



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

ANA CLARA LONGHI PAVANELLO

AVALIAÇÃO DAS MIOPATIAS EMERGENTES NA CARNE DE FRANGO:
CARACTERIZAÇÃO DA MIOPATIA DORSAL CRANIAL E APLICAÇÃO
DA MIOPATIA WHITE STRIPING EM PRODUTO CÁRNEO

Londrina
2023

ANA CLARA LONGHI PAVANELLO

**AVALIAÇÃO DAS MIOPATIAS EMERGENTES NA CARNE
DE FRANGO: CARACTERIZAÇÃO DA MIOPATIA DORSAL
CRANIAL E APLICAÇÃO DA MIOPATIA WHITE STRIPING
EM PRODUTO CÁRNEO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em
Ciência de Alimentos da Universidade Estadual de
Londrina - UEL, como requisito para a obtenção do
título de Doutor.

Orientadora: Profa. Dra. Adriana Lourenço Soares

Londrina
2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

P337a Pavanello, Ana Clara Longhi .
AVALIAÇÃO DAS MIOPATIAS EMERGENTES NA CARNE DE FRANGO:
CARACTERIZAÇÃO DA MIOPATIA DORSAL CRANIAL E APLICAÇÃO DA
MIOPATIA WHITE STRIPING EM PRODUTO CÁRNEO / Ana Clara Longhi
Pavanello. - Londrina, 2023.
100 f. : il.

Orientador: Adriana Lourenço Soares.
Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) - Universidade Estadual de
Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Ciência
de Alimentos, 2023.
Inclui bibliografia.

1. Miopatia - Tese. 2. Carne de frango - Tese. 3. Qualidade de carne - Tese. 4.
Hambúrguer - Tese. I. Soares, Adriana Lourenço . II. Universidade Estadual de
Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Ciência
de Alimentos. III. Título.

CDU 641.1

ANA CLARA LONGHI PAVANELLO

**AVALIAÇÃO DAS MIOPATIAS EMERGENTES NA CARNE DE FRANGO:
CARACTERIZAÇÃO DA MIOPATIA DORSAL CRANIAL E APLICAÇÃO DA
MIOPATIA WHITE STRIPING EM PRODUTO CÁRNEO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos da Universidade Estadual de Londrina - UEL, como requisito para a obtenção do título de Doutor.

BANCA EXAMINADORA

Orientadora: Profa. Dra. Adriana Lourenço Soares
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Alexandre Oba
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Prof. Dr. Rafael Carvalho
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Profa. Dra. Andressa Carla Feihmann
Universidade Estadual de Maringá - UEM

Dra. Talita Kato
Universidade Tecnológica Federal do Paraná -
UTFPR

Londrina, 22 de setembro de 2023.

AGRADECIMENTOS

Meu agradecimento inicial é a Deus, já que Ele me permitiu chegar até aqui e colocou pessoas tão especiais ao meu lado, sem as quais eu não teria conseguido.

À Prof^a. Dr^a. Adriana Lourenço Soares, minha orientadora, que me acompanhou ao longo desses anos, sou imensamente grata por sua paciência e incentivo constante.

À Lar Cooperativa pela doação das amostras de dorso de frango.

À Copacol pela doação das amostras de filé de frango.

À professora Giovana Wingeter Di Santis e a doutoranda Thalita Evani Silva Oliveira por todo auxílio na avaliação histopatológica das amostras.

À Iolanda Cereza Zago pelo auxílio com a doação da amostra de colágeno hidrolisado.

À professora Tatiana Colombo Pimentel por todo auxílio com o desenvolvimento, aplicação e discussão da análise sensorial.

Aos membros da banca examinadora por dedicarem seu tempo e conhecimento na avaliação deste trabalho.

As minhas “irmãs de alma” Claudimara Portela, Rebeca Priscila Flora Catarino e Jaquellyne Bittencourt obrigada por estarem ao meu lado, compartilhando os altos e baixos, e por serem uma fonte constante de inspiração e apoio.

À Fernanda Jéssica Mendonça minha profunda gratidão. Sua amizade, apoio e conhecimento tornaram essa “jornada” mais leve.

As estagiárias do grupo de carnes Rebeca Katagiri e Ariane Cordeiro, e a doutoranda Bárbara Geremia Vicenzi por todo auxílio e companheirismo.

As amigas que a UEL me proporcionou Bruna Yumi Yoshida, Julyene Francisco Mattos e Fernanda Henrique Bana.

Aos amigos Vinícius Mascareli e Viviane Lopes L. Costa que me acolheram, e ajudaram em diversas etapas, sempre com um bom abraço e um cafezinho para acompanhar.

Aos amigos Bruno Matheus Simões, José Renato, Carolina Saori, Victória Akemi, Raísa Dardaue, Fabíola Carvalho, Caroline Cagnin e Dany Moraes, por todo incentivo,

troca de ideias e momentos de descontração.

Aos amigos de longa data Jaqueline Assunção, Gabriel Martins, Nelson Carrozzo e Tainá Carvalho que apesar da distância sempre acreditaram e torceram por mim.

À minha família, Ana Amélia, Ana Flávia e Luís Fernando seu amor incondicional me deram força necessária para enfrentar os desafios da jornada acadêmica.

Ao meu parceiro de vida Ricardo Trevisani que esteve presente em todos os momentos, acreditando, incentivando e celebrando cada pequeno passo. Você foi essencial para que eu chegasse até aqui.

À todos os professores, funcionários da UEL, colegas de turma e demais pessoas que, de alguma forma, contribuíram para o meu crescimento acadêmico e pessoal.

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

PAVANELLO, Ana Clara Longhi. **Avaliação das miopatias emergentes na carne de frango: caracterização da miopatia dorsal cranial e aplicação da miopatia white striping em produto cárneo**. 2023.100 f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2023.

RESUMO

O melhoramento genético de aves com maior ganho de peso em menor tempo tem sido associado ao surgimento de miopatias como white striping (WS), e em menor escala a dorsal cranial (MDC), que não possuem etiologia totalmente esclarecida, mas são responsáveis por perdas econômicas devido à condenação das carcaças e baixa aceitação pelo consumidor. O WS é visualmente caracterizado pela presença de estrias brancas paralelas à direção das fibras musculares na superfície músculo *Pectoralis major*. Enquanto a carne com MDC apresenta amarelamento e inchaço da pele que recobre o músculo anterior *latissimus dorsi*. Após a retirada da pele é possível observar edema subcutâneo, hemorragia muscular superficial, palidez, aderência, aumento da espessura e consistência. A investigação sobre estas anomalias torna-se importante, tendo em vista os prejuízos causados à indústria avícola. O objetivo desta pesquisa foi investigar e caracterizar quanto aos parâmetros físico-químicos e histopatológicos da carne com MDC e normal, além de elaborar hambúrgueres com filés normais (FN) e WS com substituição de 0%, 50% e 75% de gordura animal por colágeno hidrolisado (CH). As amostras foram coletadas em frigorífico comercial e classificadas, por especialista treinado através de avaliação visual, em com miopatia (MDC – dorsos com coloração amarelada entre as asas, edema subcutâneo e líquido gelatinoso amarelo-citrino na região afetada; WS – filés com presença de estrias brancas paralelas às fibras musculares) e normal (ausência de anormalidades). Os dorsos foram avaliados quanto à cor, pH, composição química, teor de colágeno, perfil de ácidos graxos e parâmetros histopatológicos. Enquanto os hambúrgueres (FN0, FN50, FN75 e FWS0, FWS50 e FWS75) foram analisados quanto a composição química, cor, pH, capacidade de retenção de água, rendimento, encolhimento atividade de água, perfil de textura, oxidação lipídica, e submetidos a avaliação sensorial, por meio do teste de aceitação e utilizando a metodologia check-all-that-apply (CATA). Os músculos afetados pela MDC apresentaram miofibras fragmentadas com fibroplasia, necrose e fibrose excessivas, resultando em carne com cor mais vermelha e amarelada. As amostras também obtiveram maior teor de umidade, cinzas e colágeno e menor conteúdo de proteínas. Maiores porcentagens de ácidos araquidônico e eicosapentaenóico foram observadas nas amostras com MDC, indicando resposta inflamatória. Em relação aos hambúrgueres a FWS0 teve o pH mais alto ao longo do armazenamento, e a adição de CH reduziu o pH nas formulações. Amostras com CH obtiveram menor teor de umidade e lipídios e maior conteúdo de proteínas e colágeno. A FWS0 apresentou melhor rendimento, menor encolhimento e maior retenção de água. A dureza e mastigabilidade também foram maiores nas amostras adicionadas com CH. As formulações com carne WS mostraram maior oxidação durante o armazenamento em comparação com as de carne normal, entretanto os níveis TBARS estiveram abaixo dos limites de percepção de rancidez. Quanto a análise sensorial, todas as amostras foram bem aceitas. Sendo assim, a MDC demonstrou ser um importante problema de qualidade na indústria avícola. E a produção de hambúrgueres com WS e substituição de gordura por 50% CH pode ser uma alternativa na redução dos prejuízos econômicos, visto que não prejudica a qualidade dos produtos.

Palavras-chave: Músculo *Anterior latissimus dorsi*; Histologia; Qualidade de carne; Colágeno; Hambúguer.

PAVANELLO, Ana Clara Longhi. **Assessment of emerging myopathies in chicken meat: characterization of dorsal cranial myopathy and application of white striping in meat products**. 2023. 100 pp. Thesis (Doctorate degree in Food Science) – State University of Londrina, Londrina, 2023.

ABSTRACT

The genetic improvement of broilers with higher weight gain in a shorter time is associated with the emergence of myopathies such as white striping (WS) and, on a smaller scale, dorsal cranial myopathy (DCM), which do not have a fully elucidated etiology but are responsible for economic losses due to carcass condemnation and low consumer acceptance. WS is characterized by white striations parallel to muscle fibers on the surface of the Pectoralis major muscle. While meat with DCM is characterized by yellowing and swelling of the skin covering the anterior latissimus dorsi muscle, and after skin removal, subcutaneous edema, superficial muscle hemorrhage, paleness, adhesion, increased thickness, and consistency. Research involving these anomalies becomes significant due to the damage caused to the poultry industry. The objective of this research was to investigate and characterize the physical-chemical and histopathological parameters of DCM and Normal meat, as well as to prepare hamburgers with WS fillets with the substitution of 0%, 50%, and 75% of animal fat with hydrolyzed collagen (CH). Samples were collected from a commercial slaughterhouse and classified by a trained specialist through visual evaluation as myopathy (MDC – exhibiting yellowish color between the wings, subcutaneous edema, and an odorless, gelatinous citrine-yellow fluid at the affected site; WS – fillets with the presence of white stripes parallel to muscle fibers) or as Normal (no abnormalities). ALD muscles were evaluated for color, pH, chemical composition, collagen content, fatty acid profile, and histopathological parameters. While the hamburgers (FN0, FN50, FN75, and FWS0, FWS50, and FWS75) were analyzed for chemical composition, color, pH, water-holding capacity, yield, shrinkage, water activity, texture profile, lipid oxidation, and subjected to sensory evaluation using acceptance testing and the check-all-that-apply methodology (CATA). Muscles affected by DCM showed fragmented myofiber with excessive fibroplasia, necrosis, and fibrosis, resulting in meat with a notably redder and more yellowish color. DCM samples had higher moisture, ash, and collagen contents and reduced protein concentration. Higher percentages of arachidonic and eicosapentaenoic acids were observed in the DCM samples, indicating an inflammatory response. Regarding the hamburgers, FWS0 had the highest pH throughout storage, and the use of CH reduced the pH in the formulations. Substituted samples had lower moisture and lipid content and higher protein and collagen content. FWS0 showed better yield, less shrinkage, and higher water retention. Hardness and chewiness were also higher for samples with fat substitution. Formulations with WS meat showed greater oxidation during storage compared to Normal meat hamburgers; however, TBARS levels remained below the threshold for perceiving rancidity. In terms of sensory analysis, all samples were well-accepted. Thus, DCM has been shown to be a significant quality issue in the poultry industry, and the production of hamburgers with WS and fat substitution with CH may be an alternative to reducing economic losses, as it does not compromise product quality.

Keywords: *Anterior latissimus dorsi* Muscle; Histology; Meat Quality; Collagen; Meat Products.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Representação esquemática de um músculo esquelético em corte transversal, mostrando a estrutura dos feixes musculares e fibras com suas respectivas camadas de tecido conjuntivo 17
- Figura 2** – Representação da estrutura do sarcômero em estado relaxado e contraído..... 18
- Figura 3** – Diagrama dos componentes do músculo e representação da estrutura da tripla hélice de colágeno 20
- Figura 4** – Escala de pontuação visual modificada para WS em filés de peito de frango, onde 0= normal, 1= moderado, 2= severo e 3= extremo. Normal – sem linhas brancas distintas, moderada – pequenas linhas brancas, geralmente com menos de 1 mm de espessura, mas aparentemente visíveis na superfície do filé, severa – grandes linhas brancas (1 – 2 mm de espessura) muito visíveis na superfície do filé e extrema – faixas brancas grossas (>2 mm espessura) cobrindo quase toda a superfície do filé..... 23
- Figura 5** – Fotografias de peitos de frango: (1) Normal; (2) Wooden breast 24
- Figura 6** – Carcaças de frango e músculos anterior latissimus dorsi (ALD). (a) Carcaça normal sem miopatia dorsal cranial (MDC); (b) músculo ALD normal sem MDC; (c) carcaça com MDC evidenciando aumento de volume e coloração amarela (círculos); (d) músculos ALD exibindo MDC com petéquias e hemorragias dispersas na superfície e maior consistência (setas)..... 26
- Figura 7** – Micrografias do músculo anterior *latissimus dorsi* (ALD) em frangos de corte. (a) músculo normal com presença de hipereosinofilia e infiltrado inflamatório principalmente mononuclear; (b) músculo com MDC apresentado perda do padrão poliédrico nas fibras e variação de tamanho em 42 d.; (c) áreas multifocais das fibrasmusculares na degeneração hialina (asterisco), necrose flocular (seta), e infiltração por células inflamatórias, principalmente heterofilos e macrófagos (ponta da seta; hematoxilina e eosina). (d) proliferação do tecido conjuntivo (fibrose) desorganizada, colorido em azul (ticômico de Masson). 27

Figuras artigo 1

Figure 1 – Anterior latissimus dorsi (ALD) muscles. (A) Normal ALD muscle. (B, C, D)

ALD muscles affected by (B) moderate, (C) severe, and (D) extreme dorsal cranial myopathy. 37

Figure 2 – Anterior latissimus dorsi (ALD) muscle of broilers. (A, B) Normal skeletal muscle. (A) Transversal section showing bundles of myofibers with a polygonal pattern (asterisk) surrounded by a delicate perimysium with moderate fatty tissue infiltration (arrow). Hematoxylin and eosin (HE), 10×. (B) Same sample shown in panel A. Note the distinction between connective tissue (blue) and muscle cells (red). Masson’s trichrome, 10×. (C, D, E, F) Muscles affected by dorsal cranial myopathy. (C) Transversal section showing a prevalence of degenerated myofibers (asterisk), with variable size, rounded shape, and increased cytoplasmic eosinophilia. Some cells exhibit discrete cytoplasmic fragmentation (arrow), whereas others are markedly fragmented, to the point of losing their normal morphology, and are surrounded by an infiltrate of inflammatory cells (outline arrows). Note the spaced-apart myofibers with endomysial and perimysial proliferation of loose connective tissue. HE, 20×. (D) Longitudinal section showing loss of large amounts of myofibers and marked fibroplasia between the remaining muscle cells, characterized by proliferation of loose, swollen connective tissue (asterisk) and neoformed vessels (arrow), with some highly collagenized fibrotic focuses (stained in blue, outline arrows). Masson’s trichrome, 4×. (E) Longitudinal section showing myofibers in regeneration, with reduced diameter and several central nuclei (outline arrow), overlying the necrotic myocyte, markedly fragmented, and infiltrated by inflammatory cells. HE, 40×. (F) Longitudinal section showing necrotic myofibers, fragmented (dashed circle), adjacent to perimysial connective tissue fibrosis (outline arrows). Masson’s trichrome, 20×..... 42

Figuras artigo 2

Figura 1. Análise de correspondência usando os dados do CATA para os hambúrgueres elaborados com filés normal (FN) e *White striping* (WS) com substituição na formulação da gordura 0, 50 e 75% por colágeno hidrolisado, configurando os tratamentos FN0, FN50, FN75 e FWS0, FWS50 e FWS75, os quais foram armazenados a 4 °C por 2, 15, 30 e 45 dias..... 76

Figura 2. Análise de coordenadas principais utilizando os dados do CATA e aceitação para os hambúrgueres elaborados com filés normal (FN) e *White striping* (WS) com substituição na formulação da gordura 0, 50 e 75% por colágeno hidrolisado, configurando os tratamentos FN0, FN50, FN75 e FWS0, FWS50 e FWS75, os quais foram armazenados a 4 °C por 2, 15, 30 e 45 dias. 77

LISTA DE TABELAS

Tabelas artigo 1

Table 1. Color parameters (L*, a*, and b*) and pH values of normal chicken meat and meat affected by dorsal cranial myopathy (DCM).....	45
Table 2. Chemical composition of normal chicken meat and meat affected by dorsal cranial myopathy (DCM).	46
Table 3. Total, soluble, and insoluble collagen contents of normal chicken meat and meat affected by dorsal cranial myopathy (DCM).....	47
Table 4. Fatty acid profile of normal chicken meat and meat affected by dorsal cranial myopathy (DCM).	48

Tabelas artigo 2

Tabela 1. Valores de pH e parâmetros de cor (L*, a* e b*) dos hambúrgueres elaborados com filés normal (FN) e <i>White striping</i> (WS) com substituição na formulação da gordura 0, 50 e 75% por colágeno hidrolisado, configurando os tratamentos FN0, FN50, FN75 e FWS0, FWS50 e FWS75, os quais foram armazenados a 4 °C por 2, 15, 30 e 45 dias.....	64
Tabela 2. Caracterização físico-química e tecnológica das formulações dos hambúrgueres elaborados com filés normal (FN) e <i>White striping</i> (WS) com substituição na formulação da gordura 0, 50 e 75% por colágeno hidrolisado, configurando os tratamentos FN0, FN50, FN75 e FWS0, FWS50 e FWS75, os quais foram armazenados a 4 °C por 2, 15, 30 e 45 dias.....	65
Tabela 3. Análise do perfil de textura (TPA) dos hambúrgueres elaborados com filés normal (FN) e <i>White striping</i> (WS) com substituição na formulação da gordura 0, 50 e 75% por colágeno hidrolisado, configurando os tratamentos FN0, FN50, FN75 e FWS0, FWS50 e FWS75, os quais foram armazenados a 4 °C por 2, 15, 30 e 45 dias.	71
Tabela 4. Oxidação lipídica (mg de malonaldeído kg-1 de amostra) dos hambúrgueres elaborados com filés normal (FN) e <i>White striping</i> (WS) com substituição na formulação da gordura 0, 50 e 75% por colágeno hidrolisado, configurando os tratamentos FN0, FN50, FN75 e FWS0, FWS50 e FWS75, os quais foram armazenados a 4 °C por 2, 15, 30 e 45 dias.....	72

Tabela 5. Aceitação e intenção de compra pelos consumidores para os hambúrgueres elaborados com filés normal (FN) e *White striping* (WS) com substituição na formulação da gordura 0, 50 e 75% por colágeno hidrolisado, configurando os tratamentos FN0, FN50, FN75 e FWS0, FWS50 e FWS75, os quais foram armazenados a 4 °C por 2, 15, 30 e 45 dias..... 73

Tabela 6. Frequência de citações pelos consumidores para os atributos sensoriais utilizando CATA para os hambúrgueres elaborados com filés normal (FN) e *White striping* (WS) com substituição na formulação da gordura 0, 50 e 75% por colágeno hidrolisado, configurando os tratamentos FN0, FN50, FN75 e FWS0, FWS50 e FWS75, os quais foram armazenados a 4 °C por 2, 15, 30 e 45 dias. 74

Material suplementar

Tabela 1 Parâmetros de cor (L*, a* e b*), pH, composição química e perfil de aminoácidos do colágeno hidrolisado 83

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
2	OBJETIVOS	15
2.1	OBJETIVO GERAL.....	15
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1	APECTOS GERAIS DA CARNE DE FRANGO.....	16
3.1.1	Estrutura muscular	17
3.1.2	Colágeno.....	19
3.2	MIOPATIAS EM FRANGOS.....	21
3.2.1	White Striping.....	22
3.2.2	Wooden Breast	23
3.2.3	Miopatía dorsal cranial	25
3.3	APLICAÇÃO DA CARNE COM MIOPATIA	27
	REFERÊNCIAS	29
4	MATERIAL E MÉTODOS	33
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
5.1	ARTIGO CIENTÍFICO 1	34
5.2	ARTIGO CIENTÍFICO 2.....	54
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	85
	ANEXOS	86
	ANEXO A	87
	ANEXO B	88
	ANEXO C	89
	ANEXO D	90
	ANEXO E.....	96

1 INTRODUÇÃO

O consumo de carne de frango tem aumentado rapidamente nos últimos anos. O Brasil é o segundo maior produtor mundial, atrás apenas dos Estados Unidos. A produção estimada para o ano de 2023 é de 14,83 milhões de toneladas, maior em relação as 14,47 milhões de toneladas do ano anterior. Em relação às exportações, o Brasil ocupa o primeiro lugar mundial com 4,48 milhões de toneladas em 2022 (USDA, 2023). Portanto, o setor avícola pode ser considerado uma importante atividade econômica, e de extrema relevância para o fornecimento de alimentos proteicos no mundo (FERREIRA et al., 2018).

O aumento no consumo de carne de frango está associado ao seu baixo custo, bom perfil nutricional, facilidade de preparo e flexibilidade na incorporação em diversos produtos. Além disso, parâmetros como sabor suave e elevada maciez da carne a tornam um produto que atende diferentes grupos de consumidores (PETRACCI et al., 2013; PETRACCI et al., 2015). Como consequência, a indústria avícola buscou aumentar o rendimento do peito e produzir aves com maior ganho de peso. Assim, as aves passaram por uma intensa seleção genética para aumentar a taxa de crescimento e rendimento de carcaça, que associada à alimentação de alta energia e melhoramento da ambiência garantiram aves com maior ganho de peso para abate em menor tempo (KUTTAPPAN; HARGIS; OWENS, 2016; VELLEMAN, 2015; ZAPATA, et al. 2012).

Em contrapartida, o crescimento rápido tem promovido o desenvolvimento de diversas anormalidades nos tecidos musculares. As miopatias afetam a aparência, capacidade de retenção de água, propriedades funcionais e texturais, os teores de gordura, e estão ganhando a atenção dos produtores de aves em todo o mundo (BARBUT, 2019; ZAPATA, et al. 2012).

As duas principais miopatias são: *White striping* (WS), em que os peitos e coxas da ave apresentam estrias brancas paralelas às fibras musculares, e *Wooden breast* (WB), caracterizado pela rigidez, hipertrofia, abaulamento e coloração pálida do músculo *Pectoralis major*. Estas carnes, em termos de qualidade, não são bem aceitas pelo consumidor (BALDI et al., 2019; GERONIMO; PRUDENCIO; SOARES, 2021; KATO et al., 2019).

A miopatia dorsal cranial (MDC), estudada em menor escala, ocorre na região dorsal dos frangos, apresenta amarelamento e inchaço da pele que recobre o músculo anterior *latissimus dorsi*, e após a retirada da pele é possível observar edema subcutâneo, hemorragia muscular superficial, palidez, aderência, aumento da espessura e consistência, e tem sido responsável por um número considerável de condenações das carcaças nos frigoríficos (SESTERHENN et al., 2017; ZIMERMANN, 2008).

Considerando o número escasso de pesquisas relacionadas a miopatia dorsal cranial na

literatura científica torna-se importante estudar as características das carnes com MDC. Além disso, visando minimizar as perdas econômicas e o melhor aproveitamento das carnes com miopatia faz-se necessário avaliar seu potencial de aplicação em produtos cárneos.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

- Investigar e caracterizar quanto aos parâmetros físico-químicos e histopatológicos da carne de frango com miopatia dorsal cranial e normal;
- Elaborar produto cárneo empregando filés de frango WS e Normais, com substituição de gordura por colágeno hidrolisado, e avaliá-los em relação aos parâmetros de qualidade e sensorial.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar e comparar a composição química, pH, cor (L^* , a^* , b^*), teor de colágeno (total e solúvel) em carne de frango com miopatia dorsal cranial e normal;
- Avaliar a morfologia geral do tecido da carne de frango com miopatia dorsal cranial quanto a alterações histopatológicas por meio de microscopia óptica;
- Caracterizar quimicamente o colágeno hidrolisado em pó;
- Desenvolver formulações de hambúrguer de carne de frango (normal e white striping) com adição do colágeno hidrolisado como substituto de gordura;
- Determinar o pH, atividade de água, cor, composição química, teor de colágeno, rendimento, encolhimento, capacidade de retenção de água, perfil de textura e estabilidade oxidativa dos hambúrgueres formulados;
- Avaliar a aceitação dos hambúrgueres por meio do teste de aceitação empregando-se escala hedônica de 9 pontos;
- Avaliar a intenção de compra dos hambúrgueres;
- Avaliar o perfil sensorial das formulações utilizando a metodologia check-all-that-apply (CATA).

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 ASPECTOS GERAIS DA CARNE DE FRANGO

De acordo com a Portaria n.º 210 de 10 de novembro de 1998 entende-se por “*carcaça, o corpo inteiro de uma ave após insensibilização ou não, sangria, depenagem e evisceração, onde papo traqueia, esôfago, intestinos, cloaca, baço, órgãos reprodutores e pulmões tenham sido removidos. É facultativa a retirada dos rins, pés, pescoço e cabeça. E por carne de aves, a parte muscular comestível das aves abatidas, declaradas aptas à alimentação humana por inspeção veterinária oficial antes e depois do abate*” (BRASIL, 1998).

A carne de frango foi a fonte de proteína animal que mais cresceu nos últimos anos, devido ao seu baixo custo, bom perfil nutricional e capacidade de processamento (PETRACCI et al., 2015; SOGLIA; MAZZONI; PETRACCI, 2019).

Dados do Ministério da Economia, em 2022, mostraram que as exportações totais de frango no Brasil (incluindo patas) totalizaram 4,48 milhões de toneladas, no valor de US\$ 9,06 bilhões, sendo considerado o maior exportador mundial. A produção estimada para o ano de 2023 é de 14,83 milhões de toneladas, maior em relação as 14,47 milhões de toneladas do ano anterior (USDA, 2023). O Brasil ocupa o lugar de segundo maior produtor do mundo, atrás apenas dos norte-americanos. Em 2021, no Brasil, o consumo per capita de carne de frango foi de aproximadamente 45,56 kg hab⁻¹ (ABPA, 2023).

A concentração e variedade de nutrientes, presentes nos tecidos, e sua biodisponibilidade tornam a carne uma ótima fonte nutricional para os consumidores. De maneira geral, o peito de frango possui 75,6 % de água, 22,5 % de proteína, 1,20 % de lipídeos e 1,13 % de cinzas (TASONIERO et al., 2020). Além do conteúdo de nutrientes, a qualidade da carne é determinada por características como cor, aroma, sabor, capacidade de retenção de água (CRA), maciez e características microbiológicas. O aspecto sensorial é determinante na decisão de compra, já que proporciona a primeira impressão do produto para o consumidor. Estes fatores são influenciados pela espécie, raça, sexo, idade, atividade do animal, processo pós-abate, armazenamento, forma de cocção, dentre outros (PENG; DHAKAL, 2015; STRASBURG; XIONG; CHIANG, 2008).

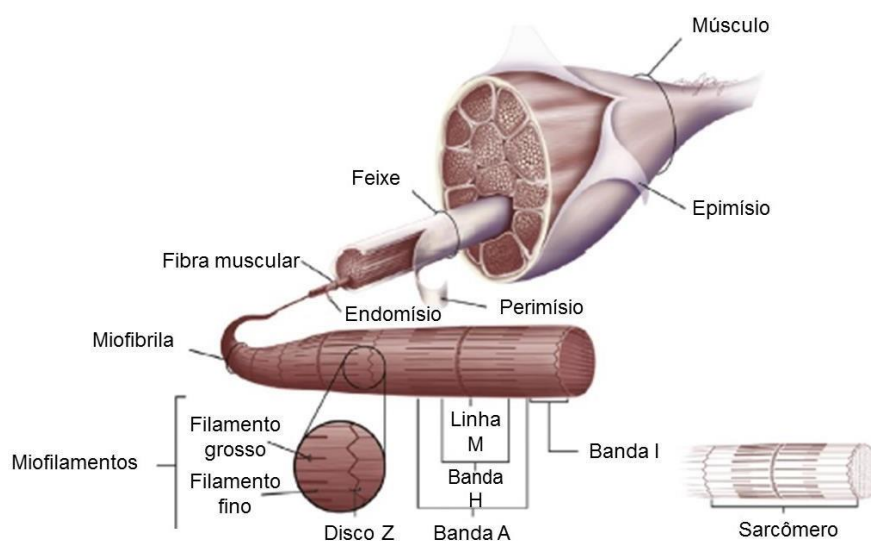
O rápido crescimento na produção e consumo de carne de frango impulsionou o setor avícola a produzir frango com maior peso em menor tempo e isto foi possível devido ao intenso melhoramento genético, associada à alimentação, manejo, sanidade e ambiência adequados, no entanto ocasionou o aparecimento de alterações da qualidade principalmente na estrutura

muscular, resultando em anomalias como a miopatia peitoral profunda (DPM), síndrome PSE (pálida, mole e exsudativa), *White striping* (WS), *Wooden breast* (WB), *Spaghetti meat* (SM), e miopatia dorsal cranial (MDC) (KUTTAPPAN; HARGIS; OWENS, 2016; PETRACCI; SOGLIA; BERRI, 2017; SESTERHENN et al., 2017).

3.1.1 Estrutura muscular

Existem três classes de músculos que podem ser distinguidas funcional e anatomicamente: esquelético, liso e cardíaco. A musculatura esquelética, presente em maior quantidade, compõe cerca de 40 % do peso corporal dos animais, sendo que as fibras musculares são a unidade básica do músculo. Nesta estrutura, estão presentes feixes de fibras celulares alongadas e multinucleadas, as quais são envolvidas por uma camada de tecido conjuntivo denominada epimísio. Os tecidos que separam cada músculo em feixes de fibras musculares constituem o perimísio, eo endomísio é a unidade de tecido conjuntivo que envolve cada fibra (Figura 1) (GUO; GREASER, 2017; LONERGAN; TOPEL; MARPLE, 2019; STRASBURG; XIONG; CHIANG, 2008).

Figura 1 Representação esquemática de um músculo esquelético em corte transversal, mostrando a estrutura dos feixes musculares e fibras com suas respectivas camadas de tecido conjuntivo.

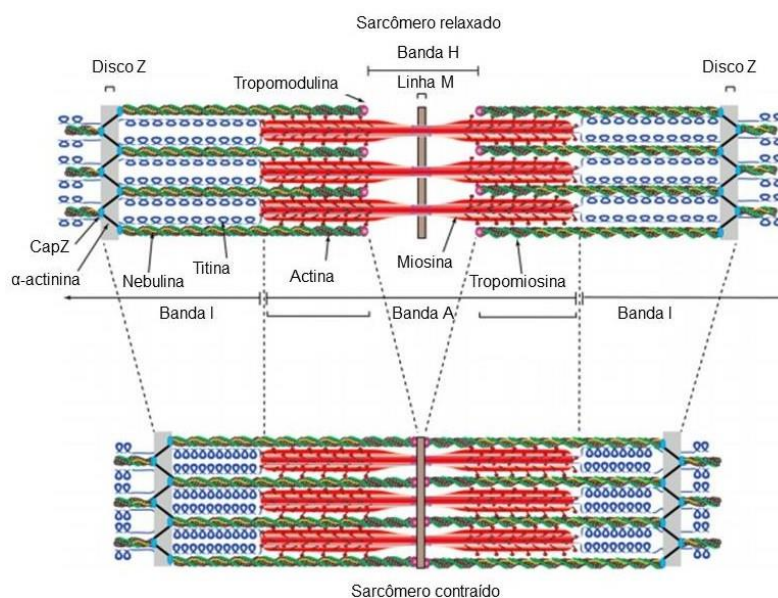


Fonte: Lonergan; Topel; Marple, (2019. Adaptado)

A célula muscular inclui uma membrana celular denominada sarcolema, os túbulos T, retículo sarcoplasmático, mitocôndrias e miofibrilas. O retículo sarcoplasmático envolve as miofibrilas e é responsável por armazenar e regular concentração dos íons cálcio, fundamental para a contração muscular, e as mitocôndrias funcionam como transdutores de energia (STRASBURG; XIONG; CHIANG, 2008; GUO; GREASER, 2017).

As miofibrilas possuem um conjunto regular de faixas escuras conhecidas como “bandas A”, que correspondem a um feixe de moléculas de alto peso molecular são constituídos por miosina, e por faixas claras, denominadas “bandas I”, compostas principalmente por actina. A linha vertical, escura e fina, que divide a banda I é a linha Z, enquanto a região clara ao centro da banda A é chamada de banda H com uma linha M central. A distância entre duas linhas Z é denominada sarcômero, e é a menor unidade contrátil do músculo estriado (Figura 2) (ERTBJERG; PUOLANNE, 2017; LONERGAN; TOPEL; MARPLE, 2019; PURSLOW, 2017).

Figura 2 Representação da estrutura do sarcômero em estado relaxado e contraído.



Fonte: Cadot; Gomes (2016. Adaptado)

A estrutura do sarcômero é ordenada e interconectada, sendo constituído por filamento finos e grossos que abrangem cerca de 65% do total das proteínas miofibrilares. Os filamentos de miosina (ou filamentos grossos) são organizados em formato hexagonal, com os filamentos de actina (ou filamentos finos) entre eles. Durante o processo de contração muscular, ocorre a interação entre os filamentos finos e grossos, por meio da região da cabeça da miosina e esse

complexo é referido como actomiosina, o qual proporciona rigidez e inextensibilidade muscular (ERTBJERG; PUOLANNE, 2017; LONERGAN; ZHANG; LONERGAN, 2010; STRASBURG; XIONG; CHIANG, 2008).

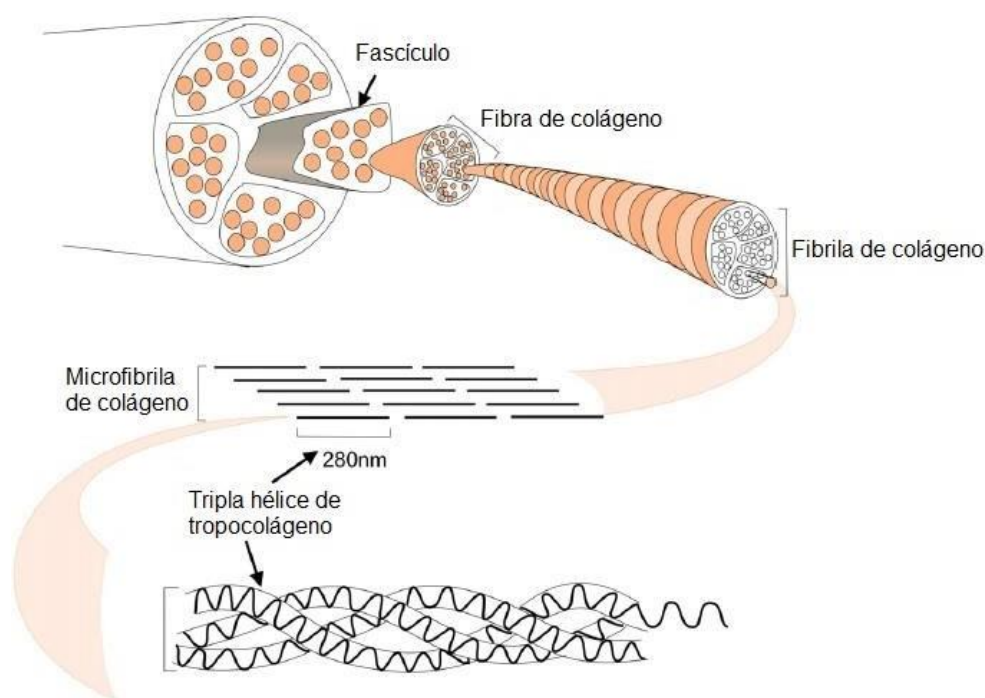
Além das proteínas miofibrilares, o músculo esquelético possui também proteínas sarcoplasmáticas, as quais são solúveis em água e englobam as enzimas glicolíticas e a mioglobina, e proteínas do estroma ou insolúveis que são responsáveis pela sustentação do tecido, sendo o colágeno a dominante dessa porção (STRASBURG; XIONG; CHIANG, 2008).

3.1.2 Colágeno

O colágeno, proteína mais abundante dos mamíferos e aves, é encontrada em todos os tecidos, como pele, tendões e ossos. São conhecidos 28 tipos de colágeno distintos geneticamente, os quais são denominados utilizando-se algarismos romanos. Ele desempenha um papel estrutural, contribuindo para a forma e propriedade mecânica dos tecidos, é constituído principalmente por prolina, glicina e hidroxiprolina. Sua unidade estrutural é chamada de tropocolágeno, que é formado por três cadeias de polipeptídeos, as quais se entrelaçam em um formato helicoidal (MCCORMICK, 1999; RICARD-BLUM, 2011; SILVER; JAFFE; SHAH, 2018; STRASBURG; XIONG; CHIANG, 2008).

As cadeias polipeptídicas (cadeias α) se juntam para formar moléculas triméricas, entrelaçadas em uma tripla hélice, e apresentam uma sequência estrutural de aminoácidos básica, compostas por um terço de glicina e medem em torno de 280 nm (Figura 3). Estas cadeias podem diferir na sequência de aminoácidos, dependendo do tipo de colágeno, como exemplo o tipo I é formado por duas cadeias idênticas de polipeptídeos ($\alpha 1(I)$) e por uma cadeia com uma sequência diferente de aminoácidos ($\alpha 2(I)$), enquanto o tipo III é formado por três cadeias iguais: $\alpha 1(III)$. A estabilidade da tripla hélice é mantida por ligações de hidrogênio intercadeias, sendo esta responsável pela alta força de tensão do colágeno (DAMODARAN, 2008; GORDON, HAHN; 2010; RICARD-BLUM, 2011).

Figura 3 Diagrama dos componentes do músculo e representação da estrutura da tripla hélice de colágeno.



Fonte: Scarr (2010. Adaptado)

O colágeno pode ser classificado em grupos, de acordo com a sua estrutura, são eles: (1) estriado, fibroso, (2) não fibroso, formador de rede, (3) microfibrilar ou filamentoso e (4) associado a fibrilas (STRASBURG; XIONG; CHIANG, 2008).

O colágeno tipo I é uma das principais moléculas presentes no corpo, sendo muito importante nos ossos, pele e tecido conjuntivo. É composto por duas cadeias $\alpha 1$ e uma cadeia $\alpha 2$. Uma cadeia de polipeptídios possui em torno de 1000 resíduos de aminoácidos, em uma sequência repetida, e, de maneira geral, os colágenos possuem em sua composição aproximadamente 33 % de glicina, 12 % de prolina, 11% de alanina, 10 % de hidroxiprolina, 1 % de hidroxilisina e quantidades mínimas de aminoácidos polares carregados (HENRIKSEN; KARSDAL, 2019; STRASBURG; XIONG; CHIANG, 2008).

A presença de hidroxiprolina confere estabilidade térmica à molécula de colágeno, sendo um aminoácido encontrado em quantidades significativas apenas em proteínas de colágeno, por esse motivo pode ser facilmente utilizada para sua quantificação ou de seus produtos degradados na presença de outras proteínas. A hidroxilisina também é considerada um aminoácido incomum,

seus resíduos proporcionam a fixação de componentes do açúcar, que são necessários para a formação da estrutura de tripla hélice (BHAGWAT; DANDGE, 2019; WOESSNER, 1961). A glicina desempenha papel diferencial, permite que o colágeno assumira sua conformação em tripla hélice, e em comparação a outros aminoácidos, é o único cuja cadeia pode adaptar-se (STRASBURG; XIONG; CHIANG, 2008).

Na carne, o colágeno exerce influência sobre a maciez e textura, alterações nestes parâmetros estão geralmente relacionadas a idade do animal. Quando em idades mais avançadas há um aumento no desenvolvimento de ligações cruzadas intermoleculares de colágeno. As ligações cruzadas do colágeno são resultado das extensões peptídicas dos grupamentos amino e carboxi-terminais, denominadas telopeptídeos. Essas ligações fornecem a estabilidade e a força tensora necessárias à estrutura (BAILEY; PAUL; KNOTT, 1998; SHOULDERS; RAINES, 2009; STRASBURG; XIONG; CHIANG, 2008; WESTON; ROGERS; ALTHEN, 2002).

A conversão de ligações cruzadas redutíveis em ligações cruzadas não redutíveis ocorre à medida que os animais atingem a maturidade fisiológica e tem como consequência aumento na rigidez, resistência nas reações enzimáticas e redução no intumescimento dos tecidos (BAILEY; PAUL; KNOTT, 1998; WESTON; ROGERS; ALTHEN, 2002).

Para a quantificação do colágeno em tecidos animais é necessária a extração por meio da solubilização em solução ácida e aquecimento. Em seguida, o colágeno é hidrolisado para a obtenção da hidroxiprolina livre quantificável, já que é comum apenas em proteínas de colágeno, pode ser utilizada como indicador do teor de colágeno. A determinação colorimétrica é realizada após a oxidação a pirrol com reagente cloramina T e reação com 4-dimetilaminobenzaldeído (reagente de Ehrlich), que resulta em um composto de coloração vermelho-púrpura (DELLA TORRE; LICHTIG; BERAQUET, 2004; WOESSNER JR, 1961).

3.2 MIOPATIAS EM FRANGOS

Atualmente na avicultura os ciclos de criação são curtos em comparação a outras espécies de produção. Além disso, devido a evolução na produção da carne de frango o tempo de criação foi reduzido, em 1925 o peso médio de mercado de aves era de 1,1 kg para um animal de 112 dias, no ano de 2018 foi atingido um peso médio de 2,8 kg em 47 dias (NATIONAL CHICKEN COUNCIL, 2019). Para o aumento na taxa de crescimento e maior rendimento da carcaça tem sido realizada uma intensa seleção genética, que associada a alimentação de alta energia e melhoramento da ambiência propiciaram o fornecimento de aves com maior peso no abate em menor tempo. Entretanto, devido a estes avanços surgiram anomalias na carcaça do frango, que

afetam adversamente a indústria de carnes, as quais ainda não possuem etiologias totalmente esclarecidas (ZAPATA, et al. 2012; MUDALAL et al., 2015).

3.2.1 *White Striping*

White striping (WS) é uma condição associada a aves mais pesadas e ao crescimento acelerado, é caracterizado pelo aparecimento de estrias brancas paralelas à direção das fibras musculares na superfície do peito (*Pectoralis major*), estudos mostram que a presença de WS diminui significativamente a aceitação e decisão de compra do consumidor (KATO et al., 2019). As lesões são mais pronunciadas na região cranial dos filés e a intensidade das estrias podem ser classificadas em normal, moderada, severa e extrema (Figura 4) (KUTTAPPAN et al., 2012; KUTTAPPAN; HARGIS; OWENS, 2016).

Os filés afetados pelo WS possuem pH elevado, baixa capacidade de absorção e retenção de água, baixa capacidade de reter solução de marinado durante o armazenamento, e, quando submetido ao cozimento altos valores de perda de peso, o que pode ser relacionado a redução da funcionalidade das proteínas. O aumento da incidência das lesões também está associado a alterações na composição química da carne, como por exemplo, a redução no teor de proteínas e aumento no teor de gordura e colágeno (KUTTAPPAN et al., 2013; PETRACCI et al., 2013; PETRACCI et al., 2015; BOWKER; ZHUANG, 2016).

Em relação aos parâmetros histológicos, o WS é caracterizado por lesões miopáticas crônicas, variabilidade no tamanho das fibras, degeneração vacuolar, lise das fibras, lipidose e inflamação intersticial. Essas alterações justificam o aumento de lipídios intramusculares (lipidose), maior teor de colágeno (fibrose) e a redução no teor de proteínas provavelmente está relacionada ao aumento no conteúdo de lipídios (KUTTAPPAN et al., 2013; PETRACCI et al., 2015).

Figura 4 Escala de pontuação visual modificada para WS em filés de peito de frango, onde 0= normal, 1= moderado, 2= severo e 3= extremo. Normal – sem linhas brancas distintas, moderada – pequenas linhas brancas, geralmente com menos de 1 mm de espessura, mas aparentemente visíveis na superfície do filé, severa – grandes linhas brancas (1 – 2 mm de espessura) muito visíveis na superfície do filé e extrema – faixas brancas grossas (>2 mm espessura) cobrindo quase toda a superfície do filé.



Fonte: Kuttappan; Hargis; Owens (2016). Adaptado de Kuttappan *et al.*, 2012)

A presença de WS diminui a aceitação do consumidor pelo filé de peito, pois aparenta ser mais gorduroso em relação ao normal. Em estudo sobre a aceitação de filés com WS, Kato et al. (2019), afirmaram que 20% dos avaliadores identificaram a presença de estrias brancas, e rejeitariam o produto mesmo sem conhecer sua composição, e que 30% dos avaliadores além da presença de estrias observaram uma deposição semelhante a gordura na superfície. De acordo com estes autores as amostras classificadas como normais obtiveram maior média de aceitação seguidas das consideradas como moderadas e severas, respectivamente.

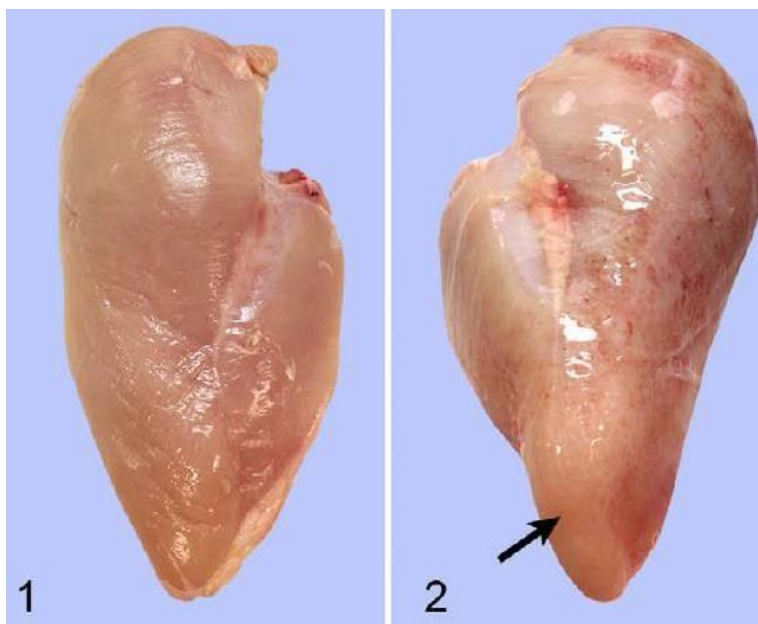
A incidência do *White striping* pode estar relacionada a diversos fatores, sendo o principal a intensa seleção genética para aumentar a taxa de crescimento e rendimento do peito (KUTTAPPAN et al., 2012; PETRACCI; MUDALAL; BONFIGLIO; CAVANI, 2013).

3.2.2 *Wooden Breast*

O *Wooden Breast* (WB) ou “peito amadeirado” afeta o músculo *Pectoralis major* de aves de corte. É possível observar alterações macroscópicas no músculo, o qual apresenta uma dureza

rígida e palpável (Figura 5), está associada a degeneração das fibras musculares (moderada a severa), acúmulo de tecido conjuntivo intersticial (fibrose) e de gordura intramuscular (lipidose), causando alterações negativas nas propriedades tecnológicas dos peitos de frango (SIHVO; IMMONEN; PUOLANNE, 2014; GERONIMO; PRUDENCIO; SOARES, 2021).

Figura 5 Fotografias de peitos de frango: (1) Normal; (2) *Wooden breast*.



Fonte: Sihvo; Immonen; Puolanne (2014)

Os filés afetados pelo WB possuem menor teor de proteínas e cinzas, e maior conteúdo lipídico em relação a filés normais. Estas alterações estão relacionadas ao processo de degeneração das fibras musculares (MAZZONI, et al., 2015). A modificação da composição química interfere também nas propriedades tecnológicas da carne. De acordo com Mazzoni et al. (2015) filés afetados por lesões histológicas severas possuem maior perda de peso durante o cozimento, e baixa absorção e retenção de solução marinada durante o cozimento.

A etiologia por trás da ocorrência de WB ainda não é bem esclarecida. Alguns estudos correlacionam o genótipo, gênero e regime alimentar (desde o nascimento até o abate) com a incidência desta miopatia. Segundo Trocino et al. (2015) o gênero masculino, quando comparado ao feminino demonstrou maior influência na incidência de WB. Enquanto Sihvo et al. (2014) descrevem que há uma maior incidência de WB em aves mais pesadas e com taxas de crescimento rápido, e Mudalal et al. (2015) relacionam o WB e o WS, pois apresentam alterações histológicas semelhantes.

Assim como o WS a presença de WB diminui a aceitação do filé de peito, pois a aparência visual torna-se indesejável para o consumidor (GERONIMO; PRUDENCIO; SOARES, 2021).

3.2.3 Miopatia dorsal cranial

O músculo *latissimus dorsi* (grande dorsal) é um músculo superficial, bilateral localizado entre as asas, coberto apenas pela pele, na região dorsal dos frangos. Sua função é tracionar as asas, flexionando e elevando o úmero, ele coordena os movimentos do úmero durante a contração dos músculos do voo, possui característica fina e achatada e é composto apenas por fibras de contração lenta e vermelhas (FREEMAN, 1978; ZIMMERMANN, 2008).

As fibras vermelhas, necessitam de oxigênio para seu metabolismo, e quando submetidas a alterações nestes níveis são mais sensíveis. Em casos de ausência de oxigênio suficiente nos tecidos (hipóxia), após o reestabelecimento da circulação ocorre a formação de radicais livres, os quais são dependentes de O₂, e que na falta de mecanismos de proteção, como a vitamina E, resultam em lesão muscular (CARMO-ARAUJO et al., 2007; ZIMMERMANN, 2008).

Uma anomalia importante, investigada em menor escala, é a miopatia dorsal cranial (MDC), qual inicialmente foi estudada por Zimmermann (2008), que verificou amarelamento e inchaço da pele que recobre o músculo anterior *latissimus dorsi* (ADL), e após retirada da pele é possível observar edema subcutâneo, hemorragia muscular superficial, palidez, aderência, aumento da espessura e consistência (Figura 6). Microscopicamente as lesões no músculo são classificadas como multifásicas, sendo possível que a causa da lesão ocorra em mais de um período. A MDC, na maioria das vezes, é identificada apenas na linha de abate no frigorífico, pois as aves não apresentam sinais clínicos significativos durante a criação (ZIMMERMAN, 2008).

A miopatia dorsal cranial é histologicamente caracterizada por lesões miopáticas crônicas com presença de degeneração polifásica muscular, necrose com quantidade variável de tecido conjuntivo intersticial, fibrose e adipócitos (Figura 7). Estas características se assemelham a de outras miopatias, tais como, *White stripping* e *Wooden Breast* (KUTTAPPAN et al., 2013; MAZZONI et al., 2015; PETRACCI et al., 2014; SESTERHENN et al. 2017; SIHVO et al., 2014; ZIMMERMAN et al., 2012).

Figura 6 Carcaças de frango e músculos anterior latissimus dorsi (ALD). (a) Carcaça normal sem miopatia dorsal cranial (MDC); (b) músculo ALD normal sem MDC; (c) carcaça com MDC evidenciando aumento de volume e coloração amarela (círculos); (d) músculos ALD exibindo MDC com petéquias e hemorragias dispersas na superfície e maior consistência (setas).

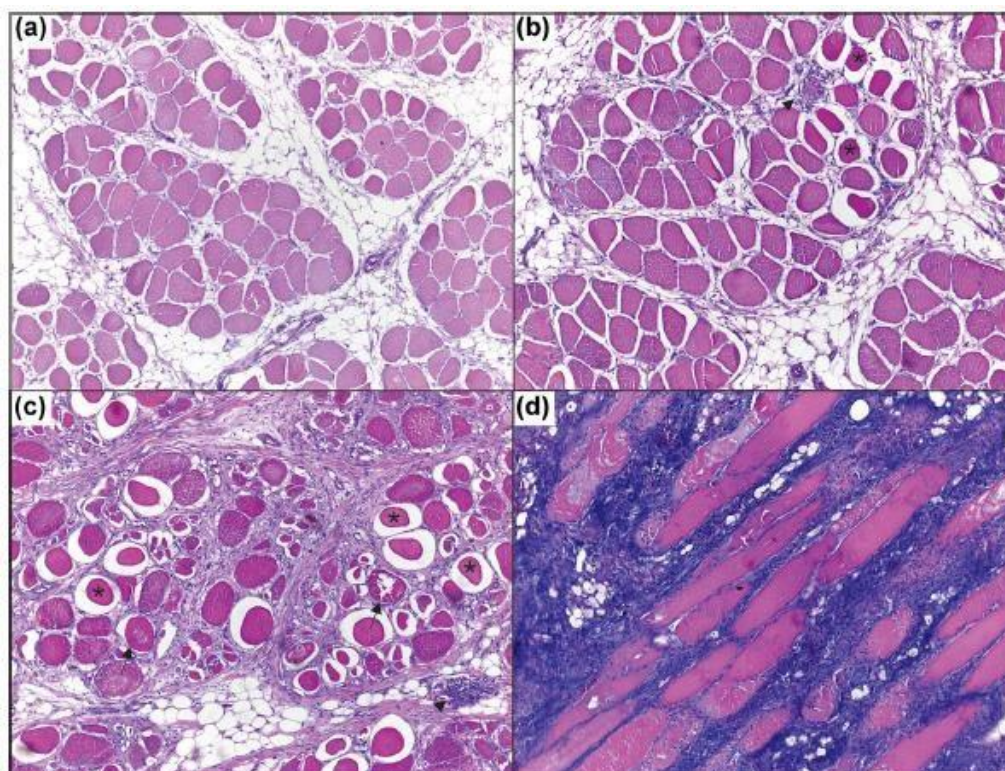


Fonte: Sesterhenn et al. (2017).

De acordo com Zimmerman (2011), o consumo de músculos com miopatia dorsal cranial é seguro em relação as bactérias: *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, *Salmonella enteritidis*, *Listeria monocytogenes*, *Pasteurella multocida*, *Yersinia enterocolitica*, *Campylobacter coli* e *Campylobacter jejuni*. Amaral et al. (2017) afirmam que aves com miopatia dorsal cranial não apresentam alterações hematológicas, bioquímicas e nos valores de pH. Sendo assim, a miopatia dorsal cranial não afeta o estado geral de saúde da ave, e, consequentemente, não provoca riscos à saúde do consumidor.

A etiologia e os fatores responsáveis por essa alteração muscular ainda não foram identificados. Entretanto, de acordo com Zimmerman et al. (2012) está relacionada a aves de linhagens de alto desempenho, com maiores pesos de abate e sem infecções aparentes.

Figura 7 Micrografias do músculo anterior *latissimus dorsi* (ALD) em frangos de corte. (a) músculo normal com presença de hipereosinofilia e infiltrado inflamatório principalmente mononuclear; (b) músculo com MDC apresentando perda do padrão poliédrico nas fibras e variação de tamanho em 42 d.; (c) áreas multifocais das fibras musculares na degeneração hialina (asterisco), necrose floccular (seta), e infiltração por células inflamatórias, principalmente heterófilos e macrófagos (ponta da seta; hematoxilina e eosina). (d) proliferação do tecido conjuntivo (fibrose) desorganizada, colorido em azul (tricroômico de Masson).



Fonte: Sesterhenn et al. (2017)

3.3 APLICAÇÃO DA CARNE COM MIOPATIA

Considerando que a presença de miopatias na carne de frango tem sido associada a diminuição das propriedades sensoriais e reológicas, a aplicação em produtos cárneos pode ser uma alternativa para a redução dos prejuízos econômicos decorrentes dessas alterações (SOGLIA; MAZZONI; PETRACCI, 2019). Além disso, as carnes processadas ganharam destaque com o passar do tempo, pois a necessidade de conveniência no preparo é um dos requisitos da vida moderna (DE BARCELLOS; GRUNERT; SCHOLDERER, 2011).

Poucos estudos abordaram a utilização do peito de frango com miopatia como principal

ingrediente em derivados da carne de frango. Bordignon; Stefani; Boiago, (2021) utilizaram o filé white striping para a produção de nuggets e hambúrgueres e constataram maiores valores de TBARS apenas para os nuggets com WS. Entretanto, não foram verificadas outras alterações físico-químicas indicando que este tipo de carne pode ser utilizado em produtos cárneos.

Rigdon et al. (2021) aplicaram o peito wooden breast em diferentes concentrações em um produto tipo salsicha, e concluíram que o uso do WB influenciou minimamente na cor do produto, e apesar deste filé estar associado a uma textura mais rígida não diferiram quanto ao perfil de textura. Santos et al. (2021) também estudaram a inclusão do filé WB, e avaliaram seu efeito na textura e aceitação de hambúrgueres de frango. Os autores observaram que o WB pode ser efetivamente utilizado em formulações de hambúrguer sem comprometer a aceitação do produto.

REFERÊNCIAS

- ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório Anual 2022**. São Paulo. 2022. 144 p. Disponível em: < <http://abpa-br.com.br/storage/files/relatorio-anual-2022.pdf>> Acesso em 10 ago. 2023.
- AMARAL, P. C. et al. Evaluation of physiological parameters of broilers with dorsal cranial myopathy. **Revista Brasileira de Ciencia Avicola**, v. 19, n. 1, p. 69–74, 2017.
- BAILEY, A. J., PAUL, R. G., KNOTT, L. Mechanisms of maturation and ageing of collagen. **Mechanisms of Ageing and Development**, v. 106, n. 1-2, p. 1–56, 1998.
- BALDI, G. et al. Comparison of quality traits among breast meat affected by current muscle abnormalities. **Food Research International**, v. 115, n. June 2018, p. 369–376, 2019.
- BARBUT, S. Recent myopathies in broiler’s breast meat fillets. **World’s Poultry Science Journal**, v. 75, n. 4, p. 559–582, 2019.
- BHAGWAT, P.K., DANDGE, P.B. Collagen and collagenolytic proteases: A review. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 15, p.43-55, 2019.
- BORDIGNON, S.; STEFANI, L. M.; BOIAGO, M. M. The use of white striped chicken breasts on the quality of nuggets and hamburgers. **Food Science and Technology (Brazil)**, v. 41, n. 3, p. 570–575, 2021.
- BOWKER, B., ZHUANG, H. Impact of white striping on functionality attributes of broiler breast meat. **Poultry Science**, v. 95, n. 8, p.1957–1965, 2016.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Portaria n ° 210 de 10 de novembro de 1998. Regulamento Técnico da Inspeção Tecnológica e Higiênico- sanitária de Carne de Aves. Diário Oficial da União da República Federativa do Brasil. Brasília, DF, 10 nov. 1998.
- CADOT, B., GOMES, E. R. Skeletal Muscle. In: BRADSHAW, R., STAHL, P.D. **Encyclopedia of Cell Biology**. Elsevier, p. 677–682, 2016.
- CARMO-ARAÚJO, E. M., DAL-PAI-SILVA, M., DAL-PAI, V., CECCHINI, R., & ANJOS FERREIRA, A. L. Ischaemia and reperfusion effects on skeletal muscle tissue: morphological and histochemical studies. **International Journal of Experimental Pathology**, v. 88, n.3 p. 147–154, 2007.
- DAMODARAN, S. **Amino Acids, Peptides, and Proteins**. In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L., FENNEMA, O. R. Fennema’s Food Chemistry. 4 ed. CRC Press p. 217-330, 2008.
- DE BARCELLOS, M. D.; GRUNERT, K. G.; SCHOLDERER, J. Processed meat products: consumer trends and emerging markets. In: **Processed Meats**. Woodhead Publishing, p. 30-53, 2011.
- DELLA TORRE, J. C. M.; LICHTIG, J.; BERAQUET, N. J. Validação do método espectrofotométrico para quantificação do aminoácido hidroxiprolina em conservas de carne.

Revista Instituto Adolfo Lutz, v. 63, n. 1, p. 35-42, 2004.

ESTADOS UNIDOS. **Department of Agriculture**. USDA.gov - United States Department of Agriculture. Disponível em: <https://www.ers.usda.gov/topics/animal-products/poultry-eggs/>
Acesso em: 10 ago. 2023.

ERTBJERG, P.; PUOLANNE, E. Muscle structure, sarcomere length and influences on meat quality: A review. **Meat science**, v. 132, 139–152, 2017.

FERREIRA, A. et al. Brazilian poultry activity waste: Destinations and energetic potential. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v.81, p.3081-3089, 2018.

FREEMAN, B.M. **Chemical embryology**. In: FLORKIN, M. Chemical zoology. Academic press, INC, p.76 – 106, 1978.

GERONIMO, B. C.; PRUDENCIO, S. H.; SOARES, A. L. Biochemical and technological characteristics of wooden breast chicken fillets and their consumer acceptance. **Journal of Food Science and Technology**, v. 59, n. 3, p. 1185-1192, 2021.

GORDON, M.K., HAHN, R.A. Collagens. **Cell and Tissue Research**, p.247 – 257, 2010.

GUO, W., GREASER, M. L. **Muscle Structure, Proteins, and Meat Quality**. In: PURSLOW, P.P. New Aspects of Meat Quality. Woodhead Publishing, p.13–31, 2017.

HENRIKSEN, K., KARSDAL, M. A. **Type I collagen**. In: KARSDAL, M.A., LEEMING, D.J., HENRIKSEN, K., BAY-JENSEN, A., NIELSEN, S.H., BAGER, C.L. Biochemistry of Collagens, Laminins and Elastin, 2^a Ed. Elsevier, p. 1- 9, 2019.

KATO, T. et al. White striping degree assessment using computer vision system and consumer acceptance test. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v. 32, n. 7, p. 1015–1026, 2019.

KUTTAPPAN, V. A. et al. Consumer acceptance of visual appearance of broiler breast meat with varying degrees of white striping. **Poultry Science**, v. 91, n. 5, p.1240–1247, 2012.

KUTTAPPAN, V. A., HARGIS, B. M., OWENS, C. M. White striping and woody breast myopathies in the modern poultry industry: a review. **Poultry Science**, v. 95, n. 11, p. 2724–2733, 2016.

KUTTAPPAN, V.A. et al. Pathological changes associated with white striping in broiler breast muscles. **Poultry Science**, v. 92, n. 2, p.331 – 338, 2013.

LONERGAN, H. E., ZHANG, W., LONERGAN, S. M. Biochemistry of postmortem muscle — Lessons on mechanisms of meat tenderization. **Meat Science**, v. 86, n. 1, p. 184– 195, 2010.

LONERGAN, S.M., TOPEL, D.G., MARPLE, D.N. **Muscle structure and function**. In: The Science of Animal Growth and Meat Technology. Academic Press, p. 175-182, 2019.

MAZZONI, M.; PETRACCI, M.; MELUZZI, A.; CAVANI, C.; CLAVENZANI, P.; SIRRI, F. Relationship between pectoralis major muscle histology and quality traits of chicken meat.

Poultry Science, v. 94, n. 1, p. 123 - 130, 2015.

MCCORMICK, R. J. Extracellular Modifications to Muscle Collagen: Implications for Meat Quality. **Poultry Science**; v. 78, n. 5, p. 785-791, 1999.

MUDALAL, S. et al. Implications of white striping and wooden breast abnormalities on quality traits of raw and marinated chicken meat. **Animal**, v. 9, n. 4, p. 728–734, 2015.

National Chicken Council. Statistics and research: U.S. Broiler Performance. <https://www.nationalchickencouncil.org/about-the-industry/statistics/u-s-broiler-performance/>. Acesso em 02 dez. 2019.

PETRACCI, M., BIANCHI, M., MUDALAL, S., CAVANI, C. Functional ingredients for poultry meat products. **Trends in Food Science & Technology**, v. 33, n. 1, p. 27 – 39, 2013.

PETRACCI, M., MUDALAL S., SOGLIA F., CAVANI, C. Meat quality in fast-growing broiler chickens. **World's Poultry Science Journal**, v. 71, n. 2, p. 363 – 374, 2015.

PETRACCI, M., MUDALAL, E.B., CAVANI, C. Effect of White Striping on Chemical Composition and Nutritional Value of Chicken Breast Meat. **Italian Journal of Animal Science**, v. 13, n. 1, p. 3138, 2014.

PETRACCI, M., MUDALAL, S, BONFIGLIO, A., CAVANI, C. Occurrence of white striping under commercial conditions and its impact on breast meat quality in broiler chickens. **Poultry Science**, v. 92, n. 6, p. 1670 - 1675, 2013.

PETRACCI, M., SOGLIA, F., & BERRI, C. Muscle Metabolism and Meat Quality Abnormalities. In: PETRACCI, M.; BERRI, C. Poultry Quality Evaluation. **Woodhead Publishing**, p. 51–75, 2017.

PURSLOW, P.P. **The Structure and Growth of Muscle**. In: LAWRIE, R. Lawrie's Meat Science. 8 ed. Elsevier Ltd, p. 49 – 91, 2017.

RICARD-BLUM, S. **The Collagen Family**. Cold Spring Harbor Perspectives in Biology, v. 3, p. 1-19, 2011.

RIGDON, M. et al. Texture and quality of chicken sausage formulated with woody breast meat. **Poultry Science**, v. 100, n. 3, p. 100915, 2021.

SANTOS, M. M. F. et al. Effect of wooden breast myopathy on texture and acceptability of emulsified chicken patties. **Journal of Food Science and Technology**, v. 58, n. 10, p. 4062–4067, 1 out. 2021.

SCARR, G. Simple geometry in complex organisms. **Journal of Bodywork and Movement Therapies**, v. 14, n. 4, p. 424–444, out. 2010.

SESTERHENN, R. et al. Histomorphometric study of the anterior latissimus dorsi muscle and evaluation of enzymatic markers of broilers affected with dorsal cranial myopathy. **Poultry Science**, v. 96, n. 12, p. 4217–4223, 2017.

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.

SILVER, F. H., JAFFE, M., SHAH, R. G. **Structure and behavior of collagen fibers**. In: BUNSELL, A.R. Handbook of Properties of Textile and Technical Fibres, p. 345 – 365, 2018.

SOGLIA, F.; MAZZONI, M.; PETRACCI, M. Spotlight on avian pathology: current growth-related breast meat abnormalities in broilers. **Avian Pathology**, v. 48, n. 1, p. 1–3, 2019.

STRASBURG, G.; XIONG, Y. L.; CHIANG, W. **Physiology and Chemistry of Edible Muscle Tissues**. In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. Fennema's Food Chemistry. 4 ed. CRC Press, p.923 – 974, 2008.

TASONIERO, G. et al. Effect of spaghetti meat abnormality on broiler chicken breast meat composition and technological quality. **Poultry Science**, v. 99, n. 3, p. 1724–1733, 2020.

TROCINO, A. et al. Effect of genotype, gender and feedrestriction on growth, meat quality and the occurrence of white striping and wooden breast in broiler chickens. **Poultry Science**, v. 94, n.12, p. 2996–3004, 2015.

VELLEMAN, S. G. Relationship of Skeletal Muscle Development and Growth to Breast Muscle Myopathies: A Review. **Avian Diseases**, v. 59, n. 4, p. 525–531, 2015.

WESTON, A. R., ROGERS, R. W., ALTHEN, T. G. Review: The Role of Collagen in Meat Tenderness. **The Professional Animal Scientist**, v. 18, n. 2, p. 107–111, 2002.

WOESSNER JR., J. F. The determination of hidroxiprolina 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.

ZAPATA, I. et al. Comparative proteomic characterization of the sarcoplasmic proteins in the pectoralis major and supracoracoideus breast muscles in 2 chicken genotypes. **Poultry Science**, v. 91, n. 7, p. 1654- 1659, 2012.

ZIMERMANN, F.C. **Miopatia dorsal cranial em frangos de corte: caracterização anatomopatológica colheita e análise de dados**. 2008. 83 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2008.

ZIMERMANN, F.C. **Pesquisa etiológica da miopatia dorsal cranial em frangos de corte**. 2008. 74 f. Tese (Doutorado em Ciências Veterinárias) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011.

ZIMERMANN, F.C., et al. Downgrading of heavy broiler chicken carcasses due to myodegeneration of the anterior latissimus dorsi: pathologic and epidemiologic studies. **Avian Diseases**, v. 56, n. 2, p. 418–421, 2012.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O item MATERIAL E MÉTODOS foi contemplado com o desenvolvimento de 2 artigos científicos a seguir relacionados, apresentados no item 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.

Artigo científico 1: PAVANELLO, A.C.L., MENDONÇA, F.J., OLIVEIRA T.E.S., TOREZAN, G.B., DI SANTIS, G.W., SOARES, A.L. Physicochemical and histopathological parameters of broilers with dorsal cranial myopathy. **Anim Biosci**, v. 36(6):953-961, 2023. <https://doi.org/10.5713/ab.22.0109>

Artigo científico 2: A formatação do seguinte artigo encontra-se de acordo com as normas da revista científica “LWT - Food Science and Technology”.

PAVANELLO, A.C.L., CATARINO, R.P.F., PORTELA, C.S., SILVA, J.B.M.D., VICENZI, B.G., MENDONÇA, F.J., PRUDENCIO, S.H., PIMENTEL, T.C., SOARES, A.L. Inclusão de colágeno hidrolisado como substituto parcial de gordura em hambúrgueres de frango produzidos com white striping: elaboração e caracterização.

1 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2

3 5.1 ARTIGO CIENTÍFICO 1

4

Open Access



Anim Biosci
Vol. 36, No. 6:953-961 June 2023
<https://doi.org/10.5713/ab.22.0109>
pISSN 2765-0189 eISSN 2765-0235



Physicochemical and histopathological parameters of broilers with dorsal cranial myopathy

Ana Clara Longhi Pavanello^{1*}, Fernanda Jéssica Mendonça¹, Thalita Evani Silva Oliveira²,
Guilherme Baú Torezan³, Giovana Wingeter Di Santis², and Adriana Lourenço Soares^{1*}

5

6

7 **Title of the manuscript:** Physicochemical and histopathological parameters of broilers with
8 dorsal cranial myopathy

9 ABSTRACT

10 **Objective:** This study aimed to investigate the effect of dorsal cranial myopathy (DCM) on
11 chicken meat quality.

12 **Methods:** Sixty-six Ross 308 AP broilers, 47 days old, of both sexes, weighing about 3.51 kg,
13 were slaughtered according to standard industrial practices, and evaluated for meat color, pH,
14 chemical composition, collagen content, fatty acid profile, and histopathological parameters.
15 Comparisons between normal and DCM-affected meat were performed using Student's *t*-test at
16 the 5% significance level.

17 **Results:** Histological analysis of muscle tissues affected by DCM showed myofiber
18 degeneration, proliferation of inflammatory cells, fibroplasia, and necrosis with fibrosis. DCM
19 samples had lower protein content and higher moisture, ash, insoluble collagen, total collagen,
20 and pH. DCM-affected meat was redder and more yellowish. There were no differences in lipid
21 or soluble collagen contents between groups. DCM-affected meat had higher percentages of
22 arachidonic acid (C20:4n-6) and eicosapentaenoic acid (C20:5n-3).

23 **Conclusion:** This study revealed that DCM-affected meat exhibits considerable changes in
24 quality parameters.

25

26 **Keywords:** *Anterior latissimus dorsi* Muscle; Collagen; Fatty Acid Profile; Histology; Meat
27 Quality

28

29 **INTRODUCTION**

30 There has been a significant increase in the consumption of chicken meat in relation to other
31 meat types, stimulating the poultry industry to improve its products and production processes.
32 Nowadays, poultry production relies on the use of specially designed diets, intensive genetic
33 selection, and well-controlled housing conditions, which allows obtaining birds with higher
34 carcass yields in less time [1,2]. However, increased growth rate contributes to the development
35 of several abnormalities in breast muscle tissues, such as white striping (WS), characterized by
36 white striations parallel to muscle fibers [3]; wooden breast (WB), characterized by palpable
37 hardness, pale areas, and caudal protuberance [4]; and spaghetti meat (SM), a structural
38 alteration of intramuscular connective tissues that leads to the loosening of muscle fiber bundles
39 [5]. These abnormal characteristics have a negative impact on technological and nutritional
40 quality and are usually not well accepted by consumers because of appearance changes [6,7].

41 Another important muscle myopathy in birds is dorsal cranial myopathy (DCM), which
42 affects the *anterior latissimus dorsi* (ALD) muscle and is characterized by yellowing and
43 swelling of the skin. Affected ALD muscles exhibit subcutaneous edema, hemorrhagic areas,
44 pallor, adhesion, and thickening. Histologically, this abnormality presents as polyphasic lesions
45 with degenerative or necrotic fibers and fibrosis. DCM is responsible for a significant number
46 of carcass condemnations in the poultry chain. Usually, the affected area, encompassing part of
47 the wings and breast, has to be removed. While, in extreme cases, broilers presenting extensive

48 lesions are condemned as a whole [8,9]. There are limited data available on this problem. DCM
49 is responsible for at least 6% of the partial condemnations in Brazilian slaughterhouses. It is
50 also a growing cause of carcass condemnation in slaughterhouses in the United States [10,11].

51 It is known that WS, WB, and SM myopathies may occur simultaneously [7]. DCM can also
52 be associated with these abnormalities, given that their occurrence is related to high-
53 performance strains and higher slaughter weights [7,8]. It must be noted, however, that the
54 etiology of these muscle alterations is not yet fully established, reinforcing the need for further
55 research to reduce losses in the poultry industry. There is also a lack of information on the
56 relationship between physicochemical properties and histopathological parameters in affected
57 ALD muscles. Therefore, considering the importance of understanding abnormalities in
58 chicken meat, this study aimed to evaluate the effects of DCM on meat color, pH, chemical
59 composition, collagen content, fatty acid profile, and histopathological parameters to minimize
60 economic losses and improve the use of affected meat.

61

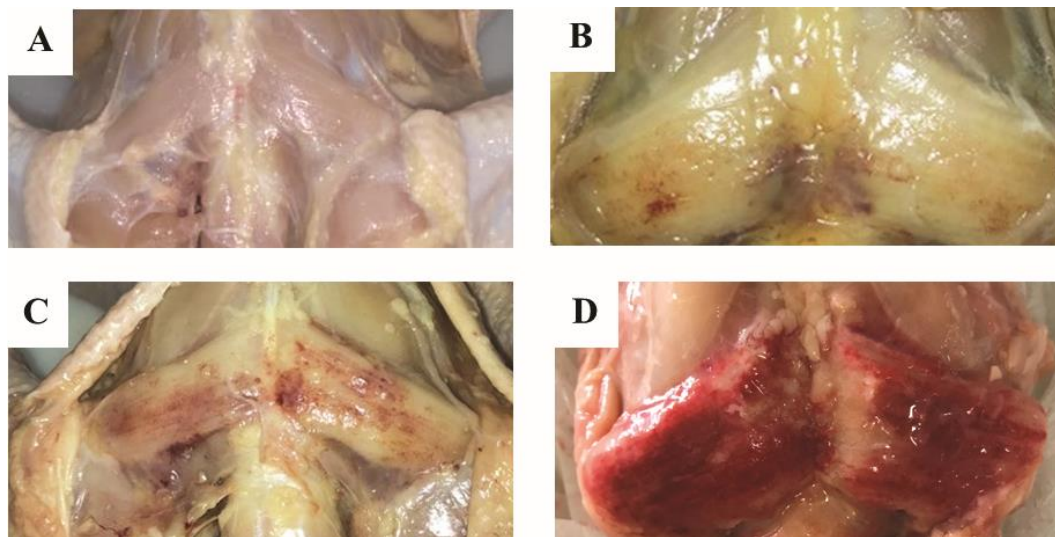
62 **MATERIALS AND METHODS**

63 **Sampling procedures**

64 Sampling was performed in a commercial processing plant located in the state of Paraná,
65 Brazil. Broiler chickens from the same flock and a single strain (Ross 308 AP), 47 days old, of
66 both sexes, weighing about 3.51 kg, were slaughtered according to standard industrial practices:
67 hanging, electrical stunning, bleeding, scalding, defeathering, and evisceration. The Animal
68 Ethics Committee at the State University of Londrina, Brazil, approved this research (protocol
69 number 20962.2019.81).

70 ALD muscle samples were conveniently selected and collected from the federal inspection
71 area. Samples were then classified into two groups through visual assessment by a trained
72 specialist: i) DCM, samples exhibiting yellowish color between the wings, subcutaneous

73 edema, and an odorless, gelatinous, citrine-yellow fluid at the affected site, and ii) normal,
 74 samples with no abnormalities. Figure 1 shows a representative image of DCM and normal
 75 muscles. DCM muscles were hardened, thick, and pale, with the surface partially or fully
 76 covered with scattered hemorrhages. After classification, normal samples (n = 28) and DCM
 77 samples (n = 28) were placed in plastic bags, labeled, maintained at 4°C for 24 h, and subjected
 78 to pH and color (L*, a*, b*) analyses. Samples collected for analysis of chemical composition,
 79 total and soluble collagen contents, and fatty acid profile were maintained at -18°C until use.
 80 Histological analysis was performed on samples collected immediately after slaughter.



81
 82 **Figure 1.** *Anterior latissimus dorsi* (ALD) muscles. (A) Normal ALD muscle. (B, C, D) ALD
 83 muscles affected by (B) moderate, (C) severe, and (D) extreme dorsal cranial myopathy.

84

85 **Histopathological evaluation**

86 Longitudinal and transversal sections of normal and DCM-affected ALD muscles were
 87 prepared for histopathological analysis (5 samples per section per group, totaling 10 samples).
 88 The ends of muscle samples were pinned to a cork sheet to prevent muscle contractions. Muscle
 89 fragments were immersed in 10% buffered formalin solution, dehydrated with ethanol,
 90 diaphanized, and embedded in paraffin. Then, samples were routinely processed for
 91 histopathologic evaluation with hematoxylin and eosin stain. Masson's trichrome stain was used

92 to identify connective tissue and fibrosis in affected muscle fibers. Lesions were identified, and
93 microscopic morphological criteria were assessed based on the findings of Zimmermann et al [8]
94 and Sesterhenn et al [10]. Thus, hyaline myofiber degeneration was characterized by
95 hypercontraction, hypereosinophilia, loss of polyhedral shape (rounding), sarcoplasmic
96 homogenization, and size variations (cross-sections). Segmental necrosis was distinguished by
97 cytoplasmic fragmentation of the myofibers acquiring a flocculent sarcoplasm (floccular
98 necrosis) and macrophage and satellite cells migration into the myofiber. Regenerative findings
99 included nuclear rowing on basophilic narrowed fibers. If edematous vascular granulation
100 tissue and fibrin were found, fibroplasia was diagnosed, however, if proliferative collagenized
101 connective tissue was present, fibrosis was identified. Inflammatory infiltrate was typified when
102 present.

103 The microscopic findings were categorized (A, degenerations/necrosis; B, regeneration; C,
104 fibroplasia; D, fibrosis; and E, inflammation) and semi-quantitatively scored from absent (0
105 points), mild (1 point), moderate (2 points) to severe (3 points). The final score was the sum of
106 the individual scores in each category. The lowest score achievable was 0 and the highest was
107 15. Longitudinal and cross-sections from the same animal were analyzed together. In general,
108 higher scores indicate more severe processes and lower scores indicate milder processes. The
109 combination of different categories indicated polyphasic lesions.

110

111 **pH measurement**

112 pH measurements were performed in duplicate at 24 h post-mortem using a pH meter with
113 an insertion electrode (Testo 205, Lenzkirch, Germany).

114

115 **Color measurement**

116 Color measurements were performed after removing the skin in two points (at different

117 extremities of the ALD muscle) of samples at 24 h post-mortem [12] using a colorimeter
118 (CR400; Konica Minolta, Japan) with CIE-D65 illuminant and CIE 10° standard observer. L*,
119 a*, and b* parameters were measured in the CIELab color system.

120

121 **Chemical composition**

122 Chemical composition of normal (n = 11) and affected (n = 11) ALD muscles were analyzed
123 according to AOAC methods [13]. Moisture was determined after drying 5 g of sample in oven
124 at 105°C to constant weight. Ash was determined by incineration of 5 g of samples in a muffle
125 furnace at 550°C. Lipids were extracted from 1 g of sample in a Soxhlet with petroleum ether.
126 Protein content was determined (0.2 g) by total nitrogen quantification by the Kjeldahl method,
127 using a conversion factor of 6.25.

128

129 **Collagen content**

130 *Total collagen content:* Total collagen content was determined of normal (n = 9) and DCM
131 (n = 9) samples according to the method of Woessner Jr [14]. Initially, 0.5 g of sample was
132 hydrolyzed with 15 mL of 6 mol/L HCl solution at 105°C. The hydrolysate was filtered, and
133 the pH adjusted to between 6.0 and 7.0 with 50% (w/v) NaOH. The volume was completed to
134 250 mL with distilled water. Hydroxyproline concentration was determined after an oxidative
135 reaction with chloramine T and perchloric acid, followed by complexation with *p*-di-
136 methylaminobenzaldehyde. The absorbance was measured at 557 nm on a spectrophotometer.
137 The standard curve was constructed with hydroxyproline (H1637; Sigma-Aldrich, Saint Louis,
138 MO, USA), in the concentration range of 0.5 to 5 µg/mL. The total collagen was calculated
139 from hydroxyproline content using a coefficient of 8.0 [15].

140 *Soluble collagen content:* Soluble collagen of normal (n = 9) and DCM (n = 9) samples was
141 extracted according to the modified method of Penfield and Meyer [16]. A 2.0 g of sample was

142 homogenized with 20 mL of deionized water for 1 min. Then, it was heated in a water bath at
143 80°C for 60 min. Samples were homogenized at 7,500×g using a Turrtec TE- 102 agitator
144 (Tecnal TE-102, Piracicaba, Brazil) and centrifuged for 15 min at 4,000×g. The supernatant
145 was filtered, and 30 mL of 6.0 mol/L HCl solution was added for hydrolysis. Quantification
146 was performed according to the procedure described for total collagen determination.

147 **Fatty acid profile**

148 Lipids were extracted according to the method of Bligh, E.G. and Dyer [17], with
149 modifications. Briefly, 10 g of crushed sample of normal (n = 7) and affected (n = 7) was
150 homogenized in 6 mL of methanol and 12 mL of chloroform for 5 min. Then, the mixture
151 received the addition of 6 mL of chloroform and was homogenized for 2 min. Distilled water
152 (6 mL) was added, and homogenization continued for 5 min. The homogenate was filtered and
153 transferred to a separation funnel, to which 10 mL of saturated NaCl solution was added. After
154 phase separation, the lower phase containing chloroform and fatty matter was collected, and the
155 solvent was evaporated in a rotary evaporator (37°C±2°C) (801; Fisatom, Perdizes, Brazil).
156 Transesterification of fatty acids was achieved according to method 5509 of the International
157 Organization for Standardization [18], using 2 mol/L KOH in methanol and *n*-heptane.

158 Fatty acid methyl esters (FAMES) were analyzed using a Shimadzu GC-17A gas
159 chromatograph equipped with a flame-ionization detector and a capillary column (100 m× 0.25
160 mm) containing 0.25 µm particles in cyanopropyl polysiloxane (CP Sil 88). The column
161 temperature program was as follows: 65°C for 15 min, from 65°C to 165°C at 10°C/min, held
162 at 165°C for 2 min, from 165°C to 185°C at 4°C/min, held at 185°C for 8 min, from 185°C to
163 235°C at 4°C/min, and held at 235°C for 5 min. Detector and injector temperatures were set at
164 260°C, and the split ratio was 1/100. The gas flow rates were 1.2 mL/min for the carrier gas
165 (H₂), 30 mL/min for the auxiliary gas (N₂), and 30 and 300 mL/min for flame gases (H₂ and

166 synthetic air, respectively). Fatty acids were identified by comparing relative retention times of
167 peaks to those of FAME standards (Supelco, Bellefonte, PA, USA). Results are expressed as
168 percentage of normalized area of the fatty acid peak.

169

170 **Statistical analysis**

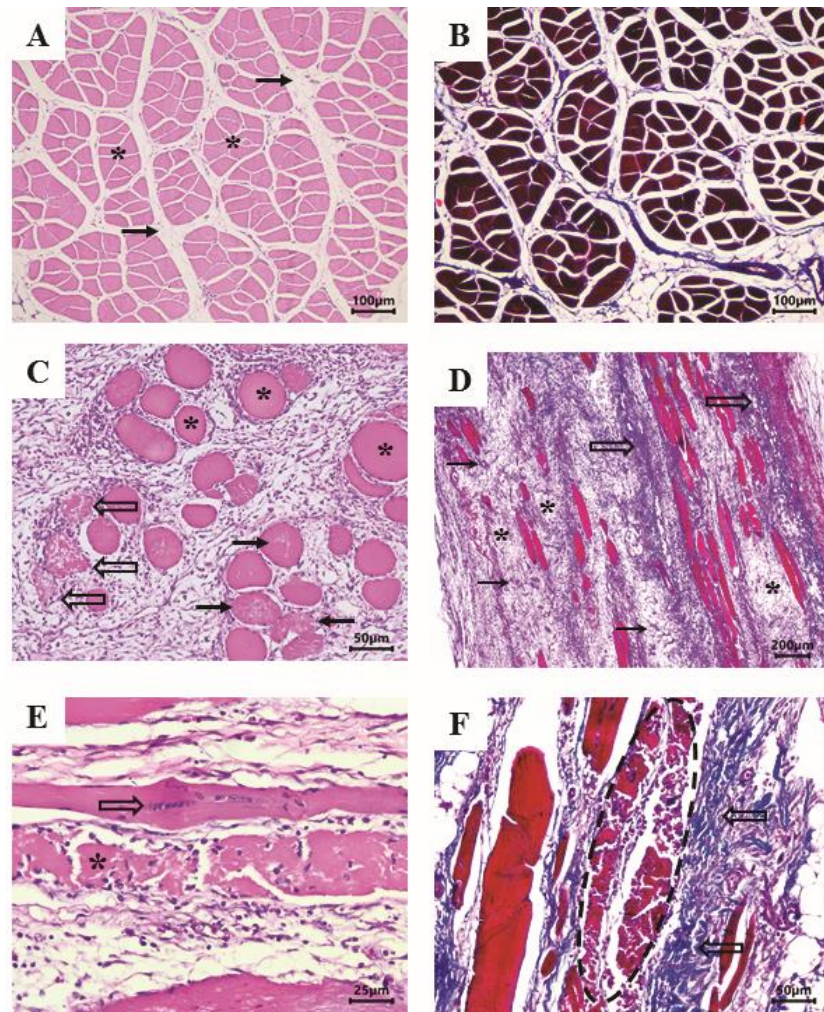
171 The results were submitted to the Shapiro–Wilk normality test ($\alpha = 0.05$). To compare
172 normal and DCM samples, the parametric Student's *t*-test ($p < 0.05$) was applied, using the
173 software Statistica for Windows version 7.0.

174

175 **RESULTS AND DISCUSSION**

176 **Histopathological evaluation**

177 Important histopathological changes (Figure 2) were observed in ALD affected by DCM,
178 which were associated with macroscopic lesions in tissues (Figure 1). Microscopically, ALD
179 lesions exhibited degenerated myofibers surrounded by inflammatory cells (heterophils and
180 macrophages mainly), with loss of polygonal pattern and increased cytoplasmic eosinophilia
181 (Figure 2C). Sesterhenn et al [10] also observed the loss of polyhedral pattern and presence of
182 hypercontraction, hypereosinophilia, sarcoplasmic homogenization, and inflammatory
183 infiltration (predominantly mononuclear) in DCM samples. In assessing other myopathies (WS,
184 WB, and SM), Soglia et al [19] and Baldi et al [5] observed nuclear internalization, loss of cross
185 striations, variable cross-sectional areas (degenerating and regenerating fibers), lipidosis, pro-
186 liferating connective tissue, and fibrosis.



187

188 **Figure 2.** *Anterior latissimus dorsi* (ALD) muscle of broilers. (A, B) Normal skeletal muscle.
 189 (A) Transversal section showing bundles of myofibers with a polygonal pattern (asterisk)
 190 surrounded by a delicate perimysium with moderate fatty tissue infiltration (arrow).
 191 Hematoxylin and eosin (HE), 10×. (B) Same sample shown in panel A. Note the distinction
 192 between connective tissue (blue) and muscle cells (red). Masson's trichrome, 10×. (C, D, E, F)
 193 Muscles affected by dorsal cranial myopathy. (C) Transversal section showing a prevalence of
 194 degenerated myofibers (asterisk), with variable size, rounded shape, and increased cytoplasmic
 195 eosinophilia. Some cells exhibit discrete cytoplasmic fragmentation (arrow), whereas others are
 196 markedly fragmented, to the point of losing their normal morphology, and are surrounded by
 197 an infiltrate of inflammatory cells (outline arrows). Note the spaced-apart myofibers with
 198 endomysial and perimysial proliferation of loose connective tissue. HE, 20×. (D) Longitudinal

199 section showing loss of large amounts of myofibers and marked fibroplasia between the
200 remaining muscle cells, characterized by proliferation of loose, swollen connective tissue
201 (asterisk) and neoformed vessels (arrow), with some highly collagenized fibrotic focuses
202 (stained in blue, outline arrows). Masson's trichrome, 4×. (E) Longitudinal section showing
203 myofibers in regeneration, with reduced diameter and several central nuclei (outline arrow),
204 overlying the necrotic myocyte, markedly fragmented, and infiltrated by inflammatory cells.
205 HE, 40×. (F) Longitudinal section showing necrotic myofibers, fragmented (dashed circle),
206 adjacent to perimysial connective tissue fibrosis (outline arrows). Masson's trichrome, 20×.

207

208 Normal ALD muscle samples also presented microscopic lesions. Although, the scores were
209 lower (from 1 to 4) than DCM-affected muscles (from 3 to 10), as previously observed by other
210 authors [8,10]. These could represent a continuous pattern, early degenerative primary lesions
211 could happen repeatedly inducing polyphasic late lesions, either by continuity of the primary
212 causes or by the self-perpetuation of the lesion. Therefore, the lesions identified presented the
213 following distribution: normal muscle 4 samples showed degenerations/ necrosis (1 point each
214 one), none with regeneration, 1 sample with fibroplasia (1 point), none samples with fibrosis,
215 and 4 samples with inflammation (3 samples with 1 point and 1 sample with 2 points), while
216 DCM muscle presented 5 samples with degenerations/necrosis (3 samples with 2 points and 2
217 samples with 3 points), 5 samples with regeneration (1 point each one), 3 samples with
218 fibroplasia (2 samples with 1 point and 1 sample with 3 points), 3 samples with fibrosis (2
219 samples with 1 point and 1 sample with 2 points) and 5 samples with inflammation (3 samples
220 with 2 points, 1 sample with 3 points and 1 sample with 1 point).

221 DCM samples were found to have the highest microscopic lesional scores, mainly due to
222 degeneration/necrosis, causing loss of myofibers, inflammatory response, and fibroplasia or
223 fibrosis between remaining muscle cells, characterized by proliferation of loose, edematous

224 (immature) connective tissue or collagenized mature connective tissue, respectively (Figure 2D,
225 2F). Fibrosis has been associated with the macroscopic hardness of WB fillets [4]. Geronimo
226 et al [20] confirmed that the raw WB fillets were tougher than unaffected samples by the shear
227 force instrumental measure. Therefore, the fibrosis process could also explain the macroscopic
228 hardness of affected ALD muscles. In some cases, it was possible to identify regenerating
229 myofibers with reduced diameter and several central nuclei (Figure 2E). By contrast, tissues
230 from normal samples did not show inflammatory cells or degenerative/necrotic changes, only
231 moderate infiltration of fatty tissues (Figure 2A, B).

232 These findings indicate that DCM is a polyphasic process. According to Zimmermann et al
233 [8], polyphasic lesions in chickens might be associated with the occurrence of an initial lesion
234 followed by consecutive damage related to increased growth rate and body size.

235

236 **Color and pH**

237 DCM-affected ALD muscles showed higher ($p<0.05$) pH than normal samples (Table 1).
238 This result is in agreement with that observed in other myopathies (WS, WB, and SM) affecting
239 chicken breast meat [5,21,22]. Previous studies correlated high growth rate and muscle yield in
240 chickens with high final pH, attributed to alterations in glycolytic potential [23]. Meat affected
241 by abnormalities has lower glycolytic potential, and, consequently, post-mortem reduction of
242 pH is slower, resulting in higher final pH values than in normal meat [22,24].

243 Regarding meat color (Table 1), L^* (lightness) was lower ($p<0.05$) in DCM samples, which
244 is probably related to the macroscopic lesions found in affected tissues (Figure 1). The
245 parameters a^* (redness/greenness) and b^* (yellowness/ blueness) were higher ($p<0.05$) in DCM
246 than in normal samples, indicating a redder and more yellowish surface. Yellowish color is
247 correlated with the presence of abnormalities, such as WB, as a consequence of the fibrotic
248 response occurring in affected muscles [20,24]. These color changes are associated with

249 superficial hemorrhagic lesions and presence of a citrus yellow gelatinous fluid, characteristic
250 of DCM [8], confirming that DCM affects muscle appearance (Figure 1).

251

252 **Table 1.** Color parameters (L*, a*, and b*) and pH values of normal chicken meat and meat
253 affected by dorsal cranial myopathy (DCM)

Parameters	NORM (<i>n</i> = 25)	DCM (<i>n</i> = 25)
pH	6.25 ^b ± 0.09	6.31 ^a ± 0.08
L* ¹⁾	63.91 ^a ± 1.77	58.78 ^b ± 2.83
a* ¹⁾	6.64 ^b ± 0.75	12.68 ^a ± 3.11
b* ¹⁾	8.26 ^b ± 1.78	14.16 ^a ± 2.46

254 Values are presented as mean±standard deviation.

255 ¹⁾ L*, lightness; a*, redness/greenness; b*, yellowness/blueness.

256 ^{a,b} Means in the same row followed by different lowercase letters are significantly different
257 (Student's *t*-test, $p \leq 0.05$).

258

259 **Chemical composition**

260 The presence of DCM influenced ($p < 0.05$) meat chemical composition (Table 2). Compared
261 with normal samples, DCM samples showed high moisture and ash contents and low protein
262 content ($p < 0.05$). Baldi et al [25], Soglia et al [26], and Geronimo et al [20] reported higher
263 moisture and lower protein contents in meat affected by WS and WB.

264 The increase in moisture is probably related to liquid accumulation (moderate to severe
265 edema) as a result of inflammatory processes [4,26]. The reduction in protein content in ab-
266 normal meat has been associated with myodegeneration and reorganization of muscle tissue,
267 resulting in replacement of muscle fibers with fat and connective tissues [3,20,26]. Here, we
268 did not observe differences ($p \geq 0.05$) in lipid content between samples, in contrast to the results
269 of Soglia et al [26] and Geronimo et al [20] for WS and WB fillets.

270 In a previous study on turkey breast affected by a severe degree of WS, Carvalho et al [27]
271 found higher ash contents in affected samples (normal = 1.67 g/100 g, WS = 1.81 g/100 g).

272 Soglia et al [26], on the other hand, found reduced ash content in chicken breast affected by
 273 WB and WB/WS (normal = 1.37 g/100 g, WB = 1.26 g/100 g, WB/WS = 1.21 g/100 g).

274

275 **Table 2.** Chemical composition of normal chicken meat and meat affected by dorsal cranial
 276 myopathy (DCM).

Parameters	NORM ($n = 11$)	DCM ($n = 11$)
Moisture (g 100g ⁻¹)	75.73 ^b ± 1.14	77.12 ^a ± 1.60
Ashes (g 100g ⁻¹)	0.64 ^b ± 0.05	0.73 ^a ± 0.03
Proteins (g 100g ⁻¹)	17.84 ^a ± 0.67	16.01 ^b ± 1.10
Lipids (g 100g ⁻¹)	9.93 ^a ± 2.06	8.36 ^a ± 1.52

277 Values are presented as mean±standard deviation.

278 ^{a,b} Means in the same row followed by different lowercase letters are significantly different
 279 (Student's *t*-test, $p < 0.05$).

280

281 Collagen content

282 DCM increased ($p < 0.05$) the concentration of total and insoluble collagen in muscles (Table
 283 3) but did not alter soluble collagen content ($p \geq 0.05$). Collagen function is related to structure;
 284 the protein contributes to tissue shape and mechanical properties [28]. No literature data were
 285 found on the collagen content of DCM meat. However, the results are consistent with reports
 286 of other abnormalities in chicken meat. Mudalal et al [21] and Geronimo et al [20], in studying
 287 WS and WB, reported that total collagen content was higher in affected meat than in normal
 288 samples. Hasegawa et al [29] observed that muscles affected by WB have twice the total
 289 collagen content of normal meat.

290 Such changes are related to myodegeneration, muscle tissue regeneration, and deposition of
 291 interstitial connective tissue or fibrosis (Figure 2), which contribute to excessive formation of
 292 cross-links, making collagen more insoluble and, consequently, increasing meat rigidity
 293 [26,30]. Sanden et al [31] observed that WB samples were rich in connective tissue, in which
 294 thin and thick collagen fibers occurred in a disarranged mixture, whereas normal fillets

295 contained mature thick collagen fiber bundles packed in organized structures. The authors
 296 concluded that the high hardness of raw WB meat is attributed to extensive deposition of
 297 connective tissue. Thus, in the current study, the high ($p < 0.05$) insoluble and total collagen
 298 contents of DCM samples may explain the hard consistency of affected ALD muscles.

299 Collagen/protein ratio was higher ($p < 0.05$) in DCM samples, suggesting reduced nutritional
 300 value.

301

302 **Table 3.** Total, soluble, and insoluble collagen contents of normal chicken meat and meat
 303 affected by dorsal cranial myopathy (DCM)

Parameters	NORM ($n = 9$)	DCM ($n = 9$)
Total collagen ($\text{g } 100\text{g}^{-1}$)	$1.35^b \pm 0.15$	$1.55^a \pm 0.20$
Soluble collagen ($\text{g } 100\text{g}^{-1}$)	$0.12^a \pm 0.02$	$0.12^a \pm 0.04$
Insoluble collagen ($\text{g } 100\text{g}^{-1}$)	$1.24^b \pm 0.14$	$1.43^a \pm 0.18$
Collagen/protein ratio	7.58^b	9.67^a

304 Values are presented as mean \pm standard deviation.

305 ^{a,b} Means in the same row followed by different lowercase letters are significantly different
 306 (Student's *t*-test, $p \leq 0.05$).

307

308 Fatty acid profile

309 Fatty acid profiles are reported in Table 4. Overall, DCM did not influence ($p \geq 0.05$)
 310 saturated, monounsaturated, or polyunsaturated fatty acid contents. However, C20:4n-6
 311 (arachidonic acid) and C20:5n-3 (eicosapentaenoic acid) contents were higher ($p < 0.05$) in
 312 DCM-affected ALD muscles. These findings may be related to inflammatory responses, as
 313 previously discussed (Figure 2C), which are usually associated with a higher proportion of
 314 arachidonic acid [32].

315 Soglia et al [33] found that WB fillets had a higher level of Ca^{2+} . An increase in Ca^{2+} may
 316 promote degenerative processes through activation of phospholipase A2, a lipolytic enzyme
 317 that affects the phospholipid membrane, releasing unsaturated fatty acids, mainly arachidonic

318 acid [34,35]. The specific mineral content of DCM muscles is unknown. Here, we observed
 319 that ash content was higher in DCM samples (Table 2). The increase in ash content could be
 320 related to an increase in Ca²⁺ content.

321 The action of eicosapentaenoic acid (n-3) is opposite to the inflammatory effects of
 322 arachidonic acid (n-6) [32]. These polyunsaturated fatty acids are produced and accumulated
 323 on the basis of tissue needs [36]. Higher amounts of eicosapentaenoic acid in DCM samples
 324 might therefore be associated with an attempt to regulate inflammatory processes and maintain
 325 homeostasis. Further studies are needed to elucidate the factors and mechanisms underlying the
 326 increase in fatty acid concentrations in poultry meat affected by DCM.

327

328 **Table 4.** Fatty acid profile of normal chicken meat and meat affected by dorsal cranial
 329 myopathy (DCM)

Fatty acid (%)	NORM (n = 7)	DCM (n = 7)
C14:0 (myristic)	0.53 ^a ± 0.00	0.50 ^a ± 0.00
C16:0 (palmitic)	18.68 ^a ± 0.04	21.17 ^a ± 0.01
C16:1 (palmitoleic)	4.09 ^a ± 0.01	3.67 ^a ± 0.01
C18:0 (stearic)	5.25 ^a ± 0.02	6.53 ^a ± 0.01
C18:1n-9 (oleic)	39.45 ^a ± 0.03	36.98 ^a ± 0.01
C18:2n-6 (linoleic)	28.65 ^a ± 0.02	27.79 ^a ± 0.02
C20:1n-9 (gadoleic)	0.16 ^a ± 0.00	0.11 ^a ± 0.00
C18:3n-3 (α-linolenic)	2.39 ^a ± 0.00	2.16 ^a ± 0.00
C20:2n-6 (eicosadienoic)	0.16 ^a ± 0.00	0.18 ^a ± 0.00
C20:3n-6 (dihomo-γ-linolenic)	0.16 ^a ± 0.00	0.15 ^a ± 0.00
C20:4n-6 (arachidonic)	0.38 ^b ± 0.00	0.55 ^a ± 0.00
C20:5n-3 (EPA)	0.12 ^b ± 0.00	0.18 ^a ± 0.00
∑ SFA	24.46 ^a ± 0.06	28.21 ^a ± 0.01
∑ MUFA	43.69 ^a ± 0.04	41.00 ^a ± 0.01
∑ PUFA	31.85 ^a ± 0.02	31.00 ^a ± 0.02
∑ PUFA/SFA	1.40 ^a ± 0.49	1.10 ^a ± 0.11
n-6/n-3	11.76 ^a ± 0.50	12.28 ^a ± 0.63

330 Values are presented as mean±standard deviation.

331 EPA, eicosapentaenoic acid, SFA, saturated fatty acids, MUFA, monounsaturated fatty acids,
 332 PUFA, polyunsaturated fatty acids.

333 ^{a,b} Means in the same row followed by different lowercase letters are significantly different

334 (Student's *t*-test, $p \leq 0.05$).

335

336 **CONCLUSION**

337 DCM causes significant changes in the physicochemical, structural, and histopathological
338 characteristics of meat. DCM-affected muscles showed fragmented myofibers with excessive
339 fibroplasia, necrosis, and fibrosis, resulting in meat with a notably redder and more yellowish
340 color. DCM samples had higher moisture, ash, and collagen contents and reduced protein
341 concentration. As a consequence, muscle consistency was considerably affected. Higher
342 percentages of arachidonic and eicosapentaenoic acids were observed in DCM samples,
343 indicating an inflammatory response. The magnitude of the effects of DCM demonstrated that
344 this abnormality is an important quality issue in the poultry industry.

345

346 **CONFLICT OF INTEREST**

347 We certify that there is no conflict of interest with any financial organization regarding the
348 material discussed in the manuscript. Torezan GB is an employee of Lar Cooperativa
349 Agroindustrial.

350

351 **FUNDING**

352 The authors received no financial support for this article.

353

354 **ACKNOWLEDGMENTS**

355 The authors would like to thank the Brazilian Federal Agency for Support and Evaluation of
356 Graduate Education (CAPES) and Brazilian National Council for Scientific and Technological
357 Development (CNPq).

358

359 REFERENCES

- 360 1. Zapata I, Reddish JM, Miller MA, Lilburn MS, Wick M. Comparative proteomic
361 characterization of the sarcoplasmic proteins in the pectoralis major and supracoracoideus
362 breast muscles in 2 chicken genotypes. *Poult Sci* 2012; 91:1654-9.
363 <https://doi.org/10.3382/ps.2011-02029>
- 364 2. Kuttappan VA, Hargis BM, Owens CM. White striping and woody breast myopathies in
365 the modern poultry industry: a review. *Poult Sci* 2016; 95:2724-33.
366 <https://doi.org/10.3382/ps/pew216>
- 367 3. Kuttappan VA, Brewer VB, Apple JK, Waldroup PW, Owens CM. Influence of growth
368 rate on the occurrence of white striping in broiler breast fillets. *Poult Sci* 2012; 91:2677-85.
369 <https://doi.org/10.3382/ps.2012-02259>
- 370 4. Sihvo HK, Immonen K, Puolanne E. Myodegeneration with fibrosis and regeneration in
371 the pectoralis major muscle of broilers. *Vet Pathol* 2014; 51:619-23.
372 <https://doi.org/10.1177/0300985813497488>
- 373 5. Baldi G, Soglia F, Mazzoni M, et al. Implications of white striping and spaghetti meat
374 abnormalities on meat quality and histological features in broilers. *Animal* 2018; 12:164- 73.
375 <https://doi.org/10.1017/S1751731117001069>
- 376 6. Kato T, Mastelini SM, Campos GFC, et al. White striping degree assessment using
377 computer vision system and consumer acceptance test. *Asian-Australas J Anim Sci* 2019; 32:
378 1015-26. <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0504>
- 379 7. Petracci M, Soglia F, Madruga M, Carvalho L, Ida EI, Estévez M. Wooden-breast, white
380 striping, and spaghetti meat: causes, consequences and consumer perception of emerging
381 broiler meat abnormalities. *Compr Rev Food Sci Food Saf* 2019; 18: 565-83.
382 <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12431>
- 383 8. Zimmermann FC, Fallavena LCB, Salle CTP, et al. Downgrading of heavy broiler chicken
384 carcasses due to myodegeneration of the Anterior latissimus dorsi: pathologic and
385 epidemiologic studies. *Avian Dis* 2012; 56:418-21. [https://doi.org/10.1637/9860-072111-
386 Case.1](https://doi.org/10.1637/9860-072111-Case.1)
- 387 9. Brasil. Ministério da Agricultura, Abastecimento e Pecuária. Manual de procedimentos
388 de inspeção e fiscalização de aves e derivados em estabelecimentos sob inspeção federal.
389 Brasília: MAPA, 2021.
- 390 10. Sesterhenn R, Siqueira FM, Hamerski AC, et al. Histomorphometric study of the
391 anterior latissimus dorsi muscle and evaluation of enzymatic markers of broilers affected with

- 392 dorsal cranial myopathy. *Poult Sci* 2017; 96:4217-23. <https://doi.org/10.3382/ps/pex252>
- 393 11. Lourenço da Silva MI, Almeida Paz ICDL, Chaves GHC, et al. Behaviour and animal
394 welfare indicators of broiler chickens housed in an enriched environment. *Plos one* 2021;
395 16:e0256963. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0256963>
- 396 12. Soares AL, Lara JAF, Ida EI, Guarnieri PD, Olivo R, Shimokomaki M. Variation in the
397 colour of Brazilian broiler breast fillet. *Proceedings International Congress of Meat Science*
398 *Technology*. 2002; 48:540-1. Rome, Italy. [http://icomst-pro](http://icomst-proceedings.helsinki.fi/papers/2002_06_44.pdf)
399 [ceedings.helsinki.fi/papers/2002_06_44.pdf](http://icomst-proceedings.helsinki.fi/papers/2002_06_44.pdf)
- 400 13. AOAC. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists.
401 19th ed. Arlington, VA, USA: AOAC International; 2012.
- 402 14. Woessner Jr, JF. The determination of hidroxiprolin in tissue and protein samples
403 containing small proportions of this amino acid. *Arch Biochem Biophys* 1961; 93:440-7.
404 [https://doi.org/10.1016/0003-9861\(61\)90291-0](https://doi.org/10.1016/0003-9861(61)90291-0)
- 405 15. Kolar K. Colorimetric determination of hydroxyproline as measure of collagen content
406 in meat and meat products: NMKL collaborative study. *J Assoc Off Anal Chem* 1990; 73:54-
407 7. <https://doi.org/10.1093/jaoac/73.1.54>
- 408 16. Penfield MP, Meyer BH. Changes in tenderness and collagen of beef semitendinosus
409 muscle heated at two rates. *J Food Sci* 1975; 40:150-4. [https://doi.org/10.1111/j.1365-](https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1975.tb03758.x)
410 [2621.1975.tb03758.x](https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1975.tb03758.x)
- 411 17. Bligh EG, Dyer WJ. A rapid method of total lipid extraction and purification. *Can J*
412 *Biochem Physiol* 1959; 37:911-7. <https://doi.org/10.1139/o59-099>
- 413 18. International Organization for Standardization. ISO 5509: animal and vegetable fats and
414 oils: preparation of methyl esters of fatty acids. London, UK: International Organization for
415 Standardization; 1978.
- 416 19. Soglia F, Gao J, Mazzoni M, et al. Superficial and deep changes of histology, texture
417 and particle size distribution in broiler wooden breast muscle during refrigerated storage. *Poult*
418 *Sci* 2017; 96:3465-72. <https://doi.org/10.3382/ps/pex115>
- 419 20. Geronimo BC, Prudencio SH, Soares AL. Biochemical and technological characteristics
420 of wooden breast chicken fillets and their consumer acceptance. *J Food Sci Technol* 2021;
421 59:1185-92. <https://doi.org/10.1007/s13197-021-05123-3>
- 422 21. Mudalal S, Lorenzi M, Soglia F, Cavani C, Petracci M. Implications of white striping
423 and wooden breast abnormalities on quality traits of raw and marinated chicken meat. *Animal*
424 2015; 9:728-34. <https://doi.org/10.1017/S175173111400295X>
- 425 22. Tasoniero G, Zhuang H, Gamble GR, Bowker BC. Effect of spaghetti meat abnormality

- 426 on broiler chicken breast meat composition and technological quality. *Poult Sci* 2020; 99: 1724-
427 33. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.10.069>
- 428 23. Berri C, Le Bihan-Duval E, Debut M, et al. Consequence of muscle hypertrophy on
429 characteristics of Pectoralis major muscle and breast meat quality of broiler chickens. *J Anim*
430 *Sci* 2007; 85:2005-11. <https://doi.org/10.2527/jas.2006-398>
- 431 24. Petracci M, Soglia F, Berri C. Muscle metabolism and meat quality abnormalities. In:
432 Petracci M, Berri C, editors. Woodhead publishing series in food science, technology and
433 nutrition, poultry quality evaluation. Duxford, UK: Woodhead Publishing; 2017. pp. 51-75.
434 <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100763-1.00003-9>
- 435 25. Baldi G, Soglia F, Laghi L, et al. Comparison of quality traits among breast meat
436 affected by current muscle abnormalities. *Food Res Int* 2019; 115:369-76.
437 <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.11.020>
- 438 26. Soglia F, Laghi L, Canonico L, Cavani C, Petracci M. Functional property issues in
439 broiler breast meat related to emerging muscle abnormalities. *Food Res Int* 2016; 89:1071-6.
440 <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.04.042>
- 441 27. Carvalho LT, Owens CM, Giampietro-Ganeco A, et al. Quality of turkeys breast meat
442 affected by white striping myopathy. *Poult Sci* 2021; 100:101022.
443 <https://doi.org/10.1016/j.psj.2021.101022>
- 444 28. Silver FH, Jaffe M, Shah RG. Structure and behavior of collagen fibers. In Handbook
445 of properties of textile and technical fibres. Sawston, UK: Woodhead Publishing; 2018. pp.
446 345- 65. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101272-7.00011-0>
- 447 29. Hasegawa Y, Hara T, Kawasaki T, Yamada M, Watanabe T, Iwasaki T. Effect of
448 wooden breast on postmortem changes in chicken meat. *Food Chem* 2020; 315:126285.
449 <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.26285>
- 450 30. Velleman SG, Clark DL. Histopathologic and myogenic gene expression changes
451 associated with wooden breast in broiler breast muscles. *Avian Dis* 2015; 59:410-8.
452 <https://doi.org/10.1637/11097-042015-Reg.1>
- 453 31. Sanden KW, Böcker U, Ofstad R, et al. Characterization of collagen structure in normal,
454 wooden breast and spaghetti meat chicken fillets by FTIR microspectroscopy and histology.
455 *Foods* 2021; 10:548. <https://doi.org/10.3390/foods10030548>
- 456 32. Calder PC. Long-chain fatty acids and inflammation. *Proc Nutr Soc* 2012; 71:284-9.
457 <https://doi.org/10.1017/S0029665112000067>
- 458 33. Soglia F, Mudalal S, Babini E, et al. Histology, composition, and quality traits of
459 chicken Pectoralis major muscle affected by wooden breast abnormality. *Poult Sci* 2016;

- 460 95:651-9. <https://doi.org/10.3382/ps/pev353>
- 461 34. Sandercock DA, Mitchell MA. Myopathy in broiler chickens: a role for Ca (2+)-
462 activated phospholipase A2? *Poult Sci* 2003; 82:1307-12. <https://doi.org/10.1093/ps/82.8.1307>
- 463 35. Murakami M, Kudo I. Phospholipase A2. *J Biochem* 2002; 131:285-92.
464 <https://doi.org/10.1093/oxfordjournals.jbchem.a003101>
- 465 36. Saini RK, Keum YS. Omega-3 and omega-6 polyunsaturated fatty acids: Dietary
466 sources, metabolism, and significance— A review. *Life Sci* 2018; 203:255-67.
467 <https://doi.org/10.1016/j.lfs.2018.04.049>

1 5.2 ARTIGO CIENTÍFICO 2

2

3 **INCLUSÃO DE COLÁGENO HIDROLISADO COMO SUBSTITUTO PARCIAL DE**
4 **GORDURA EM HAMBÚRGUERES DE FRANGO PRODUZIDOS COM *WHITE***
5 ***STRIPING*: ELABORAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO**

6

7 Ana Clara Longhi *Pavanello*^{1*}, Rebeca Priscila Flora *Catarino*¹, Claudimara da Silva
8 *Portela*¹, Jaquellyne Bittencourt Moraes Duarte da *Silva*¹, Bárbara Geremia *Vicenzi*¹,
9 Fernanda Jéssica *Mendonça*², Sandra Helena Prudencio¹, Tatiana Colombo *Pimentel*³,
10 Adriana Lourenço *Soares*¹

11

12 ***Autor correspondente: Ana Clara Longhi Pavanello**

13 Tel: +55 43 98834-0505, Fax: +55 43 3371-4080, e-mail: longhi.pavanello@gmail.com

14

15 ¹ Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos,
16 Rod. Celso Garcia Cid, Km 380, 86057-970, Londrina, PR, Brasil

17 ² Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Av. dos Pioneiros, 3131 - Jardim Morumbi,
18 86036-370, Londrina, PR, Brasil

19 ³ Instituto Federal do Paraná, Av. José Felipe Tequinha, 1400 - Jardim das Nações, 87703-536,
20 Paranavaí, PR, Brasil

21

22

23

24

25

26

27 **Resumo**

28 O white striping (WS) é uma anomalia caracterizada pelo aparecimento de estrias brancas nos
29 músculos *Pectoralis major*, e está associada a um maior teor de lipídios em sua composição. O
30 objetivo deste estudo foi desenvolver hambúrgueres com files de peito normais (FN) e com
31 WS, no qual na sua formulação a gordura animal (pele de frango) foi substituída por 0, 50 e
32 75% por colágeno hidrolisado, proporcionando os tratamentos: FN0, FN50, FN75, FWS0,
33 FWS50 E FWS75. As amostras foram submetidas a caracterização físico-química, tecnológica,
34 estabilidade oxidativa (TBARS), perfil de textura e sensorial. A FWS0 teve o pH mais alto ao
35 longo do armazenamento, e a adição de CH reduziu o pH nas formulações. A composição
36 química foi afetada pela substituição de gordura e pelo tipo de filé utilizado. Amostras com
37 substituição obtiveram menor teor de umidade e lipídios e maior conteúdo de proteínas e
38 colágeno. A FWS0 apresentou melhor rendimento, menor encolhimento e maior retenção de
39 água. A dureza e mastigabilidade também foram maiores para amostras com adição de CH. As
40 formulações com carne WS mostraram maior oxidação durante o armazenamento em
41 comparação com as de carne normal, entretanto os níveis TBARS (0,103 a 0,152 mg de
42 malonaldeído kg⁻¹) estiveram abaixo dos limites de percepção de rancidez. Quanto a análise
43 sensorial, todas as amostras foram bem aceitas. Os resultados sugerem que a carne de frango
44 WS pode ser utilizada na produção de hambúrgueres com 50% de substituição de gordura
45 animal por CH sem prejudicar a qualidade dos produtos obtidos.

46

47 **Palavras-chave:** Check-all-that-apply; Produto cárneo; Miopatia.

48

49 **1. Introdução**

50 O desenvolvimento da ciência avícola permitiu o aumento da produtividade da carne de
51 frango ao longo do tempo. Entretanto, o alto rendimento de carcaça tem sido relacionado ao

52 surgimento de miopatias (Barbut, 2019; Petracci et al., 2015). A anormalidade denominada
53 white striping (WS) é visualmente caracterizada pela presença de estrias brancas paralelas à
54 direção das fibras musculares na superfície do peito (*Pectoralis major muscle*), e
55 histologicamente apresenta deposição anormal de tecido adiposo no nível do perimísio
56 (lipidose) (Soglia et al., 2019). A presença do WS pode influenciar de maneira significativa na
57 aceitação pelo consumidor (Carvalho et al., 2020).

58 A aplicação da carne WS em produtos processados pode ser uma alternativa para a redução
59 de perdas econômicas decorrentes da rejeição pelo consumidor. O hambúrguer é um produto
60 amplamente consumido em todo o mundo, devido às suas características sensoriais e
61 praticidade no preparo, porém, geralmente possui alto teor de gordura animal em sua
62 composição.

63 O colágeno hidrolisado (CH) é um grupo de peptídeos de baixo peso molecular que pode ser
64 extraído de diferentes fontes, como de bovinos ou suínos. O CH tem sido aplicado em produtos
65 cárneos com o intuito de melhorar a função gelificante, capacidade de retenção de água,
66 aumentar o teor de proteínas e como substituto de gordura (León-López et al., 2019; Sousa et
67 al., 2017). Sendo assim, considerando a menor aceitação pelo consumidor de filés WS e a
68 possibilidade de melhorar as características de produtos cárneos com a adição de CH, o objetivo
69 deste trabalho foi elaborar, caracterizar e avaliar sensorialmente hambúrgueres de carne de
70 frango com WS utilizando CH como substituto parcial da gordura.

71

72 **2. Material e métodos**

73

74 **2.1 Coleta das amostras**

75 O colágeno hidrolisado (CH) de bovino em pó foi doado por uma empresa de Jundiaí, São
76 Paulo, Brasil. A caracterização do CH está apresentada na Tabela 1 em material suplementar.

77 As amostras de peito de frango foram coletadas em frigorífico localizado no estado do Paraná,
78 Brasil. Os filés eram provenientes de frangos de sexagem mista e linhagem Cobb com idade de
79 43 dias e peso médio de 3,32 kg. Os frangos foram abatidos conforme procedimento padrão.
80 As amostras foram classificadas em dois grupos por especialista treinado a partir de inspeção
81 visual, i) Normal, amostras sem presença de estrias brancas na superfície, e ii) WS, amostras
82 com presença de estrias brancas paralelas às fibras musculares.

83

84 2.2 Desenvolvimento e caracterização dos hambúrgueres de frango

85 *Elaboração dos hambúrgueres de frango*

86 Foram elaborados hambúrgueres de carne de frango com filés Normais e WS com
87 substituição de 0%, 50% e 75% de gordura animal por colágeno hidrolisado, sendo
88 denominados de FN0, FN50, FN75 e FWS0, FWS50 e FWS75, respectivamente. O peito
89 (68,49%) e a pele de frango (15%) foram triturados e homogeneizados em um processador de
90 alimentos (Multi Pro All in One 2, Philco, Brasil), juntamente com a água gelada (10%). Em
91 seguida, os demais ingredientes (colágeno hidrolisado: de acordo com a formulação, proteína
92 isolada de soja 4%, sal 1,7%, eritorbato de sódio 0,25%, alho em pó 0,25%, cebola em pó
93 0,11%, pimenta branca em pó 0,20%) foram adicionados e misturados até a completa
94 homogeneização. Os hambúrgueres foram moldados em unidades de aproximadamente 90g (\pm
95 10g), transferidos para uma bandeja de isopor, embalados em saco plástico e identificados com
96 seus respectivos códigos. As amostras foram armazenadas a -18 °C até o momento das análises.
97 No total, foram elaborados 192 hambúrgueres, sendo 32 de cada formulação.

98

99 *Análises físico-químicas e caracterização química dos hambúrgueres*

100 Os hambúrgueres foram avaliados quanto a sua composição química aproximada e
101 estabilidade dos parâmetros de qualidade durante o período de armazenamento (2, 15, 30 e 45

102 dias após a elaboração).

103 A composição química dos hambúrgueres foi determinada de acordo com a metodologia
104 padrão da AOAC (2012). A umidade por secagem a 105 °C. O teor de cinzas por incineração
105 em mufla a 550 °C. Os lipídios por Soxhlet com éter de petróleo, após hidrólise ácida (Bridi &
106 Silva, 2009). O teor de proteínas por Kjeldahl, usando o fator de conversão de 6,25.

107 O teor de colágeno total foi determinado de acordo com o método de Woessner (1961).
108 Inicialmente 0,25 g de amostra foi hidrolisada com 15,0 mL de solução de HCl 6,0 mol L⁻¹ a
109 105°C. O hidrolisado foi filtrado e o pH ajustado entre 6,0 e 7,0 com NaOH % (m/v), e diluído
110 com água destilada para 250,0 mL. A concentração de hidroxiprolina foi determinada após
111 reação oxidativa com cloramina T e ácido perclórico. A absorbância foi medida a 557 nm em
112 um espectrofotômetro. A curva padrão foi construída com hidroxiprolina, na faixa de
113 concentração de 0,5 a 5 µg mL utilizando um coeficiente de 8,0 (Kolar, 1990). Para o teor de
114 colágeno solúvel, foi utilizado o método modificado de Penfield & Meyer (1975). Foram
115 homogeneizados 2,0 g de amostra e 20,0 mL de água destilada por 1 minuto. Em seguida,
116 aquecido em banho-maria a 80 °C por 60 minutos. As amostras foram homogeneizadas
117 utilizando Turrax (Tecnal TE-102, Piracicaba, Brasil) e centrifugadas por 15 minutos a
118 4,000×g. O sobrenadante foi filtrado, e 30,0 mL de HCl 6,0 mol L⁻¹ foram adicionados para a
119 hidrólise. A quantificação foi realizada de acordo com o procedimento descrito para a
120 determinação do teor de colágeno total (Woessner, 1961).

121 As medidas de pH foram obtidas na região lateral das amostras utilizando-se um
122 potenciômetro com eletrodo de inserção (Testo 205, Testo, Alemanha). A cor foi determinada
123 utilizando um colorímetro (CR400; Konica Minolta, Japão) com iluminante CIE-D65 e
124 observador padrão CIE 10°. Os parâmetros L*, a* e b* foram medidos no sistema de cores
125 CIELab.

126 Para a análise de rendimento, as amostras foram pesadas antes e após o cozimento em um

127 *grill* a 215 °C por 3 minutos de cada lado sem a tampa e mais 3 minutos com a tampa. O
128 rendimento foi expresso em porcentagem de acordo com a equação 1:

$$129 \quad \% \text{ de rendimento} = 100\% - \left[\left(\frac{P_i - P_f}{P_i} \right) \times 100\% \right] \quad (1)$$

130 onde, P_i = peso inicial da amostra e P_f = peso final da amostra após cozimento.

131 Para avaliação do encolhimento, foi utilizado um paquímetro digital. O diâmetro das
132 amostras foi medido antes e após o cozimento (de acordo com a análise de rendimento). O
133 resultado foi expresso em percentual de encolhimento, conforme a equação 2:

$$134 \quad \% \text{ de encolhimento} = \left[\left(\frac{D_i - D_f}{D_i} \right) \times 100\% \right] \quad (2)$$

135 onde, D_i = diâmetro inicial e D_f = diâmetro final.

136 O perfil de textura (TPA) foi realizado em um texturômetro TA-XT2i (Stable Micro
137 Systems, Reino Unido), com probe cilíndrico (P35), conforme descrito por Bourne (1978). Os
138 parâmetros empregados foram altura 50 mm, velocidade de pré-teste 5,0 cm min⁻¹, velocidade
139 de teste 20,0 cm min⁻¹, velocidade de pós-teste 10 cm min⁻¹, distância 0,70 cm e força 0,98 N.
140 Após o cozimento (de acordo com a análise de rendimento), os hambúrgueres foram cortados
141 em cubos de 1 cm³. Os parâmetros avaliados foram dureza, elasticidade, coesividade,
142 mastigabilidade e resiliência.

143 A determinação da atividade de água (a_w) de foi realizada pelo método de ponto de orvalho
144 no equipamento Aqualab Dew Point 4TEV.

145 A medida de capacidade de retenção de água (CRA) foi realizada de acordo com o método
146 proposto por Troy, Desmond & Buckley (1999). As amostras (10g) foram transferidas para
147 tubos plásticos e aquecidas em banho-maria a 90 °C, por 10 min. Em seguida, foram resfriadas
148 à temperatura ambiente, envolvidas em gaze e transferidas para tubos de centrífuga, contendo
149 algodão em sua base. As amostras foram centrifugadas a 8.200 rpm a 4 °C, por 10 minutos, e
150 pesadas novamente. A CRA das amostras foi determinada a partir da Equação 3:

$$151 \quad \% \text{ CRA} = 1 - \left[\left(\frac{P_i - P_f}{U} \right) \times 100\% \right] \quad (3)$$

152 onde, P_i = peso inicial da amostra, P_f = peso final da amostra e U = umidade da amostra.

153

154 *Avaliação da oxidação lipídica*

155 A oxidação lipídica dos hambúrgueres foi avaliada após 2, 15, 30 e 45 dias de
156 armazenamento a $-18\text{ }^\circ\text{C}$, pelo método de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS),
157 via técnica de precipitação. Inicialmente, as amostras (10,0 g) foram homogeneizadas a 15,0
158 mL de ácido tricloroacético 7,5% (m v^{-1}) em turrax (Turratec TE-102, Tecnal, Brasil) por 1
159 minuto (7000 rpm), centrifugadas por 10 minutos (6000 rpm, $20\text{ }^\circ\text{C}$) e filtradas em papel filtro.
160 O extrato coletado foi utilizado para reação de derivatização conforme descrito por Tarlagdgis
161 et al. (1960). Os valores para TBARS foram expressos por mg de malonaldeído (MDA) kg^{-1} de
162 amostra.

163

164 2.3 Análise sensorial

165 Este estudo foi aprovado pelo Comitê de ética em pesquisa envolvendo seres humanos da
166 Universidade Estadual de Londrina (CAAE: 61710122.1.0000.5231). A análise sensorial foi
167 realizada com 100 provadores não treinados consumidores de hambúrguer (68 = feminino e 32
168 = masculino, com idade entre 18 a 50 anos) que foram recrutados aleatoriamente na
169 Universidade Estadual de Londrina. Inicialmente, os participantes receberam uma amostra de
170 hambúrguer (20g) previamente cozido (temperatura interna de $72\text{ }^\circ\text{C}$) de forma monádica em
171 pratos de plástico brancos identificados com números aleatórios de 3 dígitos. Em seguida, os
172 consumidores foram solicitados a avaliar a aceitação por meio de uma escala hedônica de 9
173 pontos (1 = desgostei muito; 9 = gostei muito), considerando aparência, aroma, sabor, textura
174 e impressão global. Após, os provadores avaliaram a intenção de compra (1 = certamente não
175 compraria o produto; 5 = certamente compraria o produto). Ao final, os participantes
176 responderam um questionário CATA (check-all-that-apply). A seleção dos atributos para o

177 questionário CATA foi baseada em estudos sobre a descrição sensorial de produtos cárneos
178 com baixo teor de gordura (Alves et al., 2016; Heck et al., 2017). Os atributos aparência (cor
179 pálida, cor típica, estranha e oleosa), aroma (suave, ranço, típico e gorduroso), sabor (suave,
180 ranço, típico, amargo, atípico, temperado e gorduroso), e textura (típica, emborrachada, difícil
181 de mastigar, suculento e duro) foram utilizados para caracterizar o perfil sensorial dos
182 hambúrgueres.

183

184 2.4 Análise estatística

185 Os resultados das análises de composição e tempo de armazenamento dos hambúrgueres
186 foram submetidos à análise de variância (ANOVA), seguido pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$),
187 utilizando o programa estatístico R 4.3.0 (R Core Team, 2023).

188 Em relação a análise sensorial, os resultados obtidos para o teste de aceitação e intenção de
189 compra foram submetidos à ANOVA, seguido pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Para os dados
190 referentes ao CATA, o teste Q de Cochran ($p \leq 0,05$) foi aplicado a cada atributo sensorial para
191 avaliar possíveis diferenças entre formulações com respostas binárias. Também foi realizada
192 uma análise de correspondência utilizando distâncias qui-quadrado na frequência de cada
193 amostra e atributo, obtendo uma tabela de contingência com componentes ortogonais e
194 maximizando a representação sequencial da variação dos dados.

195

196 3. Resultados e discussão

197 3.1 pH e cor

198 A adição do hidrolisado de colágeno diminuiu ($p \leq 0,05$) os valores de pH (Tabela 1) das
199 formulações, o que pode ser relacionado ao pH mais baixo do colágeno adicionado (Tabela 1
200 material suplementar). Quando comparadas as formulações controle dos hambúrgueres de filés
201 normal e WS, os valores de pH da FWS0 apresentaram-se maiores ($p \leq 0,05$). Este aumento

202 pode ser atribuído ao menor potencial glicolítico de carnes com miopatias, o que ocasiona uma
203 redução do pH *post mortem* mais lenta e valores finais de pH mais elevados do que na carne
204 normal (Petracci, Soglia & Berri,2017). Durante todo o tempo de armazenamento, a formulação
205 FWS0 manteve-se com o pH mais elevado ($p \leq 0,05$) que as demais e não apresentou variação
206 de pH ($p > 0,05$) no período. As formulações com maior substituição de pele de frango, por
207 outro lado, apresentaram valores de pH sempre iguais ou menores ($p \leq 0,05$) que as demais
208 formulações em todas as avaliações ao longo do tempo.

209 O parâmetro luminosidade (L^*) foi menor ($p \leq 0,05$) para as amostras FN50 e FN75,
210 indicando que eram mais escuras que as demais no primeiro tempo (dia 2) avaliado (Tabela 1).
211 Ao longo do período de armazenamento, a FN75 se manteve mais escura que as demais ($p \leq$
212 $0,05$) e todas as amostras escureceram, exceto as das formulações FN0 e FN50. Ao final dos 45
213 dias, porém, apenas as formulações com 75% de substituição diferiram ($p \leq 0,05$) das amostras
214 mais claras (FN0). Algumas variações no parâmetro L^* foram observadas ao longo dos tempos,
215 os valores obtidos neste estudo estão de acordo com o descrito na literatura para hambúrguer
216 de frango (Negrão et al., 2023). Comparando-se as formulações controle WS e normal, não se
217 verificou diferença quanto ao tipo de carne utilizada, assim como observado por Bordignon et
218 al. (2021), que justifica que apesar das diferenças de L^* reportadas na literatura entre os dois
219 tipos de filés, o processamento da carne para elaboração de hambúrgueres, que envolve
220 moagem e homogeneização, uniformiza esse parâmetro.

221 Em relação ao parâmetro a^* (vermelho – verde), durante todo o período de armazenamento,
222 a FN0 e FN50 obtiveram maiores ($p \leq 0,05$) valores, o que indica que estes hambúrgueres
223 apresentavam-se mais vermelhos. Dentre as amostras produzidas com carne normal, a
224 formulação com maior concentração de colágeno (FN75) apresentou menores ($p \leq 0,05$) médias
225 para esta variável, assim como a FWS50 e FWS75. Este comportamento está relacionado à
226 característica intrínseca do colágeno (Tabela 1 material suplementar), que possui coloração

227 tendendo ao verde.

228 Quanto ao parâmetro b^* (amarelo – azul) (Tabela 1), no primeiro tempo de armazenamento
229 (2 dias) não houve variação entre as amostras ($p > 0,05$). A partir do segundo tempo de
230 armazenamento (15 dias) as formulações com substituição apresentaram maior ($p \leq 0,05$)
231 intensidade da cor amarela, o que pode ser decorrente da coloração característica do colágeno
232 hidrolisado (Tabela 1 material suplementar). Sousa et al. (2017) encontraram comportamento
233 semelhante em salsichas tipo frankfurt com substituição parcial da gordura por colágeno
234 hidrolisado. Ao final (45 dias), todas as formulações obtiveram cor amarela menos ($p \leq 0,05$)
235 intensa.

236 **Tabela 1.** Valores de pH e parâmetros de cor (L*, a* e b*) dos hambúrgueres elaborados com filés normal (FN) e *White striping* (WS) com substituição na
 237 formulação da gordura 0, 50 e 75% por colágeno hidrolisado, configurando os tratamentos FN0, FN50, FN75 e FWS0, FWS50 e FWS75, os quais foram
 238 armazenados a 4 °C por 2, 15, 30 e 45 dias.

Parâmetros	Período de armazenamento	Formulações					
		FN0	FN50	FN75	FWS0	FWS50	FWS75
pH	2	6,08 ^{Ab} ± 0,02	5,91 ^{Bc} ± 0,02	5,96 ^{Cbc} ± 0,01	6,24 ^{Aa} ± 0,08	6,09 ^{Ab} ± 0,07	6,08 ^{ABb} ± 0,02
	15	6,10 ^{Abc} ± 0,03	5,97 ^{Ad} ± 0,02	6,00 ^{Bcd} ± 0,02	6,29 ^{Aa} ± 0,08	6,11 ^{Ab} ± 0,02	6,07 ^{ABbcd} ± 0,01
	30	6,11 ^{Ab} ± 0,02	5,98 ^{Ac} ± 0,01	5,98 ^{BCc} ± 0,01	6,22 ^{Aa} ± 0,07	6,09 ^{Ab} ± 0,01	6,05 ^{Bbc} ± 0,01
	45	6,15 ^{Abc} ± 0,03	6,02 ^{Ac} ± 0,02	6,04 ^{Ac} ± 0,02	6,33 ^{Aa} ± 0,11	6,18 ^{Ab} ± 0,02	6,10 ^{Abc} ± 0,01
L*	2	61,03 ^{Aa} ± 0,57	58,65 ^{Ab} ± 0,90	59,27 ^{Ab} ± 0,59	62,16 ^{Aa} ± 0,57	61,63 ^{Aa} ± 0,48	62,11 ^{Aa} ± 0,05
	15	61,57 ^{Aa} ± 0,62	60,91 ^{Aab} ± 0,32	59,48 ^{Ab} ± 0,82	61,57 ^{ABa} ± 0,40	60,41 ^{ABab} ± 0,80	61,39 ^{ABa} ± 0,66
	30	60,61 ^{Aa} ± 1,03	57,80 ^{Ab} ± 0,89	57,21 ^{Bb} ± 0,64	59,39 ^{Cab} ± 0,76	58,35 ^{Cab} ± 0,66	59,70 ^{BCab} ± 1,62
	45	61,34 ^{Aa} ± 1,25	59,09 ^{Aabc} ± 1,85	57,45 ^{Bc} ± 0,52	60,35 ^{BCab} ± 0,61	59,03 ^{BCabc} ± 0,78	57,71 ^{Cbc} ± 0,20
a*	2	2,79 ^{Aa} ± 0,32	2,75 ^{Aa} ± 0,26	2,08 ^{Bb} ± 0,10	2,04 ^{Bb} ± 0,06	2,01 ^{Bb} ± 0,10	2,08 ^{Cb} ± 0,04
	15	3,22 ^{Aa} ± 0,20	3,10 ^{Aa} ± 0,28	2,48 ^{ABb} ± 0,23	2,37 ^{ABb} ± 0,04	2,49 ^{Ab} ± 0,20	2,30 ^{BCb} ± 0,10
	30	3,17 ^{Aa} ± 0,09	3,19 ^{Aa} ± 0,06	2,75 ^{Aab} ± 0,02	2,49 ^{Ab} ± 0,15	2,61 ^{Ab} ± 0,16	2,64 ^{ABb} ± 0,32
	45	3,28 ^{Aa} ± 0,54	2,87 ^{Aab} ± 0,27	2,40 ^{ABb} ± 0,27	2,29 ^{ABb} ± 0,25	2,35 ^{ABb} ± 0,19	2,80 ^{Aab} ± 0,11
b*	2	16,42 ^{Aa} ± 0,16	16,32 ^{ABa} ± 0,81	17,31 ^{Aa} ± 0,39	16,43 ^{Aa} ± 0,87	16,31 ^{ABa} ± 0,28	17,71 ^{Aa} ± 0,16
	15	16,87 ^{Aab} ± 0,17	17,37 ^{Aa} ± 0,49	17,58 ^{Aa} ± 0,15	16,33 ^{Ab} ± 0,13	17,24 ^{Aa} ± 0,50	17,36 ^{Aa} ± 0,25
	30	16,13 ^{Ab} ± 0,49	16,91 ^{Aab} ± 0,52	17,09 ^{Aab} ± 0,16	16,10 ^{Ab} ± 0,21	17,61 ^{Aa} ± 0,62	17,64 ^{Aa} ± 0,40
	45	13,81 ^{Bb} ± 0,45	15,45 ^{Ba} ± 0,17	15,60 ^{Ba} ± 0,42	13,67 ^{Bb} ± 0,35	15,02 ^{Ba} ± 0,54	16,06 ^{Ba} ± 0,39

239 Valores representam a média ± desvio padrão

240 ^{a,b} Médias na mesma linha, seguidas por letras minúsculas diferentes diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

241 ^{A,B} Médias na mesma coluna, dentro de um parâmetro, seguidas por letras maiúsculas diferentes diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

242 3.2 Composição química e parâmetros tecnológicos

243 A composição química das amostras de hambúrguer foi influenciada ($p \leq 0,05$) tanto pela
 244 substituição de gordura pelo colágeno em suas diferentes inclusões, quanto pelo tipo de filé
 245 utilizado (normal ou WS) (Tabela 2). Houve diminuição ($p \leq 0,05$) no teor de umidade nas
 246 formulações com substituição, sendo o menor teor para as formulações FN75 e FWS75, não
 247 havendo diferença ($p > 0,05$) entre as amostras normal e WS. Portanto, a redução da umidade
 248 pode ser atribuída à substituição parcial da gordura pelo colágeno hidrolisado, que é um pó com
 249 baixo teor de água (Tabela 1 material suplementar).

250

251 **Tabela 2.** Caracterização físico-química e tecnológica das formulações dos hambúrgueres
 252 elaborados com filés normal (FN) e *White striping* (WS) com substituição na formulação da
 253 gordura 0, 50 e 75% por colágeno hidrolisado, configurando os tratamentos FN0, FN50, FN75 e
 254 FWS0, FWS50 e FWS75.

Parâmetros	Formulações					
	FN0	FN50	FN75	FWS0	FWS50	FWS75
Parâmetros físico-químicos						
Umidade (g 100g ⁻¹)	69,72 ^a ± 0,23	64,50 ^b ± 0,44	62,49 ^c ± 0,39	69,29 ^a ± 0,46	64,53 ^b ± 0,14	62,57 ^c ± 0,37
Cinzas (g 100g ⁻¹)	2,56 ^b ± 0,06	2,68 ^{ab} ± 0,01	2,77 ^a ± 0,09	2,62 ^{ab} ± 0,05	2,68 ^{ab} ± 0,07	2,76 ^a ± 0,06
Lipídios (g 100g ⁻¹)	7,89 ^b ± 0,25	5,41 ^c ± 0,31	4,33 ^d ± 0,08	8,84 ^a ± 0,51	7,14 ^b ± 0,41	5,57 ^c ± 0,40
Proteínas (g 100g ⁻¹)	20,72 ^c ± 0,97	26,89 ^b ± 0,47	30,68 ^a ± 0,19	20,25 ^c ± 0,47	26,22 ^b ± 0,57	30,12 ^a ± 0,31
Colágeno total (g 100g ⁻¹)	0,88 ^c ± 0,24	9,26 ^b ± 0,43	12,26 ^a ± 0,16	0,90 ^c ± 0,21	8,86 ^b ± 0,98	12,21 ^a ± 1,11
Colágeno Solúvel (g 100g ⁻¹)	0,18 ^c ± 0,04	6,93 ^b ± 0,63	9,87 ^a ± 0,18	0,17 ^c ± 0,03	6,95 ^b ± 0,12	9,90 ^a ± 0,47
Aw	0,9856 ^a ± 0,002	0,9818 ^{ab} ± 0,001	0,9794 ^b ± 0,001	0,9858 ^a ± 0,003	0,9825 ^{ab} ± 0,001	0,9808 ^b ± 0,001
Parâmetros tecnológicos						
Rendimento (%)	81,10 ^{bc} ± 0,56	75,75 ^d ± 1,25	79,22 ^c ± 0,51	84,35 ^a ± 1,10	82,38 ^{ab} ± 0,71	80,19 ^{bc} ± 0,68
Encolhimento (%)	14,29 ^{cd} ± 1,60	18,94 ^a ± 1,03	19,44 ^a ± 0,47	10,78 ^d ± 0,56	14,85 ^{bc} ± 1,20	17,95 ^{ab} ± 0,69
CRA (%)	96,43 ± 0,11 ^c	95,46 ^d ± 0,25	96,02 ^c ± 0,18	98,19 ^a ± 0,19	97,12 ^b ± 0,23	96,27 ^c ± 0,06

255 Valores representam a média ± desvio padrão

256 ^{a,b} Médias na mesma linha, seguidas por letras minúsculas diferentes diferem significativamente
 257 pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

258

259 Em relação ao teor de cinzas, as formulações FN75 e FWS75 obtiveram maior conteúdo (p
 260 $\leq 0,05$), enquanto a formulação FN0 apresentou o menor conteúdo ($p \leq 0,05$) e as formulações

261 FN50, FWS0 e FWS50 não diferiram das demais. Sousa et al. (2017) também observaram
262 aumento no teor de cinzas em salsichas com maior substituição de gordura por colágeno
263 hidrolisado, e os valores de cinzas obtidos são semelhantes aos encontrados por Negrão et al.
264 (2023), que variaram entre 2,69 a 2,80 g 100⁻¹ para hambúrgueres de frango com formulações
265 similares.

266 O conteúdo de lipídios dos hambúrgueres (Tabela 2) diminuiu ($p \leq 0,05$) quando aumentada
267 a porcentagem de substituição de pele de frango por colágeno hidrolisado. Além disso, quando
268 comparadas as formulações com mesmo grau de substituição, mas empregando-se diferentes
269 tipos de filé (normal ou WS), observou-se que as formulações WS apresentaram maior teor de
270 lipídios ($p \leq 0,05$) que as formulações normais em todos os casos. Este resultado pode ser
271 relacionado ao maior teor de lipídios de filés com WS em relação ao normal (Costa Filho et al.,
272 2023).

273 Quanto ao teor de proteínas (Tabela 2), como já era esperado, as formulações com 50 e 75%
274 de substituição (independentemente do filé utilizado) obtiveram médias superiores ($p \leq 0,05$)
275 as dos hambúrgueres de frango controle (FN0 e FWS0). Este resultado está relacionado a
276 substituição de gordura (pele de frango) por uma fonte proteica (CH).

277 A substituição de gordura aumentou ($p \leq 0,05$) o conteúdo de colágeno total e solúvel das
278 amostras (Tabela 2). As maiores médias foram as das formulações FN75 e FWS75, seguidas
279 pelas FN50 e FWS50. Este aumento é atribuído a utilização do colágeno hidrolisado em pó,
280 que é um produto concentrado. Resultados similares foram relatados por Araújo et al. (2019)
281 em estudo utilizando salsicha de frango com substituição de gordura por colágeno hidrolisado
282 e gelatina de pé de frango.

283 A aw das formulações (Tabela 2) foi influenciada pela substituição da gordura por colágeno,
284 e os menores valores médios ($p \leq 0,05$) foram observados para os hambúrgueres FN75 e
285 FWS75, não diferindo da FN50 e FWS50. A diminuição na aw é interessante, uma vez que

286 quanto maior o valor de a_w , menor é a estabilidade microbiológica das amostras (Erkmen,
287 Bozoglu, 2016).

288 Quanto aos parâmetros tecnológicos (Tabela 2), as amostras FWS0 obtiveram o maior
289 rendimento ($p \leq 0,05$), o menor percentual de encolhimento ($p \leq 0,05$) e a maior capacidade de
290 retenção de água ($p \leq 0,05$) dentre as formulações, enquanto as FN50 apresentaram os menores
291 valores ($p \leq 0,05$) de rendimento e CRA. A formulação com o segundo melhor desempenho de
292 rendimento, encolhimento e CRA foi a FWS50, com desempenho igual ou menor ($p \leq 0,05$)
293 que a FWS0, mas também sempre melhor que a FN50. As amostras FN0, FN75, e FWS75
294 apresentaram comportamentos intermediários para os parâmetros avaliados.

295 Os melhores parâmetros tecnológicos dos hambúrgueres elaborados com carne WS
296 provavelmente estão relacionados ao pH destas carnes que tende a ser mais elevado conforme
297 o grau de extensão da miopatia em relação as carnes normais (Petracci et al., 2019). À medida
298 que o pH se afasta do ponto isoelétrico das proteínas, a capacidade de reter água pelas fibras da
299 carne aumenta em decorrência do aumento da carga residual líquida no meio (Barbut et al.,
300 2005; Bowker & Zhuang, 2016).

301 A adição de hidrolisado de colágeno não foi capaz de aumentar a CRA melhorando o
302 rendimento e diminuindo o encolhimento dos hambúrgueres, como esperado, uma vez que o
303 colágeno vem sendo utilizado para melhorar a capacidade de retenção de água dos alimentos
304 (Li et al., 2007) fato que foi observado por Sousa et al. (2017) ao avaliarem a substituição de
305 gordura por colágeno hidrolisado a 50% e 75% em salsichas Frankfurt. Em nosso estudo,
306 provavelmente, o efeito do pH foi mais determinante para as propriedades tecnológicas,
307 semelhantemente ao observado por Araujo et al. (2021), que não encontraram diferenças entre
308 as salsichas de frango controle e as produzidas com substituição de gordura (7,5% e 15%) por
309 gel de colágeno extraído de pés de frango.

310 3.3 Perfil de textura

311 O perfil de textura dos hambúrgueres está apresentado na Tabela 3. De maneira geral, a
312 substituição resultou em efeitos significativos ($p \leq 0,05$) para os parâmetros de dureza e
313 mastigabilidade. No primeiro tempo de armazenamento (2 dias), as maiores ($p \leq 0,05$) médias
314 para dureza ocorreram para as formulações FN50 e FWS75, não diferindo da FN75 e FWS50.
315 Ao longo do tempo, as amostras com maior porcentagem de substituição apresentaram-se mais
316 duras em relação as formulações controle (FN0 e FWS0), sendo que o tipo de carne não
317 influenciou ($p > 0,05$). Os resultados de dureza são explicados pela menor quantidade de água
318 das amostras, uma vez que os hambúrgueres com adição de colágeno apresentaram menor teor
319 em sua composição e perderam mais água durante o processo de cocção (Tabela 2), resultando
320 em produtos mais secos e compactados.

321 Da mesma forma, com relação a mastigabilidade observou-se que após o primeiro tempo de
322 armazenamento, a substituição de gordura por colágeno aumentou ($p \leq 0,05$) os valores das
323 formulações FN50, FN75, FWS50 e FWS75 em relação a FN0 e FWS0. Entre as formulações
324 com colágeno hidrolisado não houve diferença ($p > 0,05$). Os resultados para este parâmetro
325 estão correlacionados com os dados de dureza, uma vez que quanto maior a dureza e
326 compactação dos hambúrgueres, maior a energia necessária para fragmentá-los. Sousa et al.
327 (2017) relataram comportamento similar para salsicha tipo frankfurt com substituição parcial
328 da gordura por colágeno hidrolisado.

329 Em relação ao parâmetro coesividade, apenas no primeiro tempo de armazenamento
330 observou-se maior ($p \leq 0,05$) média para FN50 e FWS0 e menor ($p \leq 0,05$) média para FWS75.
331 Ao longo do tempo, porém, não foram mais observadas diferenças ($p > 0,05$) para este
332 parâmetro entre as formulações, e houve variação ($p \leq 0,05$) entre a coesividade inicial e final
333 apenas para a formulação que havia diferido das demais (FWS75).

334 Para elasticidade foi possível observar que durante o tempo 2 e 45 de armazenamento a

335 formulação FWS0 apresentou maiores ($p \leq 0,05$) médias em relação as demais. Enquanto o
336 parâmetro resiliência não foi influenciado pelo uso de colágeno e pelo tipo de carne utilizada.

337

338 3.4 Oxidação lipídica

339 A oxidação lipídica variou de 0,103 a 0,152 mg de malonaldeído kg^{-1} (Tabela 4), estes
340 resultados estão abaixo de 2 a 2,5 mg de malonaldeído kg^{-1} , valores associados à percepção
341 humana de rancidez na carne (Campo et al., 2006; Zhang et al., 2019). O uso do eritorbato de
342 sódio nas formulações de hambúrguer retardou os processos oxidativos, ele é um antioxidante
343 sintético amplamente utilizado pela indústria de alimentos por ser capaz de prevenir a oxidação
344 natural que ocorre pelo contato com o ar, luz e temperatura.

345 Observou-se que durante o armazenamento as formulações WS oxidaram mais que as
346 formulações com filés normal, comparando-se os tempos de 2 e 45 dias. Sendo que, a
347 formulação FN75 não variou ($p > 0,05$) e as formulações FN0 e FN50 aumentaram ($p \leq 0,05$)
348 12,59 e 6,62%, respectivamente, enquanto as formulações FWS0, FWS50 e FWS75
349 aumentaram ($p \leq 0,05$) 20,75, 20,00 e 17,59%, respectivamente. O maior aumento de oxidação
350 lipídica em WS pode ser relacionado ao maior teor de lipídios de filés com esta miopatia, e já
351 foi relatado por outros autores (Carvalho et al., 2021; Salles et al., 2019).

352 Comparando-se o efeito da substituição de gordura por CH, observou-se que em
353 hambúrgueres com filés normal, a adição de colágeno fez com que não houvesse aumento (p
354 $>0,05$) na formulação com 75% de substituição de gordura em relação a FN0 e FN50, o que
355 pode estar atribuído ao menor teor de gordura dos hambúrgueres (Tabela 2), além da potencial
356 capacidade antioxidante do CH, propriedade esta que está relacionada, principalmente, ao seu
357 peso molecular (León-López et al., 2019). Araújo et al. (2021), em estudo sobre o efeito do
358 armazenamento na qualidade de salsichas de frango produzidas com substituição de gordura
359 por gel de colágeno extraído de pés de frango, observaram que as amostras com adição de

360 colágeno comercial em pó e gel apresentaram menores valores para TBARS em comparação as
361 amostras controle.

362 **Tabela 3.** Análise do perfil de textura (TPA) dos hambúrgueres elaborados com filés normal (FN) e *White striping* (WS) com substituição na formulação da gordura
 363 0, 50 e 75% por colágeno hidrolisado, configurando os tratamentos FN0, FN50, FN75 e FWS0, FWS50 e FWS75, os quais foram armazenados a 4 °C por 2, 15,
 364 30 e 45 dias.

Parâmetros	Período de armazenamento	Formulações					
		FN0	FN50	FN75	FWS0	FWS50	FWS75
Dureza (N)	2	39,38 ^{Bbc} ± 4,35	57,58 ^{Ba} ± 9,02	55,68 ^{Bab} ± 7,92	37,58 ^{Bc} ± 3,32	48,50 ^{Babc} ± 5,62	58,75 ^{Ba} ± 7,13
	15	55,08 ^{ABb} ± 3,20	100,49 ^{Aa} ± 5,95	98,71 ^{Aa} ± 4,81	53,15 ^{ABb} ± 9,13	89,33 ^{Aa} ± 5,12	102,94 ^{Aa} ± 7,98
	30	63,46 ^{Ab} ± 2,90	94,47 ^{Aa} ± 2,94	92,89 ^{Aa} ± 10,90	63,36 ^{Ab} ± 9,59	94,86 ^{Aa} ± 12,70	94,20 ^{Aa} ± 14,16
	45	56,88 ^{ABb} ± 12,94	106,05 ^{Aa} ± 13,81	108,99 ^{Aa} ± 5,88	58,22 ^{Ab} ± 3,27	87,25 ^{Aa} ± 3,86	88,23 ^{ABa} ± 14,46
Elasticidade	2	0,97 ^{Ab} ± 0,03	0,92 ^{Ab} ± 0,01	0,93 ^{Ab} ± 0,03	1,19 ^{Aa} ± 0,07	0,96 ^{Ab} ± 0,01	0,88 ^{Ab} ± 0,03
	15	1,05 ^{Aa} ± 0,15	0,90 ^{Aa} ± 0,03	0,91 ^{Aa} ± 0,01	1,13 ^{Aa} ± 0,17	0,94 ^{Aa} ± 0,02	0,90 ^{Aa} ± 0,01
	30	1,11 ^{Aa} ± 0,23	0,91 ^{Aa} ± 0,01	0,89 ^{Aa} ± 0,01	1,14 ^{Aa} ± 0,11	0,92 ^{Aa} ± 0,02	0,91 ^{Aa} ± 0,01
	45	0,94 ^{Ab} ± 0,03	0,90 ^{Ab} ± 0,01	0,90 ^{Ab} ± 0,01	1,00 ^{Aa} ± 0,03	0,91 ^{Ab} ± 0,02	0,89 ^{Ab} ± 0,01
Coesividade	2	0,38 ^{Aab} ± 0,01	0,40 ^{Aa} ± 0,01	0,39 ^{Aab} ± 0,02	0,41 ^{Aa} ± 0,03	0,39 ^{Aab} ± 0,01	0,35 ^{Bb} ± 0,01
	15	0,41 ^{Aa} ± 0,01	0,49 ^{Aa} ± 0,07	0,41 ^{Aa} ± 0,02	0,43 ^{Aa} ± 0,03	0,42 ^{Aa} ± 0,04	0,42 ^{Aa} ± 0,01
	30	0,41 ^{Aa} ± 0,03	0,43 ^{Aa} ± 0,04	0,43 ^{Aa} ± 0,02	0,44 ^{Aa} ± 0,03	0,41 ^{Aa} ± 0,01	0,42 ^{Aa} ± 0,02
	45	0,38 ^{Aa} ± 0,04	0,41 ^{Aa} ± 0,03	0,43 ^{Aa} ± 0,02	0,41 ^{Aa} ± 0,03	0,38 ^{Aa} ± 0,02	0,42 ^{Aa} ± 0,02
Mastigabilidade (N × mm)	2	168,48 ^{Ba} ± 15,54	199,43 ^{Ba} ± 35,86	195,73 ^{Ca} ± 10,77	166,50 ^{Ca} ± 10,18	188,04 ^{Ba} ± 9,73	198,91 ^{Ba} ± 21,63
	15	232,10 ^{Ab} ± 20,86	368,12 ^{Aa} ± 17,23	366,98 ^{ABa} ± 26,19	228,14 ^{Bb} ± 20,30	326,31 ^{Aa} ± 26,06	383,27 ^{Aa} ± 22,22
	30	268,08 ^{Ab} ± 21,39	362,10 ^{Aa} ± 13,87	335,16 ^{Ba} ± 16,11	281,92 ^{Ab} ± 13,25	334,74 ^{Aa} ± 21,32	367,34 ^{Aa} ± 25,50
	45	229,40 ^{Ab} ± 21,69	356,36 ^{Aa} ± 39,97	393,06 ^{Aa} ± 6,52	271,12 ^{Ab} ± 10,88	357,74 ^{Aa} ± 39,9	385,23 ^{Aa} ± 12,85
Resiliência	2	0,12 ^{Aa} ± 0,01	0,12 ^{Aa} ± 0,01	0,12 ^{Aa} ± 0,02	0,13 ^{Aa} ± 0,01	0,12 ^{Aa} ± 0,01	0,10 ^{Aa} ± 0,01
	15	0,13 ^{Aa} ± 0,01	0,15 ^{Aa} ± 0,01	0,13 ^{Aa} ± 0,01	0,15 ^{Aa} ± 0,01	0,14 ^{Aa} ± 0,02	0,14 ^{Aa} ± 0,01
	30	0,13 ^{Aa} ± 0,01	0,15 ^{Aa} ± 0,03	0,14 ^{Aa} ± 0,02	0,14 ^{Aa} ± 0,01	0,13 ^{Aa} ± 0,01	0,14 ^{Aa} ± 0,03
	45	0,13 ^{Aa} ± 0,04	0,14 ^{Aa} ± 0,02	0,15 ^{Aa} ± 0,02	0,14 ^{Aa} ± 0,01	0,12 ^{Aa} ± 0,01	0,15 ^{Aa} ± 0,02

365 Valores representam a média ± desvio padrão

366 ^{a,b} Médias na mesma linha, seguidas por letras minúsculas diferentes diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

367 ^{A,B} Médias na mesma coluna, dentro de um parâmetro, seguidas por letras maiúsculas diferentes diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

368 **Tabela 4.** Oxidação lipídica (mg de malonaldeído kg⁻¹ de amostra) dos hambúrgueres elaborados com filés normal (FN) e *White striping* (WS)
 369 com substituição na formulação da gordura 0, 50 e 75% por colágeno hidrolisado, configurando os tratamentos FN0, FN50, FN75 e FWS0, FWS50
 370 e FWS75, os quais foram armazenados a 4 °C por 2, 15, 30 e 45 dias.

Parâmetros	Período de armazenamento	Formulações					
		FN0	FN50	FN75	FWS0	FWS50	FWS75
TBARS (mg de malonaldeído kg ⁻¹ de amostra)	2	0,135 ^{Ba} ± 0,009	0,136 ^{Ba} ± 0,004	0,122 ^{Ab} ± 0,011	0,106 ^{Bc} ± 0,002	0,105 ^{Bc} ± 0,002	0,108 ^{Bc} ± 0,005
	15	0,121 ^{Ca} ± 0,005	0,123 ^{Bb} ± 0,003	0,107 ^{Bb} ± 0,001	0,103 ^{Bb} ± 0,004	0,107 ^{Bb} ± 0,004	0,109 ^{Bb} ± 0,004
	30	0,137 ^{Ba} ± 0,007	0,120 ^{Bb} ± 0,004	0,127 ^{Aab} ± 0,007	0,104 ^{Bc} ± 0,003	0,105 ^{Bc} ± 0,007	0,108 ^{Bc} ± 0,004
	45	0,152 ^{Aa} ± 0,005	0,145 ^{Aa} ± 0,011	0,126 ^{Ab} ± 0,002	0,128 ^{Ab} ± 0,011	0,126 ^{Ab} ± 0,005	0,127 ^{Ab} ± 0,006

371 Valores representam a média ± desvio padrão

372 ^{a,b} Médias na mesma linha, seguidas por letras minúsculas diferentes diferem significativamente pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

373 ^{A,B} Médias na mesma coluna, dentro de um parâmetro, seguidas por letras maiúsculas diferentes diferem significativamente pelo teste de Tukey (p
 374 $\leq 0,05$).

375 3.5 Análise sensorial

376 O efeito da substituição de gordura por CH e utilização de carne de frango normal ou
 377 WS na avaliação sensorial pode ser observado na Tabela 5. Não houve diferença ($p >$
 378 0,05) em relação a aparência dos hambúrgueres. Em relação ao aroma, a formulação
 379 menos aceita ($p \leq 0,05$) foi a FWS75, enquanto a FN0, FN50, FWS0, FWS50 não
 380 diferiram ($p > 0,05$) entre si. Para o atributo sabor, as amostras com maior substituição de
 381 gordura independentemente do tipo de carne utilizada (FN75 e FWS75) foram menos (p
 382 $\leq 0,05$) aceitas pelos provadores.

383 Para textura, a formulação FWS0 obteve a menor média, não diferindo ($p > 0,05$) da
 384 FN75. A amostra FWS75 obteve a menor aceitação para o atributo impressão geral,
 385 entretanto não diferiu ($p > 0,05$) da FN75, FWS0 e FWS50.

386
 387 **Tabela 5.** Aceitação e intenção de compra pelos consumidores para os hambúrgueres
 388 elaborados com filés normal (FN) e *White striping* (WS) com substituição na formulação
 389 da gordura 0, 50 e 75% por colágeno hidrolisado, configurando os tratamentos FN0,
 390 FN50, FN75 e FWS0, FWS50 e FWS75.

Atributo	Formulações					
	FN0	FN50	FN75	FWS0	FWS50	FWS75
Aparência	7,49 ^a ± 1,51	7,34 ^a ± 1,43	7,40 ^a ± 1,32	7,27 ^a ± 1,46	7,16 ^a ± 1,63	7,17 ^a ± 1,61
Aroma	7,32 ^a ± 1,48	6,93 ^{abc} ± 1,62	6,48 ^{bc} ± 1,62	7,02 ^{ab} ± 1,52	6,73 ^{abc} ± 1,76	6,30 ^c ± 1,83
Sabor	7,75 ^a ± 1,33	7,57 ^a ± 1,29	6,88 ^b ± 1,65	7,19 ^{ab} ± 1,69	7,14 ^{ab} ± 1,62	6,73 ^b ± 1,92
Textura	7,44 ^a ± 1,52	7,50 ^a ± 1,35	6,98 ^{ab} ± 1,59	6,48 ^b ± 2,11	7,23 ^a ± 1,63	7,15 ^a ± 1,53
Impressão geral	7,65 ^a ± 1,28	7,50 ^{ab} ± 1,13	6,98 ^{bc} ± 1,42	6,95 ^{bc} ± 1,67	7,12 ^{abc} ± 1,56	6,81 ^c ± 1,65
Intenção de compra	4,16 ^a ± 0,88	4,00 ^{ab} ± 0,92	3,51 ^c ± 1,08	3,70 ^{bc} ± 1,17	3,70 ^{bc} ± 1,14	3,50 ^c ± 1,24

391 Valores representam a média ± desvio padrão

392 ^{a,b} Médias na mesma linha, seguidas por letras minúsculas diferentes diferem
 393 significativamente pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

394

395 As formulações FN0 e FN50 não diferiram em nenhum atributo, sendo igualmente
 396 aceitas. As médias de todas as amostras variaram de 6,48 a 7,65, equivalentes a “gostei
 397 ligeiramente – ‘gostei moderadamente’” na escala hedônica de 9 pontos utilizada.

398 As menores médias para intenção de compra foram observadas nas amostras FWS75
 399 e FN75. Estes valores correspondem a “talvez compraria/ talvez não compraria o produto
 400 – possivelmente compraria o produto”. Nesse contexto, os resultados sugerem que os
 401 hambúrgueres produzidos foram bem aceitos pelos provadores, e o potencial uso de CH
 402 como substituto de gordura em hambúrgueres de frango. Em concordância com Wang et
 403 al. (2019) e Alves et al. (2016) que verificaram que a substituição de gordura não
 404 prejudica as propriedades sensoriais de produtos cárneos.

405 A frequência de citações dos atributos utilizando CATA está descrita na Tabela 6. Em
 406 relação ao atributo aparência apenas “aparência oleosa” diferiu ($p \leq 0,01$) das demais.
 407 Enquanto para o aroma, “aroma suave”, “aroma de ranço” e “aroma gorduroso” foram
 408 estatisticamente diferentes ($p \leq 0,05$). Quanto ao sabor, os atributos significativos ($p \leq$
 409 $0,05$) foram “sabor suave”, “gosto amargo” e “sabor gorduroso”. E para textura, os
 410 atributos “textura típica”, “textura emborrachada” e duro obtiveram $p \leq 0,05$.

411

412 **Tabela 6.** Frequência de citações pelos consumidores para os atributos sensoriais
 413 utilizando CATA para os hambúrgueres elaborados com filés normal (FN) e *White*
 414 *striping* (WS) com substituição na formulação da gordura 0, 50 e 75% por colágeno
 415 hidrolisado, configurando os tratamentos FN0, FN50, FN75 e FWS0, FWS50 e FWS75.

Atributo	Formulações						P-valor
	FN0	FN50	FN75	FWS0	FWS50	FWS75	
Cor típica	80	78	74	69	74	75	0,332
Cor pálida	16	16	14	21	11	10	0,139
Aparência Estranha	1	2	3	4	3	6	0,373
Aparência Oleosa	3	7	9	4	15	15	0,001
Aroma Suave	50	42	45	52	41	34	0,045
Aroma de Ranço	1	7	9	4	6	16	0,001

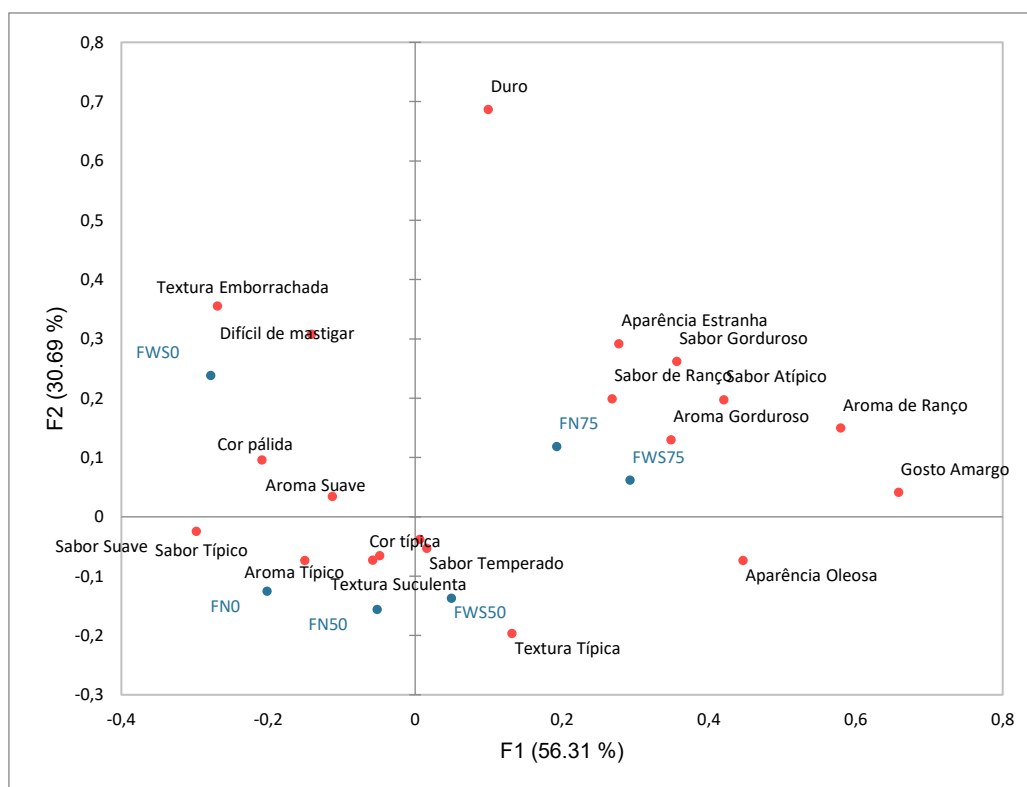
Aroma Típico	50	47	37	46	52	44	0.165
Aroma Gorduroso	6	9	17	6	7	13	0,012
Sabor Suave	32	34	18	41	30	15	<0,0001
Sabor de Ranço	3	2	4	3	2	6	0,594
Sabor Típico	39	34	25	35	34	24	0,054
Gosto Amargo	2	7	15	1	9	14	<0,0001
Sabor Atípico	3	4	11	5	7	11	0,089
Temperado	51	52	48	44	51	49	0,817
Sabor Gorduroso	4	3	10	7	7	13	0,030
Textura Típica	45	53	46	22	54	46	<0,0001
Textura Emborrachada	21	15	19	43	13	19	<0,0001
Difícil de mastigar	2	3	4	7	4	3	0,493
Suculento	41	33	28	32	35	32	0,454
Duro	2	1	12	11	3	6	0,001

416 P-valor $p \leq 0,05$ indica diferença significativa entre os tratamentos de acordo com o teste

417 Q de Cochran.

418

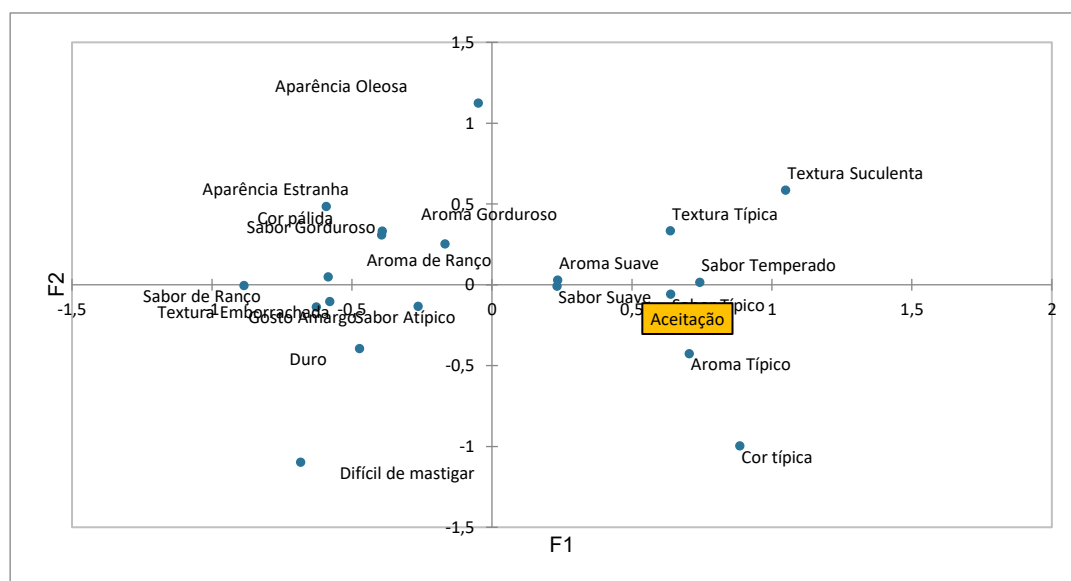
419 A Figura 1 mostra a análise de correspondência com os dados do CATA, as
 420 formulações FN0 e FN50 permaneceram no quadrante inferior esquerdo, e são associados
 421 aos atributos “sabor típico”, “aroma típico”, “cor típica” e “textura suculenta”. No
 422 quadrante superior esquerdo está a FWS0, associada a “textura emborrachada”, “difícil
 423 de mastigar”, “cor pálida” e “aroma suave”. A FWS50 se encontra no quadrante inferior
 424 direito e pode ser identificada pelos atributos “textura típica”, “aparência oleosa” e “sabor
 425 temperado”. E no quadrante superior direito a FN75 e FWS75 definidas por “aparência
 426 estranha”, “sabor gorduroso”, “sabor de ranço”, “sabor atípico”, “aroma gorduroso”,
 427 “aroma de ranço” e “gosto amargo”.



428 **Figura 1.** Análise de correspondência usando os dados do CATA para os hambúrgueres
 429 elaborados com filés normal (FN) e *White striping* (WS) com substituição na formulação
 430 da gordura 0, 50 e 75% por colágeno hidrolisado, configurando os tratamentos FN0,
 431 FN50, FN75 e FWS0, FWS50 e FWS75.

433

434 As características que contribuem positivamente ou negativamente para a aceitação do
 435 produto estão demonstradas na Figura 2, por meio da análise de coordenadas principais.
 436 No quadrante em que a aceitação está localizada estão os atributos que os consumidores
 437 mais desejam no produto, sendo assim, “sabor suave”, “sabor típico”, “aroma típico”,
 438 “sabor temperado”, “aroma suave”, “textura típica” e “textura suculenta” estão
 439 relacionados a aspectos positivos para os hambúrgueres, enquanto os demais são relativos
 440 a propriedades menos desejadas.



441

442 **Figura 2.** Análise de coordenadas principais utilizando os dados do CATA e aceitação
 443 para os hambúrgueres elaborados com filés normal (FN) e *White striping* (WS) com
 444 substituição na formulação da gordura 0, 50 e 75% por colágeno hidrolisado,
 445 configurando os tratamentos FN0, FN50, FN75 e FWS0, FWS50 e FWS75.

446

447 Assim, os resultados do CATA correlacionados ao teste de aceitação indicam que os
 448 atributos “sabor típico”, “aroma típico”, “cor típica” e “textura suculenta” são mais
 449 esperados para este tipo de produto, uma vez que no teste de aceitação as formulações
 450 FN0 e FN50 foram mais aceitas. Em contrapartida, a FN75 e FWS75 foram caracterizadas
 451 por atributos negativos justificando a menor aceitação pelos provadores.

452

453 4. Conclusão

454 A adição do colágeno hidrolisado em substituição parcial da gordura animal resultou
 455 no aumento do teor de proteínas e redução do teor de lipídios dos hambúrgueres. A
 456 formulação FWS50 promoveu resultados intermediários em relação aos parâmetros
 457 físico-químicos e tecnológicos, e indicaram que a substituição de 50% de gordura animal
 458 por colágeno hidrolisado utilizando a carne WS pode ser feita sem perda da qualidade

459 sensorial dos hambúrgueres. Assim, a carne com miopatia WS pode ser utilizada em
460 produtos cárneos tipo hambúrguer com substituição de gordura, evitando prejuízos
461 econômicos para indústria avícola decorrentes da rejeição pelo consumidor.

462

463 **Conflito de interesses**

464 Certificamos que não há conflito de interesse com nenhuma organização financeira em
465 relação ao material discutido.

466

467 **Agradecimentos**

468 Os autores agradecem à Agência Federal de Apoio e Avaliação da Pós-Graduação
469 (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

470

471 **Referências**

472 Alvarado, C., & McKee, S. (2007). Marination to improve functional properties and
473 safety of poultry meat. *Journal of Applied Poultry Research*, 16(1), 113-120.

474 <https://doi.org/10.1093/japr/16.1.113>

475 Alves, L. A. A. dos S., Lorenzo, J. M., Gonçalves, C. A. A., Santos, B. A. dos, Heck, R.
476 T., Cichoski, A. J., & Campagnol, P. C. B. (2016). Production of healthier bologna
477 type sausages using pork skin and green banana flour as a fat replacers. *Meat*
478 *Science*, 121, 73–78. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.06.001>

479 AOAC. Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists.
480 19th ed. Arlington, VA, USA: AOAC International; 2012.

481 Araújo, Í. B. S., Lima, D. A. S., Pereira, S. F., & Madruga, M. S. (2019). Quality of low-
482 fat chicken sausages with added chicken feet collagen. *Poultry Science*, 98(2), 1064–
483 1074. <https://doi.org/10.3382/ps/pey397>

484 Araújo, Í. B. S., Lima, D. A. S., Pereira, S. F., Paseto, R. P., & Madruga, M. S. (2021).
485 Effect of storage time on the quality of chicken sausages produced with fat
486 replacement by collagen gel extracted from chicken feet. *Poultry Science*, 100(2),
487 1262–1272. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2020.10.029>

- 488 Barbut, S., Zhang, L., & Marcone, M. (2005). Effects of pale, normal, and dark chicken
489 breast meat on microstructure, extractable proteins, and cooking of marinated
490 fillets. *Poultry science*, 84(5), 797-802. <https://doi.org/10.1093/ps/84.5.797>
- 491 Barbut, S. (2019). Recent myopathies in broiler's breast meat fillets. *World's Poultry
492 Science Journal*, 75(4), 559–582. <https://doi.org/10.1017/S0043933919000436>
- 493 Bordignon, S., Stefani, L. M., & Boiago, M. M. (2020). The use of white striped chicken
494 breasts on the quality of nuggets and hamburgers. *Food Science and Technology*, 41,
495 570-575. <https://doi.org/10.1590/fst.16320>
- 496 Bowker, B., & Zhuang, H. (2016). Impact of white striping on functionality attributes of
497 broiler breast meat1. *Poultry Science*, 95(8), 1957–1965.
498 <https://doi.org/10.3382/ps/pew115>
- 499 Bourne, M. Texture profile analysis. *Food Technology*, v.32, p. 62–66, 1978.
- 500 Brasil, Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2000, August 3). Aprova o
501 regulamento técnico de identidade e qualidade de almôndega, de apresuntado, de
502 fiambre, de hambúrguer, de kibe, de presunto cozido e de presunto (Instrução
503 Normativa SDA, nº 20, de 31 de julho de 2000). Diário Oficial da República
504 Federativa do Brasil.
- 505 Bridi, A. M. & Silva, C. A. (2009). *Avaliação da carne suína*. Londrina: Midiograf.
- 506 Campo, M. M., Nute, G. R., Hughes, S. I., Enser, M., Wood, J. D., & Richardson, R. I.
507 (2006). Flavour perception of oxidation in beef. *Meat Science*, 72(2), 303–311.
508 <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.07.015>
- 509 Carvalho, L. M., Delgado, J., Madruga, M. S., & Estévez, M. (2021). Pinpointing
510 oxidative stress behind the white striping myopathy: depletion of antioxidant
511 defenses, accretion of oxidized proteins and impaired proteostasis. *Journal of the
512 Science of Food and Agriculture*, 101(4), 1364–1371.
513 <https://doi.org/10.1002/jsfa.10747>
- 514 Costa Filho, D. V., Rocha, T. C. da, Carvalho, J. M. de, Carvalho, L. M. de, Galvão, M.
515 de S., Pedrao, M. R., Estévez, M., & Madruga, M. S. (2023). Oxidative stability of
516 white striping chicken breasts: effect of cold storage and heat treatments. *Poultry
517 Science*, 102(8). <https://doi.org/10.1016/j.psj.2023.102826>
- 518 de Carvalho, L. M., Ventanas, S., Olegario, L. S., Madruga, M. S., & Estévez, M. (2020).
519 Consumers awareness of white-striping as a chicken breast myopathy affects their
520 purchasing decision and emotional responses. *LWT*, 131.
521 <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109809>

- 522 Food Preservation by Reducing Water Activity. (2016). *Food Microbiology: Principles*
523 *into Practice*, 44–58. <https://doi.org/10.1002/9781119237860.ch30>
- 524 Hagen, S. R., Frost, B., & Augustin, J. (1989). Precolumn phenylisothiocyanate
525 derivatization and liquid chromatography of amino acids in food. *Journal of the*
526 *association of Official analytical Chemists*, 72(6), 912–916.
527 <https://doi.org/10.1093/jaoac/72.6.912>
- 528 Heck, R. T., Vendruscolo, R. G., de Araújo Etchepare, M., Cichoski, A. J., de Menezes,
529 C. R., Barin, J. S., Lorenzo, J. M., Wagner, R., & Campagnol, P. C. B. (2017). Is it
530 possible to produce a low-fat burger with a healthy n – 6/n – 3 PUFA ratio without
531 affecting the technological and sensory properties? *Meat Science*, 130, 16–25.
532 <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.03.010>
- 533 Kolar, K. (1990). Colorimetric determination of hydroxyproline as measure of collagen
534 content in meat and meat products: NMKL collaborative study. *Journal -*
535 *Association of Official Analytical Chemists*, 73(1), 54–57.
536 <https://doi.org/10.1093/jaoac/73.1.54>
- 537 León-López, A., Morales-Peñaloza, A., Martínez-Juárez, V. M., Vargas-Torres, A.,
538 Zeugolis, D. I., & Aguirre-Álvarez, G. (2019). Hydrolyzed collagen-sources and
539 applications. In *Molecules* (Vol. 24, Issue 22). MDPI AG.
540 <https://doi.org/10.3390/molecules24224031>
- 541 Mudalal, S., Babini, E., Cavani, C., & Petracci, M. (2014). Quantity and functionality of
542 protein fractions in chicken breast fillets affected by white striping. *Poultry Science*,
543 93(8), 2108–2116. <https://doi.org/10.3382/ps.2014-03911>
- 544 Negrão, I. D. A., Mendonça, F. J., Pavanello, A. C. L., & Soares, A. L. (2023).
545 Preparation, characterization, and evaluation of antioxidant activity of turmeric flour
546 in chicken patties. *Food Science and Technology (Brazil)*, 43.
547 <https://doi.org/10.1590/fst.53222>
- 548 Penfield, M. P., & Meyer, B. H. (1975). Changes in tenderness and collagen of beef
549 semltendlnosus muscle heated at two rates. *Journal of food science*, 40(1), 150–154.
550 <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1975.tb03758.x>
- 551 Petracci, M., Mudalal, S., Soglia, F., & Cavani, C. (2015). Meat quality in fast-growing
552 broiler chickens. *World's Poultry Science Journal*, 71(2), 363–374.
553 <https://doi.org/10.1017/S0043933915000367>
- 554 Petracci M, Soglia F, Berri C. Muscle metabolism and meat quality abnormalities. In:
555 Petracci M, Berri C, editors. Woodhead publishing series in food science,

- 556 technology and nutrition, poultry quality evaluation. Duxford, UK: Woodhead
557 Publishing; 2017. pp. 51-75. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100763-1.00003-9>
- 558 Petracci, M., Soglia, F., Madruga, M., Carvalho, L., Ida, E., & Estévez, M. (2019).
559 Wooden-Breast, White Striping, and Spaghetti Meat: Causes, Consequences and
560 Consumer Perception of Emerging Broiler Meat Abnormalities. *Comprehensive*
561 *Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(2), 565–583.
562 <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12431>
- 563 R Core Team (2023). *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. R
564 Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. <https://www.R-project.org/>
- 565 Salles, G. B. C., Boiago, M. M., Silva, A. D., Morsch, V. M., Gris, A., Mendes, R. E.,
566 Baldissera, M. D., & da Silva, A. S. (2019). Lipid peroxidation and protein oxidation
567 in broiler breast fillets with white striping myopathy. *Journal of Food Biochemistry*,
568 43(4). <https://doi.org/10.1111/jfbc.12792>
- 569 Soglia, F., Mazzoni, M., & Petracci, M. (2019). Spotlight on avian pathology: current
570 growth-related breast meat abnormalities in broilers. *Avian Pathology*, 48(1), 1–3.
571 <https://doi.org/10.1080/03079457.2018.1508821>
- 572 Sousa, S. C., Fragoso, S. P., Penna, C. R. A., Arcanjo, N. M. O., Silva, F. A. P., Ferreira,
573 V. C. S., Barreto, M. D. S., & Araújo, Í. B. S. (2017). Quality parameters of
574 frankfurter-type sausages with partial replacement of fat by hydrolyzed collagen.
575 *LWT*, 76, 320–325. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.06.034>
- 576 Tarladgis, B. G., Watts, B. M., Younathan, M. T., & Dugan, L. Jr. (1960). A distillation
577 method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. *Journal*
578 *of the American Oil Chemists' Society*, 37(1), 44-48.
579 <http://dx.doi.org/10.1007/BF02630824>
- 580 Troy D. Desmond E.M., Buckey D.J. Eating quality of low-fat beef burgers containing
581 fat-replacing functional blends. *Journal Science Food Agricultural*, v. 79, p.507-
582 516, 1999. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-0010\(19990315\)79:4%3C507::AID-](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(19990315)79:4%3C507::AID-JSFA209%3E3.0.CO;2-6)
583 [JSFA209%3E3.0.CO;2-6](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-0010(19990315)79:4%3C507::AID-JSFA209%3E3.0.CO;2-6)
- 584 Wang, L., Li, C., Ren, L., Guo, H., & Li, Y. (2019). Production of Pork Sausages Using
585 *Pleurotus eryngii* with Different Treatments as Replacements for Pork Back Fat.
586 *Journal of Food Science*, 84(11), 3091–3098. [https://doi.org/10.1111/1750-](https://doi.org/10.1111/1750-3841.14839)
587 [3841.14839](https://doi.org/10.1111/1750-3841.14839)
- 588 Woessner, J. F. (1961). The determination of hydroxyproline in tissue and protein
589 samples containing small proportions of this imino acid. *Archives of Biochemistry*

590 and Biophysics, 93(2), 440–447. [https://doi.org/10.1016/0003-9861\(61\)90291-0](https://doi.org/10.1016/0003-9861(61)90291-0)
591 Zhang, Y., Holman, B. W. B., Ponnampalam, E. N., Kerr, M. G., Bailes, K. L., Kilgannon,
592 A. K., Collins, D., & Hopkins, D. L. (2019). Understanding beef flavour and overall
593 liking traits using two different methods for determination of thiobarbituric acid
594 reactive substance (TBARS). *Meat Science*, 149, 114–119.
595 <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.11.018>

Material suplementar

1. Caracterização do colágeno hidrolisado

pH. Foi determinado utilizando um pHmetro digital previamente calibrado com soluções tampão de pH 4,0 e 7,0.

Cor. As medidas de cor foram realizadas utilizando um colorímetro (CR400, Konica Minolta®, Japão) com iluminante CIE-D65 e observador padrão CIE 10°. Os parâmetros L*, a* e b* foram medidos no sistema de cores CIELab.

Composição química. A umidade foi determinada pela secagem das amostras em estufa a 105 °C até peso constante. O teor de cinzas foi determinado por incineração em mufla a 550 °C. Os lipídios foram extraídos em Soxhlet com éter de petróleo. O teor de proteínas foi determinado pelo método de Kjeldahl ($N \times 6,25$), de acordo com os métodos da AOAC (2012).

Perfil de aminoácidos. Foi determinado de acordo com White et al. (1986) e Hagen et al. (1989). A metionina e cisteína foram oxidadas a ácido cisteico e metionina sulfona a partir da mistura de 30% de peróxido de hidrogênio e 88% ácido fórmico (1:9 v/v). Em seguida, para quantificação dos aminoácidos (exceto triptofano) as amostras foram hidrolisadas com HCl 6N por 24h a 110 °C. Após hidrólise, foram adicionados 10 mL de solução de padrão interno (AABA, 10 $\mu\text{mol mL}^{-1}$). Para remoção de possíveis interferentes (proteínas e lipídios de alto peso molecular) utilizou-se o cartucho Sep-pak C18 (Waters). As amostras foram secas a vácuo em temperatura ambiente (menos de 75 militorr de pressão) para remoção do excesso de reagente e subprodutos, para minimizar possíveis picos de interferência. Após secagem, foi adicionado o reagente de derivatização, sendo uma mistura de metanol grau HPCL, água ultrapura, *Trietilamina*, *fenilisotiocianato* (PITC) (7:1:1:1). Os derivados de feniltiocarbamil (PTC) foram separados em HPCL acoplado a espectrofotômetro M440 de comprimento de onda fixo (254 nm / 0,2 AUFS) com coluna cromatográfica Pico Tag (Waters) C18 de fase reversa (3,9 x 150 mm, aço inoxidável). A temperatura da coluna foi controlada a 40 °C com aquecedor

de coluna (Waters). Os eluentes da fase móvel foram: (A) 940 mL de 0,14 M de acetato de sódio, pH 6,40, contendo 0,05% de trietilamina, misturado com 60 mL de acetonitrila e (B) 60% de acetonitrila e 40% de água. As concentrações dos aminoácidos foram expressas em g 100g⁻¹ de proteína. A proteína foi quantificada pelo método de combustão (Dumas, 1981), no qual o nitrogênio formado foi determinado por técnicas volumétricas.

Tabela 1 Parâmetros de cor (L*, a* e b*), pH, composição química e perfil de aminoácidos do colágeno hidrolisado

Parâmetros	Colágeno hidrolisado
L*	94.37 ± 0.33
a*	-1.39 ± 0.06
b*	15,99 ± 0.69
pH	5.51 ± 0.01
Umidade (g 100g ⁻¹)	5.92 ± 0.12
Cinzas (g 100g ⁻¹)	0.11 ± 0.00
Proteínas (g 100g ⁻¹)	97.79 ± 1.42
Lipídios (g 100g ⁻¹)	0.00 ± 0.00
Ácido aspártico (g 100g ⁻¹)	5.64 ± 0.39
Ácido glutâmico (g 100g ⁻¹)	10.21 ± 0.71
Serina (g 100g ⁻¹)	3.07 ± 0.21
Glicina (g 100g ⁻¹)	24.66 ± 1.73
Histidina (g 100g ⁻¹)	0.98 ± 0.07
Taurina (g 100g ⁻¹)	< 0.01 (LQ)
Arginina (g 100g ⁻¹)	7.14 ± 0.50
Treonina (g 100g ⁻¹)	1.72 ± 0.12
Alanina (g 100g ⁻¹)	8.76 ± 0.61
Prolina (g 100g ⁻¹)	13.91 ± 0.97
Tirosina (g 100g ⁻¹)	0.45 ± 0.03
Valina (g 100g ⁻¹)	2.13 ± 0.15
Metionina (g 100g ⁻¹)	0.79 ± 0.06
Cistina (g 100g ⁻¹)	0.40 ± 0.03
Isoleucina (g 100g ⁻¹)	1.37 ± 0.10
Leucina (g 100g ⁻¹)	2.68 ± 0.19
Fenilalanina (g 100g ⁻¹)	1.76 ± 0.12
Lisina (g 100g ⁻¹)	3.73 ± 0.26
Hidroxiprolina (g 100g ⁻¹)	11.15 ± 0.78
Aminoácidos totais	100.55
Proteína bruta	100.66

Valores representam a média ± desvio padrão. LQ: Limite de quantificação.

Referências

White Ja, Hart Rj, Fry Jc. An Evaluation of The Waters Pico-Tag System for The Amino-Acid-Analysis of Food Materials. Journal of Automatic Chemistry 8(4): 170-177 oct-dec 1986.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As miopatias influenciam na qualidade da carne. A presença da miopatia dorsal cranial (MDC) resultou em alterações na aparência, com coloração mais amarela e avermelhada. As amostras também possuem maior teor de umidade, cinzas e colágeno e menor conteúdo de proteínas. Histologicamente, a MDC foi caracterizada por fragmentação das miofibras com excessiva fibroplasia, necrose e fibrose. Além disso, foram observadas maiores porcentagens de ácido araquidônico e eicosapentaenoico, os quais são associados a respostas inflamatórias. Considerando a dimensão das alterações nas carnes com MDC, é possível concluir que esta anomalia é um problema de qualidade importante para a indústria. Estudos futuros a respeito de como os fatores pré-abate podem influenciar na incidência da MDC e qual a correlação com as demais anormalidades são necessários.

Em relação a elaboração do produto cárneo, foi possível produzir hambúrgueres de carne de frango com *White striping* (WS) e substituição de gordura animal por colágeno hidrolisado (CH). Todas as amostras desenvolvidas obtiveram parâmetros tecnológicos aceitáveis e, pela avaliação sensorial foram bem aceitas pelos provadores. Sendo assim, o uso do WS em hambúrgueres é uma possibilidade para redução dos prejuízos econômicos gerados pela baixa aceitação deste filé pelo consumidor. E, a substituição de gordura animal por CH também se mostrou uma alternativa viável na produção, reduzindo o teor de lipídios e aumentando o teor de proteínas.

ANEXOS

ANEXO A

Questionário para recrutamento de avaliadores

Desejamos formar uma equipe de avaliadores para descrever o perfil sensorial (CATA) e avaliar o quanto gostou (teste de aceitação) de “hambúrgueres de frango com substituição parcial da gordura animal”. Participar da avaliação sensorial não tomará muito seu tempo e não envolverá nenhuma tarefa difícil., levará em torno de 10 a 15 minutos. Este trabalho faz parte do projeto de pesquisa de Doutorado “Inclusão de colágeno hidrolisado como substituto parcial de gordura em hambúrgueres de frango produzidos com white striping: elaboração e caracterização”. Se o (a) Senhor (a) deseja participar da equipe, por favor, preencha este questionário:

1. Gênero: Feminino Masculino Outro _____ Prefiro não declarar
2. Faixa etária: 15-25 26-35 36-50 acima de 50 anos
3. Escolaridade
 Ensino fundamental Graduação Ensino médio Pós-Graduação
4. Já participou de algum teste sensorial? Sim Não
De que tipo? Aceitação Discriminativo Descritivo
5. Indique se você possui:
 Alguma doença ou está em tratamento médico
 Hipertensão (pressão alta)
 Diabetes
 Hipotensão (pressão baixa)
5. Você se encontra em dieta alimentar por razões de saúde? Sim Não
6. Especifique os alimentos que você não pode comer ou beber por razões de saúde

7. Você consome hambúrguer?
 Sim Não
8. Qual tipo de hambúrguer você consome? Frango Carne bovina Vegetal
Outros: _____
9. Indique a frequência de consumo de hambúrguer:
 Diariamente
 3 a 4 vezes por semana
 1 a 2 vezes por semana
 Raramente (1 vez por mês ou menos)
 Nunca

ANEXO B

Formulário para avaliação sensorial

NOME: _____ DATA: ___ / ___ / ___

Prove a amostra codificada de hambúrguer de frango e use a escala abaixo para indicar o quanto você gostou ou desgostou de cada atributo na amostra.

- 9 – Gostei muitíssimo
- 8 – Gostei muito
- 7 – Gostei moderadamente
- 6 – Gostei ligeiramente
- 5 – Nem gostei / nem desgostei
- 4 – Desgostei ligeiramente
- 3 – Desgostei moderadamente
- 2 – Desgostei muito
- 1 – Desgostei muitíssimo

Código da amostra	Aparência	Aroma	Sabor	Textura	Avaliação global

Utilizando a escala abaixo assinale o grau de certeza com que você compraria ou não compraria cada amostra:

- 5 – Certamente compraria o produto;
- 4 – Possivelmente compraria o produto;
- 3 – Talvez compraria/ talvez não compraria o produto;
- 2 – Possivelmente não compraria o produto;
- 1 – Certamente não compraria o produto

Assinale todos os atributos que descrevam essa amostra:

Aparência	Aroma	Sabor	Textura
<input type="checkbox"/> Cor típica	<input type="checkbox"/> Ranço	<input type="checkbox"/> Atípico	<input type="checkbox"/> Emborrachada
<input type="checkbox"/> Estranha	<input type="checkbox"/> Típico	<input type="checkbox"/> Amargo	<input type="checkbox"/> Duro
<input type="checkbox"/> Oleosa	<input type="checkbox"/> Gorduroso	<input type="checkbox"/> Temperado	<input type="checkbox"/> Suculento
<input type="checkbox"/> Cor pálida	<input type="checkbox"/> Suave	<input type="checkbox"/> Ranço	<input type="checkbox"/> Difícil de mastigar
		<input type="checkbox"/> Suave	<input type="checkbox"/> Típica
		<input type="checkbox"/> Típico	
		<input type="checkbox"/> Gorduroso	

Comentários: _____

ANEXO C

Aprovação da pesquisa pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Estadual de Londrina



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

COMISSÃO DE ÉTICA NO USO DE ANIMAIS

OF. CIRC. CEUA Nº 176/2019

Londrina, 19 de dezembro de 2019.

Prezado (a) professor (a),

Certificamos a aprovação do projeto de pesquisa intitulado: "**Avaliação dos fatores pré-abate na incidência de frangos com miopatia dorsal cranial e caracterização físico-química e estrutural da carne,**" protocolo CEUA nº **20962.2019.81** sob a responsabilidade de **Adriana Lourenço Soares Russo**, que envolve a produção, manutenção e/ou utilização de animais pertencentes ao filo Chordata, subfilo Vertebrata (exceto o homem) para fins de pesquisa científica (ou ensino), encontra-se de acordo com os preceitos da Lei nº 11.794, de 8 de outubro de 2008, do Decreto nº 6.899, de 15 de julho de 2009, e com as normas editadas pelo Conselho Nacional de Controle da Experimentação Animal (CONCEA), e foi **aprovado** pela Comissão de Ética no Uso de Animais da Universidade Estadual de Londrina (CEUA/UEL) em reunião do dia **17/12/2019**.

Este projeto tem por objetivo compreender a correlação entre a existência da miopatia dorsal cranial com as miopatias *White Striping* e *Wooden breast*, a influência dos fatores do manejo pré-abate na incidência da miopatia dorsal cranial, além de caracterizar a carne quanto aos seus parâmetros físico-químicos e estruturais em um sistema comercial de abate do estado do Paraná. **Grau de invasividade: 1.**

Finalidade	() Ensino (x) Pesquisa científica
Vigência da autorização	19/12/2019 a 29/07/2022
Espécie/ linhagem/ raça	Frangos de corte comercial: Cobb, Hubbard e Ross
Nº de animais	500
Peso/ Idade	2.300 g/ 42 dias
Sexo	Machos e fêmeas
Origem	Frigorífico Frango Granjeiro (Granjeiro Alimentos LTDA), SIF 4087- CNPJ 81.035.388/0001-68
Amostras a serem coletadas	Músculo anterior <i>latissimus dorsi</i> de frango.

Cumpra orientar que caso pretendam-se quaisquer alterações no protocolo experimental aprovado, deve-se submeter o novo protocolo à apreciação da CEUA/UEL anteriormente à execução das modificações.

Em cumprimento às exigências do CONCEA, em até 30 dias da finalização do projeto de pesquisa ou extensão, conforme vigência expressa neste ofício, encaminhar relatório da descrição de uso de animais para ceua@uel.br, conforme modelo disponível no site da CEUA/UEL (<http://www.uel.br/comites/ceua/pages/relatorio-de-projetos.php>). Coloco-me à disposição para quaisquer esclarecimentos que se fizerem necessários. Sem mais para o momento, subscrevo-me, cordialmente.

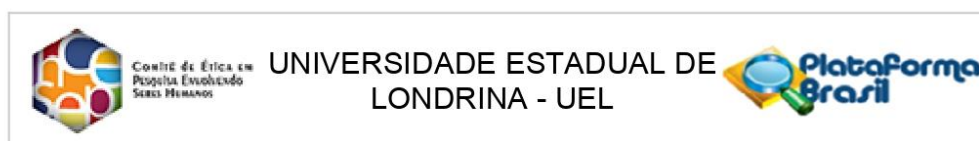
Maria Fernanda R. Graciano
Profª Drª Maria Fernanda Rodrigues Graciano
Coordenadora da CEUA/UEL

**Profª Drª Maria Fernanda
Rodrigues Graciano**
Coordenadora da Comissão de
Ética no Uso de Animais
Universidade Estadual de Londrina
ceua@uel.br / (43) 3371-5454

Ilmo.(a) Sr.(a)
Prof. (a) Dr (a). Adriana Lourenço Soares Russo
Responsável pelo projeto
C/C para Depto. de Ciência e Tecnologia de Alimentos /CCA
C/C para a Direção do Centro de Ciências Agrárias/CCA

ANEXO D

Aprovação da pesquisa pelo Comitê de Ética Envolvendo Seres Humanos



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: Inclusão de colágeno hidrolisado como substituto parcial de gordura em hambúrgueres de frango produzidos com white striping: elaboração e caracterização

Pesquisador: ANA CLARA LONGHI PAVANELLO

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 61710122.1.0000.5231

Instituição Proponente: Programa de Pós-graduação em Ciência de Alimentos

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.626.214

Apresentação do Projeto:

Trechos extraídos do original do(a) pesquisador(a):

Apoio Financeiro: Financiamento Próprio

Desenho: "(...) Os hambúrgueres serão preparados seguindo as boas práticas de fabricação. Para a realização dos testes sensoriais os produtos serão, primeiramente, submetidos a análises de segurança microbiológica de acordo com a legislação vigente. Os produtos serão analisados conforme a Resolução RDC no 12, de 2 de janeiro de 2001, quanto a coliformes a 45o, Estafilococos coagulase positiva, Clostridium sulfito redutor a 46o e Salmonella sp. (...)"

Resumo: "(...) O hambúrguer é um produto cárneo amplamente consumido pela população em geral, entretanto possui alto teor de gordura animal em sua composição. O colágeno hidrolisado é um grupo de peptídeos de baixo peso molecular extraído principalmente do couro ou ossos provenientes do abate de bovinos ou suínos. (...) Serão elaboradas seis formulações, com carne normal e WS, com diferentes níveis de substituição de gordura: formulação controle (FC) sem a adição de colágeno, F50 e F75, com substituição de 50 e 75% de gordura, respectivamente. Os hambúrgueres serão submetidos a análises microbiológicas e avaliados quanto ao seu perfil sensorial por meio do teste check-all-that-apply, e aceitação. (...)"

Endereço: LABESC - Sala 14

Bairro: Campus Universitário

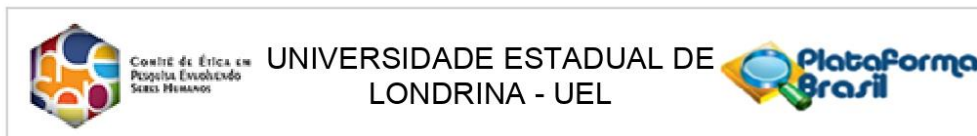
UF: PR

Município: LONDRINA

CEP: 86.057-970

Telefone: (43)3371-5455

E-mail: cep268@uel.br



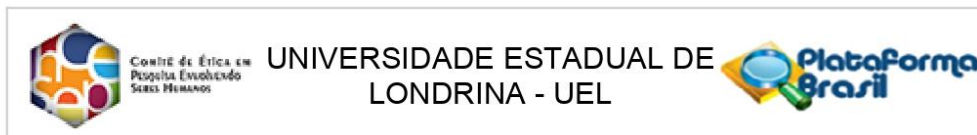
Continuação do Parecer: 5.626.214

Introdução: “A produção de carne de frango tem aumentado consideravelmente, no ano de 2021 o Brasil produziu cerca de 14,329 milhões de toneladas (ABPA, 2022). O aumento no consumo desta fonte de proteína está associado ao seu baixo custo, bom perfil nutricional, facilidade de preparo e flexibilidade na incorporação em diversos produtos (PETRACCI et al., 2013; PETRACCI et al., 2015). Para atender a esta demanda a indústria avícola buscou aumentar o rendimento do peito e produzir aves com maior ganho de peso. Em contrapartida, o crescimento rápido tem promovido o desenvolvimento de diversas anormalidades nos tecidos musculares, que em termos de qualidade, não são aceitos pelo consumidor (PETRACCI et al., 2015; VELLEMAN, 2015). A miopatia white striping (WS), acomete o peito das aves (Pectoralis major), e é uma condição associada ao crescimento acelerado e obtenção de animais com maior rendimento de carcaça. Esta alteração é caracterizada pela presença de estrias brancas paralelas à direção das fibras musculares na superfície do filé de peito. A incidência do WS exerce influência na composição química da carne, como por exemplo, a redução no teor de proteínas e aumento no teor de gordura e colágeno. Além disso, estudos mostram que a presença do WS diminui significativamente a aceitação e decisão de compra do consumidor (KUTTAPPAN et al., 2012; KUTTAPPAN et al., 2013; KATO et al., 2019). A aplicação da carne WS em produtos processados pode auxiliar na redução de perdas econômicas causadas pela rejeição do consumidor. O hambúrguer é definido como produto cárneo industrializado obtido da carne moída dos animais de açougue, adicionado ou não de tecido adiposo e ingredientes, moldado na forma de disco ou na forma oval, e submetido a processo tecnológico adequado (BRASIL, 2021), é um produto amplamente consumido em todo o mundo, e geralmente possui alto teor de gordura animal (HECK et al., 2019). O colágeno hidrolisado (CH) é um grupo de peptídeos de baixo peso molecular e pode ser extraído de diferentes fontes, como de bovinos ou suínos. O colágeno desempenha papel importante na textura da carne e seus produtos, também contribui para o valor nutricional, sabor e suculência. Tem sido aplicado em produtos cárneos, com o intuito de melhorar a função gelificante, capacidade de retenção de água, aumentar o teor de proteínas e como substituto de gordura (PRESTES; CARNEIRO; DEMIATE, 2012; SOUSA et al., 2017; LEÓN-LÓPEZ et al., 2019).”

Hipótese: “Verificar se a utilização da carne de frango com a miopatia white striping e a substituição de gordura animal por colágeno hidrolisado na formulação de hambúrgueres influenciará no perfil sensorial do produto.”

Metodologia Proposta: “Previamente à análise sensorial, as amostras de hambúrguer de frango

Endereço: LABESC - Sala 14
Bairro: Campus Universitário
UF: PR **Município:** LONDRINA **CEP:** 86.057-970
Telefone: (43)3371-5455 **E-mail:** cep268@uel.br



Continuação do Parecer: 5.626.214

serão submetidas à análise microbiológica, obedecendo os critérios estabelecidos pela Resolução RDC no 12, de 02 de janeiro de 2001. Serão aplicados os testes de aceitação e check all that apply (CATA) em conjunto, empregando-se 100 avaliadores não treinados, de ambos os sexos, recrutados dentre alunos, professores e funcionários da Universidade Estadual de Londrina. Os voluntários preencherão o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido e responderão um questionário para coleta de informações. Os testes serão realizados em cabines individuais sob luz branca. As amostras codificadas serão apresentadas em ordem aleatória a cada avaliador e será solicitado que os mesmos indiquem o quanto gostou de cada amostra, empregando-se a escala hedônica de 9 pontos (1 = desgostei muitíssimo; 5= nem gostei/ nem desgostei; 9 = gostei muitíssimo) e respondam o questionário CATA, com 20 descrições relacionadas as características sensoriais dos hambúrgueres. (...)"

Critério de Inclusão: "Indivíduos voluntários, maiores de 18 anos, saudáveis, que demonstrem interesse e disposição em participar dos testes sensoriais."

Critério de Exclusão: "Indivíduos menores de 18 anos de idade; Indivíduos gripados ou resfriados; Indivíduos alérgicos a qualquer ingrediente da formulação de hambúrguer."

Metodologia de Análise de Dados: "Os resultados obtidos serão submetidos a análise de variância (ANOVA) e teste de comparação de médias de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando o Software RStudio versão 4.1.2 (R Core Team, 2021). Os dados do questionário CATA serão submetidos ao teste Q de Cochran para identificar diferenças significativas entre as amostras para cada um dos descritores."

Detalhamento: "Para caracterização das equipes serão solicitados a todos os participantes os dados de gênero, idade, renda familiar, escolaridade e consumo de hambúrguer."

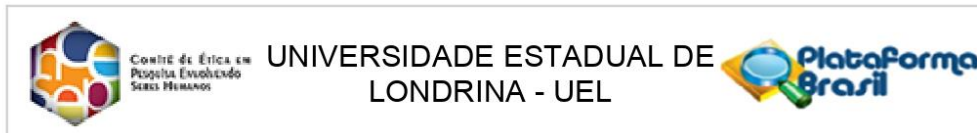
Objetivo da Pesquisa:

Trechos extraídos do original do(a) pesquisador(a):

Objetivo Primário: "Avaliar o perfil e aceitação sensorial de hambúrguer de carne de frango com a miopatia white striping e substituição de gordura por colágeno hidrolisado."

Objetivo Secundário: "Desenvolver formulações de hambúrguer de carne de frango (normal e white

Endereço: LABESC - Sala 14	CEP: 86.057-970
Bairro: Campus Universitário	
UF: PR	Município: LONDRINA
Telefone: (43)3371-5455	E-mail: cep268@uel.br



Continuação do Parecer: 5.626.214

striping) com adição do colágeno hidrolisado como substituto de gordura; Determinar o pH, atividade de água, cor, composição química, teor de colágeno, rendimento, encolhimento, capacidade de retenção de água, perfil de textura e estabilidade oxidativa dos hambúrgueres formulados; Determinar a qualidade microbiológica do produto; Avaliar a aceitação dos hambúrgueres por meio do teste de aceitação empregando-se escala hedônica de 9 pontos; Avaliar o perfil sensorial das formulações utilizando a metodologia check-all-that-apply (CATA)."

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Trechos extraídos do original do(a) pesquisador(a):

Riscos:

Os riscos associados à ingestão das formulações de hambúrguer são mínimos, pois se trata de um produto preparado de forma segura e com ingredientes seguros e de uso comum na alimentação humana. Poderá haver alguma fadiga durante os testes, nesse caso, o avaliador será dispensado. Caso ocorra qualquer tipo de desconforto, o avaliador será prontamente atendido e amparado pelo pesquisador responsável

Benefícios:

O benefício esperado é utilizar a carne de frango com white striping e substituir parcialmente a gordura animal da formulação por colágeno hidrolisado, aproveitando uma carne que visualmente não é bem aceita pelo consumidor e desenvolvendo um produto com baixo teor de gordura"

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Projeto de tese de doutorado apresentado ao Programa de Pós graduação em Ciência de Alimentos, da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Doutor em Ciência de Alimentos, orientado pela Profa. Dra. Adriana Lourenço Soares Russo.

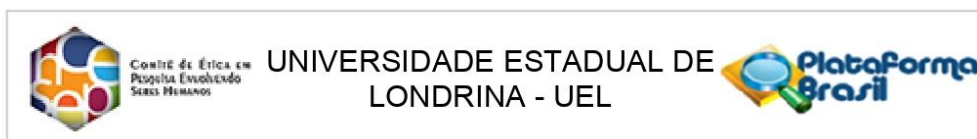
Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

- Folha de Rosto apresentada, assinada por Elisa Hirooka.

- Apresenta, nos anexos do projeto completo, o questionário de informações pessoais e o instrumento CATA -check-all-that-apply.

- Apresenta TCLE adequado.

Endereço: LABESC - Sala 14
Bairro: Campus Universitário **CEP:** 86.057-970
UF: PR **Município:** LONDRINA
Telefone: (43)3371-5455 **E-mail:** cep268@uel.br



Continuação do Parecer: 5.626.214

- Cronograma apresentado corretamente, com início de coleta em 10/10/2022 e término do projeto em 10/02/2023 .

- Orçamento apresentado corretamente, no valor de R\$ 500 reais.

Recomendações:

Não há.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Aprovado.

Considerações Finais a critério do CEP:

Prezado(a) Pesquisador(a),

Este é seu parecer final de aprovação, vinculado ao Comitê de Ética em Pesquisas Envolvendo Seres Humanos da Universidade Estadual de Londrina. É sua responsabilidade apresenta-Lo aos órgãos e/ou instituições pertinentes.

Ressaltamos, para início da pesquisa, as seguintes atribuições do pesquisador, conforme Resolução CNS 466/2012 e 510/2016:

A responsabilidade do pesquisador é indelegável e indeclinável e compreende os aspectos éticos e legais, cabendo-lhe:

- conduzir o processo de Consentimento e de Assentimento Livre e Esclarecido;
- apresentar dados solicitados pelo sistema CEP/CONEP a qualquer momento;
- desenvolver o projeto conforme delineado, justificando, quando ocorridas, a sua mudança ou interrupção;
- elaborar e apresentar os relatórios parciais e final;
- manter os dados da pesquisa em arquivo, físico ou digital, sob sua guarda e responsabilidade, por um período mínimo de 5 (cinco) anos após o término da pesquisa;
- encaminhar os resultados da pesquisa para publicação, com os devidos créditos aos pesquisadores e pessoal técnico integrante do projeto;
- justificar fundamentadamente, perante o sistema CEP/CONEP, interrupção do projeto ou a não publicação dos resultados.

Coordenação CEP/UEL.

Endereço: LABESC - Sala 14

Bairro: Campus Universitário

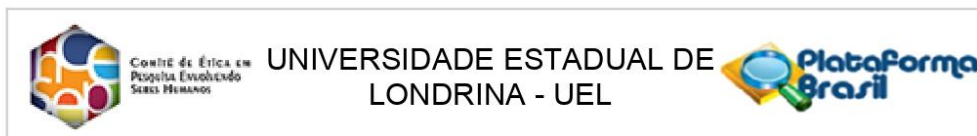
UF: PR

Município: LONDRINA

Telefone: (43)3371-5455

CEP: 86.057-970

E-mail: cep268@uel.br



Continuação do Parecer: 5.626.214

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1998831.pdf	05/09/2022 12:59:25		Aceito
Outros	Carta_resposta.pdf	05/09/2022 12:57:44	ANA CLARA LONGHI PAVANELLO	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	05/09/2022 12:48:49	ANA CLARA LONGHI PAVANELLO	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Pavanello_ACLP_Projeto.pdf	05/09/2022 12:48:37	ANA CLARA LONGHI PAVANELLO	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_rosto.pdf	16/08/2022 15:42:32	ANA CLARA LONGHI PAVANELLO	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

LONDRINA, 05 de Setembro de 2022

Assinado por:
Karina Elaine de Souza Silva
(Coordenador(a))

Endereço: LABESC - Sala 14

Bairro: Campus Universitário

CEP: 86.057-970

UF: PR

Município: LONDRINA

Telefone: (43)3371-5455

E-mail: cep268@uel.br

ANEXO E

Trabalhos e artigos publicados



Brazilian Journal of Health Review

ISSN: 2595-6825

9325

Parâmetros de qualidade de filés de frango com miopatias *wooden breast* e *white striping*

Quality parameters of chicken fillets with *wooden breast* and *white striping* myopathies

DOI:10.34119/bjhrv4n2-431

Recebimento dos originais: 04/03/2021

Aceitação para publicação: 15/04/2021

Bárbara Tiemi Kanabata

Graduação em Medicina Veterinária

Instituição de atuação atual: Universidade Estadual de Londrina

E-mail: Rodovia Celso Garcia Cid | PR 445 Km 380 | Campus Universitário Cx. Postal

10.011 | CEP 86.057-970 | Londrina - PR

E-mail: barbarakanabata@gmail.com

Bruna Caroline Geronimo

Mestrado em Ciência de Alimentos

Instituição de atuação atual: Universidade Estadual de Londrina

E-mail: Rodovia Celso Garcia Cid | PR 445 Km 380 | Campus Universitário Cx. Postal

10.011 | CEP 86.057-970 | Londrina - PR

E-mail: bruna.geronimo@uel.br

Ana Clara Longhi Pavanello

Formação acadêmica: Mestrado em Ciência de Alimentos

Instituição: Universidade Estadual de Londrina – UEL (Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos, Estrada Celso Garcia Cid, Km 380, 86051-970 Londrina, PR, Brasil)

CARACTERIZAÇÃO QUÍMICA, REOLÓGICA E ESTRUTURAL DA FARINHA DE PINHÃO (*Araucaria Angustifolia*) CRU E COZIDO VISANDO APLICAÇÃO EM PRODUTOS ALIMENTÍCIOS

DOI: 10.22533/at.ed.07521130814

Palavras-chave: Atividade antioxidante, Compostos fenólicos, Gelatinização. Microscopia eletrônica de varredura.

Keywords: Antioxidant activity. Phenolics compounds. Gelatinization. Scanning electron microscopy

Abstract:

The study objective was to characterize raw and cooked pinhão flour on chemical, rheological, and structural properties. Pinhão flour presented 64.0% of starch, 8.7% of total fibers, of which 85.0% are insoluble. The contents of total phenolic compounds were 515.38 and 1534.04 mg GAE g⁻¹ for raw and cooked pinhão flour, respectively. Cooked pinhão flour had better antioxidant activity by DPPH and ABTS assays. Scanning electron microscopy highlighted morphological differences between the starches. In the cooked pinhão starch, the granules presented a faceted semi-crystalline structure, characteristic of retrograded starch. Differential scanning calorimetry results showed that raw pinhão starch had an onset gelatinization temperature of 48.02 °C, endothermic peak at 56.75 °C. It was not possible to determine these properties for the cooked pinhão starch due to the gelatinization that occurred during the cooking of the pinhão. The swelling power of raw pinhão flour progressively increased until 80 °C, reaching a swelling of 11%, while cooked pinhão flour showed a maximum swelling of 8% at 70 °C. The raw pinhão flour presented an increase in viscosity starting at 66 °C, with a peak of 1100 BU at 78 °C, while the cooked pinhão flour presented a lower paste temperature (54 °C) with a viscosity peak of 285 BU. Raw and cooked pinhão flour showed potential for application in food, and cooked pinhão flour may be an alternative for products susceptible to oxidation and processed foods, such as soups and sauces.

Número de páginas: 17



04

“ **Determinação do teor de compostos fenólicos totais e capacidade antioxidante de cúrcuma orgânica comercial**

▮ **Fernanda Jéssica Mendonça**
UEL

▮ **Isabela Dante Alves Negrão**
UEL

▮ **Ana Clara Longhi Pavanello**
UEL

▮ **Bruna Caroline Geronimo**
UEL

▮ **Kelly Cristiane Michalichen**
UEL

▮ **Clísia Mara Carreira**
UEL

▮ **Danielle Venturini**
UEL

▮ **Adriana Lourenço Soares**
UEL



avesui
América Latina | 2022

26, 27 e 28
Abril - 2022

Certificado

Certificamos que o trabalho

CARACTERIZAÇÃO HISTOPATOLÓGICA E ESCORE LESIONAL DE FRANGOS COM MIOPATIA DORSAL CRANIAL

De autoria de: Ana Clara Longhi Pavanello, Thalita Evani Silva Oliveira, Giovana Wingeter Di Santis e Adriana Lourenço Soares foi apresentado como poster e oralmente durante o 20º. Seminário Técnico Científico de Aves e Suínos e 6º. Congresso de Zootecnia de Precisão no período de 26 a 28 de abril de 2022 na cidade de Medianeira – PR – Brasil.



CONGRESSO
BRASILEIRO DE
ZOOTECNIA DE
PRECISÃO - CBZP

Andrea Gessulli
Andrea Gessulli
Gessulli

Iran José de Oliveira da Silva
Iran José de Oliveira da Silva
Comitê Técnico Científico

SEMINÁRIO
TÉCNICO-CIENTÍFICO
DE AVES E SUÍNOS

PATROCÍNIO

EVONIK
Leading Beyond Chemistry

ORGANIZAÇÃO

OSWALDO GESSULLI



avesui
América Latina | 2022

26, 27 e 28
Abril - 2022

Certificado

Certificamos que o trabalho

PARÂMETROS HISTOLÓGICOS DE PEITOS DE FRANGO ACOMETIDOS POR WHITE STRIPING

De autoria de: Ana Clara Longhi Pavanello, Talita Kato, Ana Paula Frederico L R Bracarense e Adriana Lourenço Soares foi apresentado como poster e oralmente durante o 20º. Seminário Técnico Científico de Aves e Suínos e 6º. Congresso de Zootecnia de Precisão no período de 26 a 28 de abril de 2022 na cidade de Medianeira – PR – Brasil.



CONGRESSO
BRASILEIRO DE
ZOOTECNIA DE
PRECISÃO - CBZP

Andrea Gessulli
Andrea Gessulli
Gessulli

Iran José de Oliveira da Silva
Iran José de Oliveira da Silva
Comitê Técnico Científico

SEMINÁRIO
TÉCNICO-CIENTÍFICO
DE AVES E SUÍNOS

PATROCÍNIO

EVONIK
Leading Beyond Chemistry

ORGANIZAÇÃO

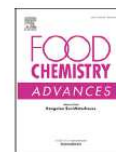
OSWALDO GESSULLI



Contents lists available at ScienceDirect

Food Chemistry Advances

journal homepage: www.elsevier.com/locate/focha



Fiber-rich ingredients obtained from agroindustrial residues through combined hydrothermal-chemical processes



Jaquellyne B.M.D. Silva^a, Mayara T.P. Paiva^a, Ana C.L. Pavanello^b, Janaina Mantovan^a, Suzana Mali^{a,*}

^a Department of Biochemistry and Biotechnology, CCE, State University of Londrina (UEL), Celso Garcia Cid Road, km 380, Londrina, PR 86051-990, Brazil

^b Department of Food Science and Technology, CGA, State University of Londrina (UEL), Celso Garcia Cid Road, km 380, Londrina, PR 86051-990, Brazil

ARTICLE INFO

Keywords:

Oat, soybean, and coffee hulls
Hydrothermal treatment
Alkaline hydrogen peroxide

ABSTRACT

The objectives of this study were to evaluate the composition and techno-functional properties of fiber-rich ingredients that were obtained from three agroindustrial residues (oat, soybean, and coffee hulls) through a one-step hydrothermal-chemical combined process. The residues were subjected to an alkaline hydrogen peroxide treatment (2%, pH 11.5) combined with a hydrothermal treatment in an autoclave (121 °C/30 min/1.5 atm). Ash, protein, and lipid contents decreased for all residues, and total (up to 86 g/100 g) and insoluble dietary (up to 83 g/100 g) fiber contents increased for all processed residues. All treated samples exhibited an increase in hydration capacity, with values ranging from 5.2 to 6.6 g/g of water absorption capacity and 5.6 to 5.7 g/g of swelling capacity. The one-step process was efficient in improving the nutritional and techno-functional quality of the residues of oat, soybean, and coffee, and it can be considered a promising alternative for future obtaining of new fiber-rich ingredients.

Original Article

Food Science and Technology

ISSN 0101-2061 (Print)
ISSN 1678-457X (Online)

DOI: <https://doi.org/10.1590/ft.53222>



Preparation, characterization, and evaluation of antioxidant activity of turmeric flour in chicken patties

Isabela Dante Alves NEGRÃO^{1*}, Fernanda Jéssica MENDONÇA¹, Ana Clara Longhi PAVANELLO¹, Adriana Lourenço SOARES¹

Abstract

This study evaluated the use of turmeric (*Curcuma longa* L.) flour as a natural antioxidant in chicken patties. Patties were prepared with different concentrations of turmeric flour: 0% (Control), 0.25% (TC_{0.25%}), 0.50% (TC_{0.50%}), and 0.75% (TC_{0.75%}). A "treatment-as-usual" patty with 0.25% sodium erythorbate (SE) was prepared. Turmeric flour showed high contents of carbohydrates (78.12%), phenolic compounds (8.13 mg GAE g⁻¹), and flavonoids (29.68 mg QE g⁻¹), as well as high antioxidant activity, determined by DPPH (48.71% inhibition) and FRAP (9.11 mg QE g⁻¹) assays. Patties were analyzed after 1, 15, 30 and 45 days of storage at -18 °C. The addition of turmeric resulted in less reddish, and darker, more yellowish patties. Changes in chemical composition, pH, or shrinkage percentage were not observed. TC_{0.75%} obtained the highest cooking yield (91.27%). TC_{0.25%} was the softest, while TC_{0.75%} and Control had the lowest cohesiveness. Differences in resilience between TC_{0.25%}, TC_{0.75%}, and Control were not observed. Changes in springiness and chewiness were not observed. Turmeric patties showed similar oxidative stability to the SE formulation, differing from Control throughout the entire storage period. Turmeric flour prevented lipid oxidation in chicken patties to the same extent as the synthetic antioxidant, demonstrating potential as a natural antioxidant.

Keywords: phenolic compounds; color; lipid oxidation; texture profile.

Practical Application: Turmeric flour showed great potential as a natural antioxidant in meat products.

Evaluation of physicochemical and functional properties of broiler breast with White Striping

Avaliação das propriedades físico-químicas e funcionais de peitos de frango com White Striping

Talita Kato^{1*}; Ana Paula Frederico Rodrigues Loureiro Bracarense²; Ana Clara Longhi Pavanello³; Adriana Lourenço Soares⁴

Highlights

There is a high incidence of WS in fillets from slaughterhouses.

The WS myopathy causes macroscopic alterations on the surface of chicken meat.

WS influences the chemical composition of chicken meat.

WS compromises meat quality.