa do peito			Coloração da superfície interna do peito		
	L	a*	b*	L	a*	b*
MPP ausente	57,26 ± 6,51 ^B	1,85 ± 0,22 ^B	1,05 ± 0,31	58,39 ± 3,76 ^B	1,87 ± 0,33 ^B	1,85 ± 3,20 ^B
Categoria 3	60,63 ± 7,65 ^A	2,81 ± 0,78 ^A	1,45 ± 3,39	61,54 ± 8,11 ^A	3,86 ± 1,82 ^A	4,73 ± 4,34 ^A
P-valor	0,0142	0,0259	0,6329	0,0031	0,0014	0,0053

Médias seguidas por letras distintas (nas colunas) diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Outros parâmetros físicos foram aferidos para caracterizar o músculo peitoral maior em presença da MPP (Tabela 4). O pH aumentou de forma expressiva entre o grupo controle e o grupo acometido por MPP. O pH 6,4 é o limite crítico para o consumo de carnes (Brasil, 2020), sendo que o valor encontrado no grupo com MPP foi de 6,13.

O processo de rigor mortis utiliza o oxigênio armazenado na mioglobina e, após o seu esgotamento, o músculo passa a utilizar o mecanismo glicolítico (anaerobiose) para obtenção de energia. Essa via gera lactato e seu acúmulo causa a queda do pH do músculo (Ramos e Gomide, 2017). O mecanismo da MPP faz com que o supracoracóideo não receba irrigação sanguínea suficiente, caracterizando a isquemia local, então o músculo passa a utilizar a via glicolítica citada, diminuindo as reservas de glicogênio.

Sendo assim, à medida que o grau de severidade da miopatia aumenta o pH da carne também aumenta.

Tabela 4. Valores de pH, CRA (%), PPC (%), FC (kg/mm), em amostras das carnes in natura provenientes dos músculos peitorais maiores de frangos de corte acometidas pela miopatia peitoral profunda.

Parâmetros físicos do peito <i>in natura</i>				
Grau da miopatia	pH	CRA (%)	PPC (%)	FC (kg/mm)
MPP ausente	5,86±0,12 ^B	75,33±4,28	18,75±0,01 ^B	2,39±0,001
Categoria 3	6,13±0,01 ^A	71,92±5,71	25,31±0,02 ^A	2,55±0,001
P-valor	<0,0001	0,0069	<0,0001	0,47

Médias seguidas por letras distintas (nas colunas) diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Apesar de o resultado de CRA para MPP grau severo (71,92%) ser semelhante ao encontrado na literatura (Giampietro-Ganeco et al., 2021) (71,01%), quando comparado ao parâmetro normal houve queda da CRA, contrariando os relatos encontrados, que sugerem que a carne com miopatia tem maior capacidade de reter água (carne mais macia) em relação a carne sem MPP (Cavalcanti et al., 2021; Giampietro-Ganeco et al., 2021).

A textura da carne sofre influência da integridade das estruturas miofibrilares, sendo essa relação explicada pelos valores de CRA e encurtamento dos sarcômeros, mediante produção de complexos actomiosina, devido ao estabelecimento do rigor mortis (Ramos e Gomide, 2017).

Uma maior CRA (relacionada à suculência) provoca aumento da turgescência da fibra muscular, o que resulta em textura mais uniforme e, conseqüentemente mais macia, devido ao aumento da água intracelular e diminuição da resistência da fibra (Ramos e Gomide, 2017). Esse resultado demonstra que, possivelmente, houve formação de complexo actomiosina na carne do músculo supracoracóideo acometido pela categoria 3 da miopatia, o que resultou em carne menos macia. A força de cisalhamento não apresentou diferença entre os tratamentos ($p>0,05$).

De acordo com a literatura publicada e com o presente trabalho, infere-se que a qualidade tecnológica do músculo peitoral maior deve estar comprometida em amostras em que há MPP. De acordo com Giampietro-Ganeco et al. (2021), a MPP pode alterar, além dos supracoracóideos, os músculos peitorais maiores em sua composição química e suas características qualitativas, portanto para que não haja prejuízo na indústria em relação ao momento da compra pelo consumidor, é válido que se considere a produção de derivados cárneos nessas circunstâncias.

Na produção de hambúrgueres proposta neste trabalho não se verificaram diferenças estatísticas ($p>0,05$) na coloração dos grupos estudados (Tabela 5). Esse resultado é favorável ao argumento de que a produção de derivados é opção comercialmente positiva, uma vez que os hambúrgueres com MPP se assemelham em cor aos produzidos com carne sem miopatia.

Tabela 5. Valores de luminosidade (L^*), intensidade de vermelho (a^*) e intensidade de amarelo (b^*) da superfície dos hambúrgueres produzidos a partir das carnes provenientes dos músculos peitorais maiores de frangos de corte acometidas pela miopatia peitoral profunda.

Coloração do hambúrguer			
Grau da miopatia	L	a*	b*
MPP ausente	78,57±2,22	2,039±0,02	33,28±0,45
Categoria 3	78,88±2,97	2,004±0,0001	33,88±0,33
P-valor	0,644	0,6395	0,0622

Médias seguidas por letras distintas (nas colunas) diferem entre si pelo teste de Tukey ($P<0,05$).

Os valores de pH dos hambúrgueres diminuíram com a presença da MPP (Tabela 6). A PPC aumentou no grupo em que há MPP, o que poderia sugerir dureza maior do hambúrguer, porém nada foi sugestivo nesse sentido no teste de maciez (força de cisalhamento). Possivelmente, pela maior PPC houve também maior retração nos hambúrgueres com miopatia. Os parâmetros atividade de água (A_w) e força de cisalhamento (FC) não retrataram diferenças entre os tratamentos ($p > 0,05$).

Tabela 6. Valores de pH, A_w , PPC (%), FC (kg/mm) e Retração (%) em hambúrgueres produzidos a partir das carnes provenientes dos músculos peitorais maiores de frangos de corte acometidas pela miopatia peitoral profunda.

Parâmetros físicos do hambúrguer					
Grau da miopatia	pH	A_w	PPC (%)	FC (kg/mm)	Retração (%)
MPP ausente	4,84±0,0005	0,908±0,0002	38,59±2,07	2,93±0,28	18,3±0,0001
Categoria 3	4,78±0,001	0,913±0,0001	41,83±1,08	3,37±0,03	18,75±0,023
P-valor	<0,0001	0,43	<0,0001	0,0866	<0,0001

Médias seguidas por letras distintas (nas colunas) diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$).

Na avaliação de composição química somente houve impacto da miopatia nos valores de lipídeos (Tabela 7), que aumentaram com a presença da MPP. Há pouca informação disponível sobre as lesões histológicas associadas à MPP, ainda assim, há relatos de que as anormalidades do tecido em miopatias diversas podem influenciar as propriedades químicas da carne, como na ocorrência de fibrose e subsequente substituição por tecido adiposo (Kuttappan et al., 2013; Salles et al., 2019; Praud et al., 2020), o que pode explicar o aumento de lipídeos no grupo acometido pela MPP.

Tabela 7. Valores de Proteína (%), Lipídeos (%), Umidade (%) e Matéria Mineral (%) em hambúrgueres produzidos a partir das carnes provenientes dos músculos peitorais maiores de frangos de corte acometidas pela miopatia peitoral profunda.

Parâmetros químicos do hambúrguer				
Grau da miopatia	Proteína (%)	Lipídeos (%)	Umidade (%)	Matéria Mineral (%)
MPP ausente	7,75±1,57	4,48±0,42 ^B	69,9±0,004	2,28±0,072
Categoria 3	8,69±1,89	5,32±0,32 ^A	69,88±0,04	2,37±0,066
P-valor	0,1093	0,0002	0,9612	0,2532

Médias seguidas por letras distintas (nas colunas) diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Todos os valores da coloração de linguiças frescas sofreram alterações nos tratamentos estudados. A luminosidade aumentou, o valor de a* tornou-se ligeiramente mais baixo e o valor de b* aumentou discretamente (Tabela 8).

Tabela 8. Valores de luminosidade (L*), intensidade de vermelho (a*) e intensidade de amarelo (b*) da superfície das linguiças frescas produzidas a partir das carnes provenientes dos músculos peitorais maiores de frangos de corte acometidas pela miopatia peitoral profunda.

Coloração da linguiça frescal			
Grau da miopatia	L	a*	b*
MPP ausente	74,77±0,86 ^B	4,92±0,09 ^A	31,24±0,31 ^B
Categoria 3	75,76±0,77 ^A	3,56±0,003 ^B	32,45±0,22 ^A
P-valor	0,0282	<0,0001	0,0002

Médias seguidas por letras distintas (nas colunas) diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Dentre os valores de pH, Aw, PPC e FC, somente houve aumento do pH e da Aw (p<0,05) (Tabela 9). É importante frisar que não houve interação nos valores de força de cisalhamento, o que é relevante para o argumento de que as linguiças frescas não irão sofrer grandes alterações das características qualitativas, neste caso, no que concerne especificamente e maciez, fato esse muito importante para a indústria processadora de alimentos, sendo a maciez um aspecto qualitativo tecnológico extremamente importante para a aceitação do consumidor.

Tabela 9. Valores de pH, Aw, PPC (%) e FC (kg/mm) em linguiças frescas produzidas a partir das carnes provenientes dos músculos peitorais maiores de frangos de corte acometidas pela miopatia peitoral profunda.

Parâmetros físicos da linguiça frescal				
Grau da miopatia	pH	Aw	PPC (%)	FC (kg/mm)
MPP ausente	4,81±0,0009 ^B	0,73±0,001 ^B	37,96±1,71	2,9±0,07
Categoria 3	4,85±0,0001 ^A	0,75±0,0001 ^A	39,19±0,72	2,88±0,002
P-valor	0,0074	<0,0001	0,0919	0,905

Médias seguidas por letras distintas (nas colunas) diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Na composição química, somente houve aumento proteico nas linguiças frescas com MPP (p<0,05), o restante dos parâmetros permaneceu sem alterações estatísticas (p>0,05) (Tabela 10). As profundas mudanças na arquitetura muscular e no metabolismo induzidas pelas práticas de seleção genética realizadas para desenvolver animais de crescimento rápido e de alto rendimento são atualmente consideradas entre os principais fatores predisponentes responsáveis pelo aparecimento de distúrbios musculares, incluindo miopatias diversas em frangos de corte (Alnahhas et al., 2016; Chen et al., 2019). O crescimento hipertrófico do músculo peitoral maior induzido pela seleção genética está associado a uma vascularização reduzida do tecido que o predispõe para o desenvolvimento de condições hipóxicas. Uma vez estabelecida, a hipóxia desencadeia uma seqüência de eventos resultando na ativação de mecanismos de resposta (modificações no metabolismo energético, inflamação, degeneração e regeneração) que estão todos estritamente relacionados com a progressão das miopatias (Soglia et al., 2021). Dessa forma, o aumento de proteína com a ocorrência severa da miopatia pode ser explicada como um mecanismo compensatório em que a atrofia causada pela MPP desencadeia um aumento do diâmetro das fibras musculares remanescentes.

Tabela 10. Valores de Proteína (%), Lipídeos (%), Umidade (%) e Matéria Mineral (%) em linguiças frescas produzidas a partir das carnes provenientes dos músculos peitorais maiores de frangos de corte acometidas pela miopatia peitoral profunda.

Parâmetros químicos da linguiça frescal				
Grau da miopatia	Proteína (%)	Lipídeos (%)	Umidade (%)	Matéria Mineral (%)
MPP ausente	5,34±1,21 ^B	10,66±1,06	64,94±1,30	2,53±0,06
Categoria 3	6,93±1,33 ^A	10,78±2,79	65,33±0,52	2,58±0,005
P-valor	0,0047	0,7137	0,9083	0,5236

Médias seguidas por letras distintas (nas colunas) diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

A oxidação lipídica somente teve alteração nas amostras *in natura* (p<0,05), sendo que os valores encontrados nos hambúrgueres e linguiças não diferiram entre os tratamentos. Pode-se inferir que o processamento da carne com MPP anulou o efeito da degradação de gorduras (Tabela 11), e o antioxidante utilizado foi eficiente para o que se propôs. É interessante verificar em estudos posteriores se esse parâmetro irá influenciar em testes sensoriais, em que a rancidez pode ou não ser detectada pelos provadores.

Tabela 11. Valores de TBARS (oxidação lipídica) em amostras *in natura*, hambúrgueres e linguiças frescas produzidas a partir das carnes provenientes dos músculos peitorais maiores de frangos de corte acometidas pela miopatia peitoral profunda.

Grau da miopatia	Valores de TBARS		
	<i>In natura</i>	Hambúrguer	Linguiça
MPP ausente	0,65±0,005 ^B	0,753±0,003	0,88±0,01
Categoria 3	0,79±0,004 ^A	0,762±0,002	0,8±0,01
P-valor	0,0017	0,7535	0,3564

Médias seguidas por letras distintas (nas colunas) diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Amostras *in natura* submetidas a análise microbiológica (Tabela 12) apresentaram todos os valores dentro dos padrões aceitáveis para os parâmetros estabelecidos nesse estudo.

Tabela 12. Análise microbiológica das carnes do peito *in natura* provenientes da carne de frangos de corte com miopatia peitoral profunda.

Peito <i>in natura</i>	Coliformes totais (NMP/g)	Coliformes termotolerantes (NMP/g)	Psicrotróficos (UFC/g)	<i>Staphylococcus aureus</i> coagulase positiva (UFC/g)	<i>Salmonella</i> ssp. (25g)
1 Controle	$3,6 \times 10^0$	$< 3,0 \times 10^0$	$< 1 \times 10^2$	$< 1 \times 10^2$	Ausência
2 Controle	$3,6 \times 10^0$	$< 3,0 \times 10^0$	$< 1 \times 10^2$	$< 1 \times 10^2$	Ausência
3 Controle	$3,6 \times 10^0$	$< 3,0 \times 10^0$	$< 1 \times 10^2$	$< 1 \times 10^2$	Ausência
4 MPP1	$3,6 \times 10^0$	$< 3,0 \times 10^0$	$< 1 \times 10^2$	$< 1 \times 10^2$	Ausência
5 MPP2	$3,6 \times 10^0$	$< 3,0 \times 10^0$	$< 1 \times 10^2$	$< 1 \times 10^2$	Ausência
6 MPP3	$2,3 \times 10^1$	$< 3,0 \times 10^0$	$< 1 \times 10^2$	$< 1 \times 10^2$	Ausência

Legenda: MPP – Miopatia peitoral profunda; NMP – Número mais provável; UFC – Unidade formadora de colônias.

Os parâmetros do hambúrguer permaneceram inalterados em relação a carne que o originou. Sendo assim, o derivado proposto é viável do ponto de vista microbiológico, desde que sejam adotadas e seguidas rigorosamente as boas práticas de fabricação na indústria.

Tabela 13. Análise microbiológica dos hambúrgueres provenientes da carne de frangos de corte com miopatia peitoral profunda.

Hambúrguer	Coliformes totais (NMP/g)	Coliformes termotolerantes (NMP/g)	Psicrotróficos (UFC/g)	<i>Staphylococcus aureus</i> coagulase positiva (UFC/g)	<i>Salmonella</i> ssp. (25g)
1 Controle	$1,5 \times 10^1$	$< 3,0 \times 10^0$	$< 1 \times 10^2$	$< 1 \times 10^2$	Ausência
2 Controle	$3,6 \times 10^0$	$< 3,0 \times 10^0$	$< 1 \times 10^2$	$< 1 \times 10^2$	Ausência
3 Controle	$3,6 \times 10^0$	$< 3,0 \times 10^0$	$< 1 \times 10^2$	$< 1 \times 10^2$	Ausência
4 MPP1	$3,6 \times 10^0$	$< 3,0 \times 10^0$	$< 1 \times 10^2$	$< 1 \times 10^2$	Ausência
5 MPP2	$3,6 \times 10^0$	$< 3,0 \times 10^0$	$< 1 \times 10^2$	$< 1 \times 10^2$	Ausência
6 MPP3	$9,2 \times 10^0$	$< 3,0 \times 10^0$	$< 1 \times 10^2$	$< 1 \times 10^2$	Ausência

Legenda: MPP – Miopatia peitoral profunda; NMP – Número mais provável; UFC – Unidade formadora de colônias.

Assim como os hambúrgueres, as linguiças tiveram os padrões mantidos dentro da viabilidade para consumo, o que reforça a segurança do alimento na produção de ambos os derivados.

Tabela 14. Análise microbiológica das linguiças frescas provenientes das carnes de frangos de corte com miopatia peitoral profunda.

Linguiça	Coliformes totais (NMP/g)	Coliformes termotolerantes (NMP/g)	Psicrotróficos (UFC/g)	<i>Staphylococcus aureus</i> coagulase positiva (UFC/g)	<i>Salmonella</i> ssp. (25g)
1 Controle	$2,4 \times 10^2$	$< 3,0 \times 10^0$	$< 1 \times 10^2$	$< 1 \times 10^2$	Ausência
2 Controle	$4,3 \times 10^1$	$3,6 \times 10^0$	$< 1 \times 10^2$	$< 1 \times 10^2$	Ausência
3 Controle	$4,3 \times 10^1$	$< 3,0 \times 10^0$	$< 1 \times 10^2$	$< 1 \times 10^2$	Ausência
4 MPP1	$1,1 \times 10^3$	$3,6 \times 10^0$	$< 1 \times 10^2$	$< 1 \times 10^2$	Ausência
5 MPP2	$4,6 \times 10^2$	$< 3,0 \times 10^0$	$< 1 \times 10^2$	$< 1 \times 10^2$	Ausência
6 MPP3	$2,4 \times 10^2$	$< 3,0 \times 10^0$	$< 1 \times 10^2$	$< 1 \times 10^2$	Ausência

Legenda: MPP – Miopatia peitoral profunda; NMP – Número mais provável; UFC – Unidade formadora de colônias.

5. CONCLUSÕES

Frequentemente as análises que compõem parâmetros de qualidade são realizadas em carnes em que desordens musculares podem estar comprometendo alguma característica. Assim, as análises realizadas nesse estudo buscaram fornecer, com rigor científico, dados sobre a qualidade de produtos cárneos acometidos por MPP. E, assim, as informações obtidas permitiram concluir que os produtos sugeridos (hambúrguer e linguiça frescal provenientes de carne com MPP) são alternativas viáveis e que podem conferir aos produtos que chegarão ao consumidor características qualitativas mais favoráveis do que a carne *in natura* comercializada, levando em consideração uma análise panorâmica de seus aspectos químicos, físicos e microbiológicos que, também, são majoritariamente semelhantes ao grupo controle hambúrguer e linguiça frescal provenientes de carne sem MPP).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. Relatório Anual 2021. Disponível em: <http://abpa-br.org/wp-content/uploads/2021/04/ABPA_Relatorio_Anual_2021_web.pdf>. Acesso em: 25 de fevereiro de 2021.

Alnahhas N, Berri C, Chabault M, Chartrin P, Boulay M, Bourin MC, Le Bihan-Duval E (2016) Genetic parameters of white striping in relation to body weight, carcass composition, and meat quality traits in two broiler lines divergently selected for the ultimate pH of the pectoralis major muscle. **BMC Genetics** 17:61

AOAC (2011) Official methods of analysis. (18th edn.) (**Association of Analytical Chemists: Washington, DC**).

Arisseto AP (2003) **Avaliação da qualidade global do hambúrguer tipo calabresa com reduzidos teores de nitrito**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, Campinas, 145 p.

Azevedo PRA (2004) O valor nutricional da carne. **Revista Nacional da Carne** 327:18-34.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2019) Instrução normativa nº 60, de 23 de dezembro de 2019. Estabelece as listas de padrões microbiológicos para alimentos. **Secretaria de Defesa Agropecuária**, Brasil, p. 133.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento (2019) Ofício-Circular nº 17, de 13 de dezembro de 2019. Definição e classificação de miopatias para fins de aplicação do artigo 175 do Decreto 9.013, de 29/03/2017. **Secretaria de Defesa Agropecuária**, Brasil, 1-3.

Brasil. Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento (2020) Decreto nº 10.468, de 18 de agosto 2020. Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA). **Diário Oficial da União**, Brasília.

Bilgili SF, Hess J (2008) Miopatia peitoral profunda. Informativo traduzido do original Ross Tech 08/48. **Aviagen Brasil: Tecnologia**, Campinas, v.1, n. 3.

Bouton PE, Harris PV (1972) A comparison of some objective methods used to assess meat tenderness. **Journal of Food Science** 37:218–221.

Cavalcanti ENF, Giampietro-Ganeco A, Mello JLM, Fidelis HA, Oliveira RF, Pereira MR, Villegas-Cayllahua EA, Souza RA, Souza PA, Borba H (2021) Breast meat quality of turkey breeder hens at disposal age affected by deep pectoral myopathy. **Poultry Science** 100:101259.

Carvalho VN, Couto NA, Vitiello IP, Severgnini C, Pohl HH (2020) Consumo de alimentos processados/ultraprocessados e *in natura* por adultos e sua relação com o estado nutricional. **Revista Brasileira de Obesidade, Nutrição e Emagrecimento** 14:66-72.

Cecchi, HM (1999) **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. Campinas: Editora da Unicamp. p. 212.

Chen LR, Suyemoto MM, Sarsour AH, Cordova HA, Oviedo-Rondón EO, Wineland M, Barnes HJ, Borst LB (2019) Temporal characterization of wooden breast myopathy (“woody breast”) severity and correlation with growth rate and lymphocytic phlebitis in three commercial broiler strains and a random-bred broiler strain. **Avian Pathology** 48:319-328

Cobos A, De La Hoz L, Cambero ML, Ordóñez JA (1994) Revisión: Influencia de La dieta animal em los ácidos grasos de los lípidos de la carne. **Revista Española de Ciência y Tecnología de Alimentos** 34:35-51.

Conceição FVE, Gonçalves ECBA (2009) Qualidade físico-química de mortadelas e carnes moídas e conhecimento dos consumidores na conservação destes produtos. **Ciência e Tecnologia dos Alimentos** 29:283-290.

Costa RG, Cartaxo FQ, Santos NM, Queiroga RDCRDE (2008) Carne caprina e ovina: composição lipídica e características sensoriais. **Revista Brasileira Saúde e Produção Animal** 9: 497-506.

Culioli J (1995) **Meat tenderness: Mechanical assessment**. In: Expression of Tissue Proteinases and Regulation of Protein Degradation as Related to Meat Quality. ECCEAMST, Utrecht, The Netherlands p. 239–263.

Delazari I (1977) Microbiologia de carnes. **Boletim do Instituto de tecnologia de Alimentos**52:25-60.

Destefanis G, Brugiapaglia A, Barge MT, Dal Molin E (2008). Relationship between beef consumer tenderness perception and Warner-Bratzler shear force. **Meat Science** 78:153-156.

Dickinson EM, Stevens JO, Helfer DH (1968) A degenerative myopathy in turkeys. Proceedings 17th. **Western Poultry Disease Conference** 7.

Dransfield E, Sosnicki AA (1999) Relationship between muscle growth and poultry meat quality. **Poultry Science** 78:743–746.

Duarte TF (2003) **Qualidade nutricional e sensorial da carne de caprinos SRD e mestiços de Boer terminados em confinamento**. 2003. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 104 p.

Espíndola CJ (2012) Trajetórias do progresso técnico na cadeia produtiva de carne de frango do Brasil. **Revista Geosul** 27:89-113.

Franco BDG, Landgraff M (2008) **Microbiologia dos alimentos**. São Paulo: Atheneu p. 218.

Giampietro-Ganeco A, Owens CM, Borba H, Mello JLM, Souza RA, Ferrari FB, Cavalcanti EN, Oliveira RF, Carvalho LT, Sun X, Trindade MA (2021) Impact of deep pectoral myopathy on chemical composition and quality parameters of chicken breast fillet. **Poultry Science** 100:101377.

Harper JA, Bernier PE, Thompson-Cowley LL (1983) Early expression of hereditary deep pectoral myopathy in turkeys due to forced wing exercise. **Poultry Science** 62:2303-2308.

Harper JA, Helfer DH, Dickinson EM (1971) Hereditary myopathy in turkeys. Proceedings of the 20th. **Western Disease Conference** 76.

Honikel KO (1987) The water binding of meat. **Fleischwirtsch** 67:1098-1102.

Hood DE, Riordan EB (1973) Discolouration in pre-packaged beef: Measurement by reflectance spectrophotometry and shopper discrimination. **International Journal of Food Science & Technology** 8:333–343.

Hoving-Bolink AH, Kranen RW, Klont RE, Geritsen CLM, De Greef KH (2000) Fibre area and capillary supply in broiler breast muscle in relation to productivity and ascites. **Meat Science** 6:397–402.

Hutchings, JB (2003). **Expectantions and the food industry. The impact of color and appearance**. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers.

Jay J (2005) **Microbiologia de Alimentos**. 6^aEd. São Paulo: Artmed. p.712.

Joiner KS (2014) Evaluation of Capillary and Myofiber Density in the Pectoralis Major Muscles of Rapidly Growing, High-Yield Broiler Chickens During Increased Heat Stress. **Avian Diseases** 3:377-382.

Khaled AY, Parrish CA, Adedeji A (2021) Emerging nondestructive approaches for meat quality and safety evaluation - A review. **Comprehensive Reviews In Food Science And Food Safety** 20:3438–3463.

Kijowski J, Konstanczak M (2009) Deep pectoral myopathy in broiler chickens. **Bulletin of The Veterinary Institute in Pulawy** 53:487-491.

Kijowski J, KUPIŃSKA E (2013) The evaluation of selected quality parameters of broiler chicken muscles with Deep Pectoral Myopathy (DPM) symptoms. **Journal European Poultry Science - Archiv fur Geflügelk** 77:102–108.

Kijowski J, KUPIŃSKA E, Stangierski J, Tomaszewska-Gras J, Szablewski T (2014) Paradigm of deep pectoral myopathy in broiler chickens. **World's Poultry Science Journal** 70:125-138.

Kuttappan VA, Shivaprasad HL, Shaw DP, Valentine BA, Hargis BM, Clark FD, McKee SR, Owens CM, V.A. (2013) Pathological changes associated with white striping in broiler breast muscles. **Poultry Science** 92:331-338

Lampinen MJ, Noponen T (2005) Electric dipole theory and thermodynamics of actomyosin molecular motor in muscle contraction. **Journal of Theoretical Biology** 236:397–421.

Lien RJ, Bilgili SF, Hess JB, Joiner KS (2012) Induction of deep muscle myopathy in broiler chickens via encouraged wing flapping. **Journal of Applied Poultry Science** 21:556-562.

Lyon CE, Lyon BG, Dickens JA (1998) Effects of carcass stimulation, deboning time, and marination on color and texture of broiler breast meat. **Journal of Applied Poultry Research** 7:53- 60.

Mancini RA, Hunt MC (2005) Current research in meat color. **Meat Science** 71:100-121.

Marques GD, Maia HAO, Horta PMV (2019) Hambúrguer: o fast food inspirando a gastronomia brasileira. **Revista de gastronomia** 2:1-14

Martindale L, Siller WG, Wight PAL (1979) Effects of subfascial pressure in experimental deep pectoral myopathy of the fowl: An angiographic study. **Avian Pathology** 8:425-436.

Mendes AA, Moreira J, Garcia RG (2003) Qualidade da Carne de Peito de Frango de Corte. **Revista Nacional da Carne** 17:138-144.

Oliveira RF (2019) **Qualidade da carne de peito de frangos de corte in natura e processada acometidas por peito de madeira**. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 120 p.

Pardi MC (1996). **Ciência, higiene e tecnologia da carne**. 2. ed. Goiânia: Editora Universidade Federal de Goiânia p. 11.

Pardi MC, Santos FJ, Souza RE, Pardi SH (2001) **Ciência, Higiene e Tecnologia da Carne**. 2. ed. Goiânia: Editora Universidade Federal de Goiânia p. 455.

Pastuszczak M, Uradziński J, Rotkiewicz T (2002) Histopathological changes in green muscle disease of turkeys. **Polish Journal of Veterinary Science** 5: 63-70.

Page RK, Fletcher OJ (1975) Myopathy of the deep pectoral muscle in broiler breeder hens. **Avian Diseases** 19:814-821.

Pearson AM (1963) **Objective and subjective measurements for meat tenderness**. Proc. Meat Tenderness Symp., Campbell Soup Co p135–160.

Peng Y, Dhakal S (2015) Optical methods and techniques for meat quality inspection. **Transactions of the ASABE** 58:1371–1386.

Petracci M, Cavani C (2012) Muscle Growth and Poultry Meat Quality Issues. **Nutrients** 4:1-12.

Praud C, Jimenez J, Pampouille E, Couroussé N, Godet E, Le Bihan-Duval E, Berri C (2020) Molecular Phenotyping of White Striping and Wooden Breast Myopathies in Chicken. **Frontiers in Physiology** 11:1-16

Puolanne E, Halonen M (2010) Theoretical aspects of water-holding in meat. **Meat Science** 86:151–165.

Qiao M, Fletcher DL, Smith DP, Northcutt JK (2001) The effect of broiler breast meat color on pH, water-holding capacity, and emulsification capacity. **Poultry Science** 80:676-680.

Ramanathan R, Hunt MC, Mancini RA, Nair MN, Denzer ML, Suman SP, Mafi GG (2020) Recent Updates in Meat Color Research: Integrating Traditional and High-Throughput Approaches. **Meat and Muscle Biology** 7:1–24.

Ramos EM, Gomide LAM (2012) **Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias**. Viçosa: Editora UFV, 1-599.

Ramos EM, Gomide LAM (2017) **Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias**. Viçosa: Editora UFV, 2:1-471.

Renerre M, Mazuel JP (1985) Relationships between instrumental and sensory measurement methods of meat color. **Sciences des Aliments** 5:541–557.

Richardson JA, Burgener J, Winterfield RW, Dhillon AS (1980) Deep Pectoral myopathy in seven-week-old broiler chickens. **Avian Diseases** 24:1054–1059.

Roça OR (2006) Composição Química da Carne. Disponível em: <http://www.dag.uem.br/prof/ptmpintro/material/3b/carne/compquimica.pdf>. Acesso em: 25 de fevereiro de 2022.

Romanelli PF, Caseril R, Filho JFL (2002) Processamento da carne do jacaré do Pantanal (*Caiman crocodilus yacare*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos** p. 22.

Roque-Specht VF (2009) Avaliação da capacidade de retenção de água em peitos de frango em função do pH final. **Revista Brasileira Agrociência** 15:77-81.

Salles GBC, Boiago MM, Silva AD, Morsch VM, Gris A, Mendes RE, Baldissera MD, Silva AS (2019) Lipid peroxidation and protein oxidation in broiler breast fillets with white striping myopathy. **Journal of Food Biochemistry** 43:1-7

Salueña BH, Gamasa CS, Rubial JMD, Odriozola CA (2019) CIELAB color paths during meat shelf life. **Meat Science** 157:107889.

Sams AR (2001) Introduction to Poultry Meat Processing. **Poultry Meat Processing**. Boca Raton, FL: CRC Press, p. 1-3.

Sarcinelli MF, Venturini KS, Silva LC (2007) Processamento da carne de frango. **Boletim Técnico - PIE-UFES**. 7p.

SAS Institute (2002) **User's guide: Statistics**. Release 9.1. SAS Institute Inc, Cary, NC.

Sen AR, Muthukumar M, Naveena BM, Ramanna DBV (2012) Effects on colour characteristics of buffalo meat during blooming, retail display and using vitamin C during refrigerated storage. **Journal of Food Science and Technology** 51:3515–3519.

Serrano PP (2002) **Desempenho, parâmetros sanguíneos, perfil graxo e conteúdo de colesterol na carcaça de frangos de corte alimentados com diferentes fontes de ácidos graxos**. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 64 p.

Shimokomaki M, Olivo R, Terra NN, Franco BDGM (2006). **Atualidade em Ciência e Tecnologia de Carnes**. São Paulo: Varela p. 161.

Siller WG, Wight PAL (1978) The pathology of deep pectoral myopathy of Turkeys. **Avian Pathology** 7:583-617.

Smith GC, Belk KE, Sofos JN, Tatum JD, Williams SN (2000) **Economic implications of improved color stability in beef.** Antioxidants in Muscle Foods: Nutritional Strategies to Improve Quality p. 397–426.

Soglia F, Petracci M, Davoli R, Zappaterra M (2021) A critical review of the mechanisms involved in the occurrence of growth-related abnormalities affecting broiler chicken breast muscles. **Poultry Science** 100: 101180

Souza HBA (2005) Parâmetros físicos e sensoriais utilizados para avaliação de qualidade da carne de frango. In: V Seminário Internacional de Aves e Suínos – AveSui. Florianópolis – SC.

Szczesniak AS, Torgeson KW (1965) Methods of meat texture measurement viewed from the background of factors affecting tenderness. **Advances in Food Research.** 14:33–165.

Torre JCMD, Rodrigues RSM (2007) **Carnes e produtos cárneos.** Vigilância sanitária: Tópicos sobre legislação e análise de alimentos, 203p.

Trindade MA, Gressoni-Júnior I (2010) **Bioquímica da carne: Bases científicas e implicações tecnológicas.** Bioquímica de Alimentos: Teoria e aplicações práticas 242p.

Van den Oord AHA, Wesdorp JJ (1971) Colour rating and pigment composition of beef: Relation between colour measurement by reflectance spectrophotometry, subjective colour evaluation, and the relative concentration of oxymyoglobin and ferric myoglobin in chilled retail- packed beef. **International Journal of Food Science & Technology** 6:15–20.

Venturini KS, Sarcinelli MF, Silva LC (2007) Processamento da carne bovina. **Boletim Técnico - PIE-UFES.** 8p.

Vieira ETT (2007) Influência do processo de congelamento na qualidade do peito de frango. **Dissertação (Mestrado em Engenharia dos Alimentos)** - Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, 119p.

Vyncke W (1970) Direct determination of the thiobarbituric acid value in trichloroacetic acid extracts of fish as a measure of oxidative rancidity. **Fette, Seifen, Anstrichmittel** 72:1084–1087.

Warris PD, Brown SN (2000) Bem-estar de suínos e qualidade da carne: uma visão britânica. In: Conferencia Virtual Internacional sobre Qualidade de Carne Suína, 1., 2000. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, p. 17-20.

Welti-Chanes J, Vergara BF (1997) Actividad de agua. Concepto y aplicación en alimentos con alto contenido de humedad. In: Temas em tecnologia de alimentos, **Anais...** México, p.11-43.

Wheeler TL, Shackelford SD, Johnson LP, Miller MF, Miller RK, Koohmaraie M (1997) A Comparison of Warner-Bratzler Shear Force Assessment Within and Among Institutions. **Journal of Animal Science** 75:2423–2432.

Wight PAL, Siller WG, Martindale L, Filshie JH (1979) The induction by muscle stimulation of deep pectoral myopathy in the fowl. **Avian Pathology** 8:115-121.

Wyrwicz J, Póltorak A, Poławska E, Pierzchała M, Jóźwik A, Zalewska M, Zaremba R, Wierzbicka A (2012) The impact of heat treatment methods on the physical properties and cooking yield of selected muscles from Limousine breed cattle. **Animal Science Papers and Reports** 30:339-351.

Xiong YL, Cantor AH, Pescatore AJ, Blanchard SP, Straw ML (1993) Variations in muscle chemical composition, pH and protein extractability among eight different broiler crosses. **Poultry Science** 72:8-583.

Xiong Z, Xie A, Sun DW, Zeng XA, Liu D (2015) Applications of hyperspectral imaging in chicken meat safety and quality detection and evaluation: A review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition** 55:1287–1301.

Yalcin S, Ozkan S, Acar MC, Meral O (2018) The occurrence of deep pectoral myopathy in broilers and associated changes in breast meat quality. **British Poultry Science** 59:55-62

Zahoor I, Mitchell MA, Hall S, Beard PM, Gous RM, De Koning DJ, Hocking PM (2016) Predicted optimum ambient temperatures for broiler chickens to dissipate metabolic heat do not affect performance or improve breast muscle quality. **British Poultry Science** 57:134-141.