

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos

**RODRIGO ALVES DE SOUZA**

**Filé de peito de frango com anomalia estrias brancas: avaliação da qualidade da carne e  
utilização no processamento de hambúrguer e linguiça**

---

Pirassununga

2021

**RODRIGO ALVES DE SOUZA**

**Filé de peito de frango com anomalia estrias brancas: avaliação da qualidade da carne e utilização no processamento de hambúrguer e linguiça**

Versão Corrigida

Tese apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para obtenção do Título de Doutor em Ciências.

Área de Concentração: Ciências da Engenharia de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Marco Antonio Trindade

---

Pirassununga

2021

### **Ficha catalográfica elaborada pelo**

**Serviço de Biblioteca e Informação, FZEA/USP,  
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)**

A729f      Alves de Souza, Rodrigo  
            Filé de peito de frango com miopatia estrias  
brancas: avaliação da qualidade da carne e  
utilização no processamento de hambúrguer e linguiça  
/ Rodrigo Alves de Souza ; orientador MARCO ANTONIO  
TRINDADE. -- Pirassununga, 2021.  
            91 f.

            Tese (Doutorado - Programa de Pós-Graduação em  
Engenharia de Alimentos) -- Faculdade de Zootecnia  
e Engenharia de Alimentos, Universidade de São  
Paulo.

            1. Aceitação sensorial. 2. Armazenamento. 3.  
Carne saudável. 4. Hambúrguer. 5. Linguiça. I.  
Antonio Trindade, Marco, orient. II. Título.

Dedico este trabalho a meus pais Hirasilva e Pedro, por terem me apoiado e sempre acreditado na realização deste doutorado, ao meu querido irmão Thiago por estar do meu lado desde o mestrado me mostrando que tudo isso era possível e, por fim, minha namorada Franciele que não deixou nunca minha peteca cair, aguentou várias crises existenciais e atuou como peça muito importante para redação desta tese. A todos vocês, eu, Rodrigo, dedico meu grande amor e carinho.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus por esta oportunidade repleta de ensinamentos e lições.

Agradeço a CAPES pela bolsa de doutorado.

Ao Prof. Dr. Marco Antonio Trindade, por ter me dado liberdade pra conduzir um experimento escrito por mim, fora do Laqueca, e mesmo de longe, me acompanhou e confiou demais no meu potencial para desenvolver o estudo; agradeço ainda mais pela paciência e perseverança entre idas e vindas ao curso de doutorado, por acreditar que além de todos os percalços pessoais que tive ainda teríamos uma pandemia e que eu conseguisse terminar todo meu trabalho. Sem palavras para descrever a minha admiração a sua pessoa e que serei eternamente grato por toda compreensão desprendida por ti. Muito obrigado mesmo.

Aos pesquisadores Dra. Hirasilva Borba e Dr. Pedro Souza por me confiarem e me darem total liberdade para utilizar o LaOra para realização de todas as minhas análises.

Agradeço também a todos que me acompanharam nos abates, ajudando na classificação das carcaças, passando frio, viajando e ainda assim chegando para realizar análises.

Agradeço a toda equipe do LaOra que me ajudou na condução do experimento: Juliana Lolli, Mateus, Bozinho, Larissa (Laqueca), Aline, Amanda, Erick, Érica, Fábio, Hirasilva.

Um agradecimento especial, pela segunda vez, à Juliana pela amizade de longa data e por fazer todos os estudos, escritas, indagações e análises junto comigo, sempre ao meu lado. Um outro para meu primo/irmão Fábio Borba por ter me dado força sempre, por te estado ao meu lado e por ter me dado uma luz com seu conhecimento estatístico e trabalhando comigo até altas horas depois de um dia cheio de trabalho; sem contar que sempre estive em praticamente todas as fases de meu experimento.

A todos os estagiários que compõem o LaOra (entraram vários então não sei todos os nomes atuais).

Agradeço imensamente meus amigos inseparáveis que amo tanto Gustavo (Bodão) e Nathana que acompanharam todas as alegrias e sofrimentos durante todos esses anos; aos novos amigos que tive a oportunidade de conviver em tempos normais e continuo os vendo: Breno e Karin, Giordano, Maria Cristina (minha sogrinha), minha melhor amiga e mãe Hirasilva (nas horas de boteco e reflexões), meu primo querido

e amigo Leonardo Borba por ter aturado meus desabafos, nos botecos, é claro, assim como meu amigo e primo Fábio, ao amigo José Antônio, o cara que se preocupa e faz minha mãe muito feliz; por fim, agradeço meus amigos da banda cover do Red Hot (Call it Fornication) por terem convivido mais comigo do que muitas famílias por 13 anos completados em 2021: Leonardo Fonseca, Rodrigo Di Pietra, Jeffin Rodegheri, Matheus Borges, Gabriel Marucci e Darcy Lucchini.

Agradeço a FZEA pela oportunidade de realizar o curso de Doutorado.

Por fim, agradeço a todos que emanaram energias positivas e torceram por mim. Mil perdões se esqueci de alguém.

*“Um sonho dentro de um sonho, eu ainda nem sei se acordei; desse sonho, quero imagem e som, pra saber o que foi que aconteceu”.*

*(Nação Zumbi)*

## RESUMO

SOUZA, R. A. **Filé de peito de frango com anomalia estrias brancas:** avaliação da qualidade da carne e utilização no processamento de hambúrguer e linguiça. 2021. 97 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2021.

O presente estudo teve como objetivo avaliar a qualidade físico-química da carne e a histologia das fibras musculares de peitos acometidos por estrias brancas (EB), assim como a utilização destas carnes (normais/sem anomalia e com os graus moderado e severo da anomalia) no processamento de hambúrgueres e linguiças. Foram coletadas amostras sem pele em abatedouro comercial e separados para análises no peito, fabricação de linguiça e de hambúrgueres. Em frangos *in natura*, houve aumento da luminosidade na superfície dos peitos acometidos com grau severo ( $L^* = 63,20$ ) em relação a peitos normais ( $L^* = 60,30$ ), também a intensidade da cor vermelha ( $a^* = 2,11$ ) em relação a peitos normais ( $a^* = 0,48$ ), maior valor  $b^*$  (7,81) em peitos com a severidade da anomalia em comparação a peitos normais ( $b^* = 5,73$ ), PPC de 31,74% em peitos severos contra 23,43% em peitos normais, valores maiores de 3,08% de lipídeos, 98,66 mg/100g colesterol em peitos severos em relação a peitos normais, diminuição do EPA e DHA em relação a peitos normais, infiltração de adipócitos com infiltrado inflamatório de células mononucleares mais necrose e calcificação na análise histológica de peitos severos e para análise sensorial o peito com estrias severas foi o mais rejeitado. Em linguiça frescal, foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para atividade de água em que linguiças fabricadas com peitos sem estrias apresentaram  $a_w=0,92$  quando comparadas a peitos com estrias,  $a_w=0,89$ , aos 28 dias de armazenamento, e oxidação lipídica, em que linguiças com carnes do grau severo tiveram resultados médios de 0,57 MDA/kg aos 28 dias quanto comparados a linguiças com peitos sem estrias, 0,23 MDA/kg. Não foram observadas diferenças ( $p>0,05$ ) para a análise colorimétrica, perdas por cocção e dureza; todas as análises microbiológicas apresentaram resultados atendendo à legislação brasileira. Na análise sensorial, as linguiças produzidas com peitos severos foram as preferidas pelos consumidores. Em hambúrgueres, houve diferenças significativas aos 120 dias de congelamento para as variáveis  $L^*$  (Normal: 57,75 – Severo: 52,69) e  $a^*$  (Normal: 0,67 – Severo: 0,55), perdas por cocção (Normal: 36,05% - Severo: 39,25%), redução do diâmetro (Severo: 39,25% - Normal: 36,05%), dureza (Normal: 198,26 N – Severo: 219,77 N), diminuição da umidade (Normal: 66,73% - Severo: 65,57%), aumento de lipídeos totais

(Normal: 6,59% - Severo: 7,81%), e matéria mineral (Normal: 3,36% - Severo: 4,04%) e aumento da oxidação lipídica tanto quando comparados o inicial quanto em 120 dias (Normal: 0,39 para 1,33 mg MDA/kg – Severo: 0,44 para 1,24 mg MDA/kg); não houve diferença na contagem microbiológica em relação aos graus de anomalia assim como no armazenamento citado. Concluiu-se que frangos acometidos pela severidade das estrias brancas são de qualidade nutricional e sensorial inferiores a frangos que não possuem essa condição, porém, não são nocivos não havendo necessidade de descartes, podendo ser utilizados na fabricação de linguiça tipo frescal e hambúrgueres, representando uma alternativa segura e saudável para a indústria.

**Palavras-chave:** Aceitação sensorial. Armazenamento. Carne saudável. Hambúrguer. Linguiça.

## ABSTRACT

SOUZA, R. A. Chicken breast with white stripin anomaly: evaluation of meat quality e its utilization in hamburger and sausage processing. 2021. 97p. Ph.D. Thesis. – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2021.

The present study aimed to evaluate the physical-chemical quality of meat and the histology of muscle fibers in breasts affected by white stripin (WS), as well as the use of these meats with three different degrees of anomaly in the processing of hamburgers and sausages. Were collected samples without skin in a commercial slaughter house and separate for breasts analysis, hamburgers and sausages manufactured. In raw chicken, there was an increase in the lightness on the surface of the affected breasts with severe degree ( $L^* = 63.20$ ) in relation to normal breasts ( $L^* = 60.30$ ), also the intensity of the red color ( $a^* = 2.11$ ) in relation to normal breasts ( $a^* = 0.48$ ), higher  $b^*$  value (7.81) in breasts with the severity of the anomaly compared to normal breasts ( $b^* = 5.73$ ), CL 31.74% in severe breasts versus 23.43% in normal breasts, higher values in severe breasts 3.08% for lipids, 98.66 mg / 100g cholesterol in relation to normal breasts, decreased EPA and DHA relation to normal breasts, infiltration of adipocytes with inflammatory infiltrate of mononuclear cells plus necrosis and calcification in the histological analysis of severe breasts, and for sensory analysis the breast with severe degree of white striping was the most rejected. In fresh sausages, significant differences were observed between the treatments for water activity in which sausages manufactured with breasts without stripings showed  $a_w = 0.92$  when compared to breasts with severe degree,  $a_w = 0.89$ , at 28 days of storage and lipid oxidation, in sausages with meats of the severe grade had average results of 0.57 MDA / kg at 28 days as compared to sausages with breasts without stripings, 0.23 MDA / kg .; no differences were observed for the colorimetric analysis, cooking losses and hardness; all microbiological analyzes showed results in accordance with Brazilian legislation. In the sensory analysis, sausages produced with severe breasts were preferred by consumers. For hamburgers, there were significant differences at 120 days of freezing for the variables  $L^*$  (Normal: 57.75 - Severe: 52.69) and  $a^*$  (Normal: 0.67 - Severe: 0.55 ) cooking losses (Normal: 36.05% - Severe: 39.25%), reduction in diameter (Severe: 39.25% - Normal: 36.05%), hardness (Normal: 198.26 N - Severe: 219.77 N), decrease in diameter (Normal: 66.73% - Severe: 65.57%), increase in total lipids (Normal: 6.59% - Severe: 7.81%) and mineral matter (Normal

: 3.36% - Severe: 4.04%) and increased lipid oxidation both when compared to initial and 120 days (Normal: 0.39 to 1.33 mg MDA / kg - Severe: 0.44 to 1, 24 mg MDA / kg); there was no difference in the microbiological count in relation to the degrees of anomaly as well as in the aforementioned storage. It was concluded that breasts affected by the severity of white striping has lower nutritional and sensorial quality when compared to normal ones, although, are not harmful and don't need to be discarded, being useful on the manufacture of sausages and hamburgers, showing a safety and healthy alternative for industries.

**Keywords:** Hamburger. Healthy meat. Sausage. Sensory acceptance. Storage.

## SUMÁRIO

<b>CAPÍTULO 1.....</b>	<b>12</b>
<b>1 INTRODUÇÃO GERAL .....</b>	<b>13</b>
<b>2 HIPÓTESE .....</b>	<b>14</b>
<b>3 OBJETIVOS.....</b>	<b>15</b>
<b>3.1 Objetivo geral .....</b>	<b>15</b>
<b>3.2 Objetivos específicos.....</b>	<b>15</b>
<b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>16</b>
<b>1 Estrias brancas .....</b>	<b>16</b>
1.1 Etimologia .....	16
1.2 Alterações causadas pela anomalia .....	17
1.3 Estrias brancas x aspectos sensoriais.....	17
<b>2 Mercado e consumo de produtos cárneos .....</b>	<b>18</b>
2.1 Hambúrguer de frango: qualidade e consumo.....	19
2.2 Linguíça de frango.....	19
<b>3 Qualidade de carne.....</b>	<b>20</b>
3.1 Cor.....	21
3.2 pH.....	21
3.3 Capacidade de Retenção de Água (CRA) .....	22
3.4 Colágeno.....	23
3.5 Comprimento de sarcômero .....	24
3.6 Maciez .....	25
3.7 Oxidação lipídica.....	26
3.8 Ácidos graxos .....	25
<b>4 Referências.....</b>	<b>27</b>
<b>CAPÍTULO 2.....</b>	<b>33</b>
<b>CAPÍTULO 2 – Caracterização física, química, histológica e sensorial do músculo <i>Pectoralis Major</i> de frangos de corte comerciais utilizados na produção brasileira acometidos pela anomalia estrias brancas.....</b>	<b>34</b>
<b>1. Introdução.....</b>	<b>35</b>
<b>2. Materiais e métodos.....</b>	<b>35</b>

2.2	Métodos Analíticos.....	36
2.3	Statistical Analysis .....	41
<b>3.</b>	<b>Resultados e discussão.....</b>	<b>41</b>
3.1	Peso médio dos peitos .....	41
3.2	Cor .....	42
3.3	pH, capacidade de retenção de água, perda de peso por cozimento e força de cisalhamento	43
3.5	Colágeno e comprimento de sarcômero .....	45
3.6	Perfil de ácidos graxos .....	46
3.7	Análise histológica .....	48
3.8	Avaliação sensorial.....	49
<b>4</b>	<b>Conclusões.....</b>	<b>53</b>
	<b>CAPÍTULO 3.....</b>	<b>57</b>
	<b>CAPÍTULO 3 – Efeitos do armazenamento nas propriedades físico-químicas, sensoriais e microbiológicas de linguiças fabricadas com carne de peito de frangos acometidos pela anomalia estrias brancas.....</b>	<b>58</b>
<b>1.</b>	<b>Introdução.....</b>	<b>59</b>
<b>2.</b>	<b>Materiais e métodos.....</b>	<b>59</b>
2.1	Procedimento experimental .....	60
2.2	Métodos analíticos.....	61
2.3	Análise estatística .....	63
<b>3.</b>	<b>Resultados e discussão.....</b>	<b>64</b>
3.1	Cor, pH, dureza e perdas por cocção .....	64
3.2	Atividade de água, composição proximal e oxidação lipídica .....	66
3.3	Análises Microbiológicas .....	68
3.4	Análise sensorial.....	70
<b>4.</b>	<b>Conclusões.....</b>	<b>71</b>
<b>5.</b>	<b>Referências.....</b>	<b>71</b>
	<b>CAPÍTULO 4.....</b>	<b>74</b>
	<b>CAPÍTULO 4 – Efeitos do armazenamento nas propriedades físico-químicas, sensoriais e microbiológicas de hambúrgueres fabricados com carne de peito de frangos Cobb 500 acometidos pela anomalia estrias brancas .....</b>	<b>Erro! Indicador não definido.</b>
<b>1.</b>	<b>Introdução.....</b>	<b>76</b>
<b>2.</b>	<b>Materiais e métodos.....</b>	<b>77</b>
2.1	Procedimento experimental .....	77
2.2	Métodos analíticos.....	78
2.3	Análise estatística .....	80

<b>3.</b>	<b>Resultados e discussão.....</b>	<b>80</b>
3.1	Caracterização dos hambúrgueres do tempo inicial .....	81
3.2	Cor, pH, perdas por cocção, redução do diâmetro e dureza .....	81
3.3	Oxidação Lipídica .....	86
3.4	Análise Microbiológica e Análise sensorial .....	88
<b>4.</b>	<b>Conclusões.....</b>	<b>88</b>
<b>5.</b>	<b>Referências.....</b>	<b>89</b>
	<b>CONCLUSÃO GERAL .....</b>	<b>90</b>

# CAPÍTULO 1

## **1 INTRODUÇÃO GERAL**

De acordo com a Associação Brasileira de Proteína Animal (ABPA, 2020) a produção brasileira de carne de frango atingiu em 2019, 13,245 milhões de toneladas. Deste montante, 68% abasteceram o mercado interno. O estado do Paraná foi o líder de abates no ano com 34,69%, seguido de Santa Catarina (15,40%), Rio Grande do Sul (14,32%) e São Paulo (8,26%) em quarto lugar. Minas Gerais, Goiás e demais estados somaram juntos os restantes 27,33% dos abates. O país, também, é o maior exportador de carne de frango do mundo com 4.214 mil toneladas. Em queda desde 2015, o consumo nacional em 2019, apresentou um aumento de 0,85 kg por habitante em relação ao ano de 2018.

O consumo de carne de frango tem aumentado mundialmente nos últimos anos (Kuttappan et al. 2012a; Kuttappan et al. 2013) em comparação com a carne vermelha. Esse aumento ocorreu, provavelmente, devido ao incentivo promovido pelo setor por preços mais acessíveis a toda população, pela ausência de obstáculos religiosos e pela quantidade de produtos derivados oferecidos no mercado (Magdelaine et al. 2008), além do forte apelo comercial ao consumo de carne branca como alternativa saudável ao consumo de carne vermelha.

A produção brasileira de frangos de corte desenvolveu-se em um complexo setor econômico cujo objetivo é a produção máxima de carne com o menor custo. A criação de frangos está evoluindo gradativamente e tem se tornado altamente especializada, obrigando cada vez mais os produtores e as indústrias a buscarem novas tecnologias. O desenvolvimento dos plantéis acontece com a tecnificação, o aprimoramento genético, a melhoria da conversão alimentar, os ganhos de rendimento, a qualidade e a sanidade. Esta atividade está se expandindo para todos os estados e anualmente crescem a produção, o consumo e a exportação de carne.

A evolução na produção de carne de aves permitiu uma grande diversificação de produtos, com maior elaboração de itens de conveniência, praticidade e valor agregado, em detrimento da comercialização de carcaças inteiras. No entanto, novos entraves à indústria como o aparecimento de estrias esbranquiçadas em diferentes graus de severidade, têm aumentado a

necessidade de estudos sobre as modificações físicas, químicas e histológicas que o progresso genético pode introduzir nas aves (Pereira et al., 2005; Petracci e Cavani, 2011;).

De acordo com Kennedy et al. (2004) a aparência da carne (indica o quanto o produto é “fresco” e saudável, incluindo o conteúdo de gordura) e a conveniência (facilidade de cozinhar) são os mais importantes atributos considerados pelo consumidor, favorecendo a escolha de carne de aves. Alguns pesquisadores sugerem que a intensiva seleção genética das aves para o aumento do peso ao abate e, conseqüentemente, do rendimento de peito podem resultar em redução da qualidade do produto oferecido no mercado (Pietrzak et al., 1997; Dransfield e Sosnicki, 1999).

Qualquer condição que afete negativamente a aparência visual da carne resulta em perda econômica (Kuttappan et al., 2012b). A enorme mudança visual causada pelas anomalias na aparência da carne de peito de frango pode tornar a carne fresca e produtos derivados não comercializáveis (Galiropoulou, 2013), pois os abatedouros trabalham com a política de condenação de carcaças com lesões de etiologia desconhecida.

Esclarecemos que o tema possui alta relevância e que atualmente são encontradas diversas pesquisas realizadas no Brasil relacionadas à ocorrência e caracterização da anomalia estrias brancas em carne de frangos e que grau de severidade dessa anomalia pode causar prejuízos sérios à indústria brasileira, que atualmente é a maior exportadora mundial de carne de frango. No entanto, consideramos importantes mais estudos, que aprofundem os conhecimentos e esclarecimentos sobre as modificações físicas, químicas, sensoriais e histológicas da carne proveniente de aves nestas condições e verificar até que ponto podem alterar as propriedades funcionais da matéria prima a ser utilizada no processamento de produtos industrializados tais como hambúrguer e linguiça.

## **2 HIPÓTESE**

Apesar de estudos indicarem que a carne contendo os graus da anomalia não oferecem risco a saúde humana, a tendência é que os peitos de frangos acometidos pelas estrias brancas podem ser rejeitados visualmente pelo consumidor. Tal rejeição causaria prejuízos tanto para o varejo quanto para a indústria, sendo que eles não apresentam qualidade nutricional inferior.

A hipótese é que a utilização dessas carnes *in natura* traria entraves para a indústria pela sua aceitação sensorial. Visto que podem ser tão boas nutricionalmente, microbiologicamente e sensorialmente quanto carnes normais, poderiam ser utilizadas na fabricação de processados do tipo linguiça e hambúrgueres, agregando valor para o varejo e para setor industrial.

### **3 OBJETIVOS**

#### **3.1 Objetivo geral**

O objetivo deste estudo é avaliar parâmetros físicos, químicos, microbiológicos, histológicos e sensoriais da carne de peito de frangos de corte acometidos por diferentes graus de estrias brancas (normal, moderada e severa) e verificar se a utilização dessas carnes como matéria-prima exerce influência sobre parâmetros químicos (composição proximal), tecnológicos e de aceitação sensorial de produtos cárneos (hambúrguer e linguiça).

#### **3.2 Objetivos específicos**

- Classificar e caracterizar as carnes de peitos de frangos de acordo com o grau da anomalia estrias brancas, tanto no abatedouro quanto no laboratório de análises;
- Avaliar os parâmetros físico-químicos, histológicos e sensorial visual de carnes com estrias brancas e compará-las;
- Comparar carnes normais e com diferentes graus de estriações para fabricação de linguiças e hambúrgueres;
- Avaliar parâmetros físico-químicos, microbiológicos e sensoriais de linguiças e hambúrgueres feitos com os três tipos de carnes para evidenciar que os processados advindos de matérias primas de grau moderado e severo são semelhantes àqueles fabricados carnes normais;
- Avaliar a estabilidade durante o armazenamento das linguiças e hambúrgueres, verificando se há interferência das estrias na qualidade dos produtos.

## REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 1 Estrias brancas

Um problema já muito conhecido relacionado à qualidade de carne tem sido verificado com o aparecimento de estrias esbranquiçadas na carne de peito de aves. Estas estrias são paralelas à direção da fibra muscular e aumentam de acordo com a idade do animal (McKee et al., 2010; Petracci e Cavani, 2011), o que tem causado preocupação à indústria e aos produtores de aves devido ao prejuízo causado à comercialização desses cortes.

Dependendo do grau de severidade das estrias os filés podem ser classificados como normais, moderados ou severos (Kuttapan et al., 2012b). Filés que possuem linhas brancas de até 1 mm de espessura caracterizam o grau moderado e linhas brancas com espessura superior a 1 mm caracterizam o grau severo (Kuttapan et al., 2013) e por serem facilmente identificadas na superfície dos filés de peito crus, tal condição afeta negativamente a aparência da carne (Kuttapan et al., 2012b).

Kuttapan et al. (2012b) relataram que a aceitação visual por parte do consumidor quanto à compra de filés de peito diminuiu significativamente devido à ocorrência dos graus moderado e severo de estrias brancas. Por causa da sua aparência, fator que mais influencia a decisão de compra do consumidor, a alta incidência de estrias brancas pode resultar em sérias perdas econômicas.

#### 1.1 Etimologia

Os graus severos de estrias brancas estão associados com aves muito pesadas (Baurmeister et al., 2009; Kuttapan et al., 2013a) ou aves com alta velocidade de crescimento (Kuttapan et al., 2012a). Com o aumento da velocidade de crescimento e do tamanho dos músculos, a ocorrência de anomalia em linhagens de crescimento rápido tem sido mais comum (Dransfield e Sosnicki, 1999).

Kuttapan et al. (2013b) após avaliarem a condição histológica de músculos acometidos com um maior grau de severidade, relataram que se tratam de fibras musculares danificadas. De acordo com Valentine e McGavin (2012), estrias brancas podem ocorrer devido a algum quadro infeccioso ou inflamatório associado a alguma patologia que afetaria o tecido muscular, entretanto, por serem casos recentemente relatados, ainda não há estudos que comprovem a real causa ou patógeno causador desta anomalia. No entanto, o grau severo é caracterizado,

histopatologicamente, por uma lesão crônica sem infecção sistêmica ou inflamatória (Kuttappan et al., 2013).

Além desta forte ligação que há entre a anomalia e o peso das aves, houveram outros fatores estudados como a deficiência da vitamina E. Porém, foram realizados testes de uma suplementação da vitamina com intuito de reduzir ou eliminar as estrias, não gerando bons resultados (Guetchom et al., 2012; Kuttappan et al., 2013a). Tal resultado sugere que a anomalia não está associada à distrofia muscular nutricional.

## 1.2 Alterações causadas pela anomalia

Estrias brancas pode ser caracterizada histologicamente por uma lipidose localizada que leva à necrose das miofibrilas (Kuttappan et al., 2013b) e fibrose do tecido conjuntivo (Kuttappan et al., 2013a). De acordo com Kuttappan et al. (2013a), tanto a lipidose quanto a fibrose poderiam afetar alguns parâmetros qualitativos da carne, principalmente a coloração da carne crua e a maciez dos produtos cozidos.

Tal desordem muscular prejudica não apenas a aparência do produto, mas também as propriedades físicas tecnológicas como capacidade de retenção de água, textura e perda por cocção (Petracci et al., 2013a).

Mais importante do que apenas as alterações físicas da carne de peito de frango cometida com a anomalia, são alterações na sua composição química. Em estudo realizado na Itália, foram coletadas 36 aves sem a anomalia, 36 com estriações de grau moderado e 36 com estriações de grau severo. Aves com o grau mais grave da anomalia apresentaram maior porcentagem ( $p < 0,05$ ) de lipídeos intramuscular, menor porcentagem de proteína ( $p < 0,05$ ) e maior quantidade de colágeno do que aves que não apresentavam estrias brancas (Petracci et al., 2014).

## 1.3 Estrias brancas x aspectos sensoriais

Kuttappan et al. (2012b), ao avaliarem a preferência dos consumidores e sua intenção de compra, constataram que filés classificados como normais foram preferidos pelos avaliadores em detrimento aos filés classificados como grau moderado ou severo. Com relação à intenção de compra, filés normais receberam notas maiores do que filés acometidos por graus moderado e severo. Os autores acreditam que alguns provadores podem ter associado às linhas brancas à presença de gordura, assim como a gordura intramuscular presente na carne de bovinos ou suínos, e por esse motivo podem ter atribuído notas baixas à intenção de compra.

No Brasil, o consumidor já demonstra atenção em filés de peito com tais anomalias apesar da grande maioria não conhecer o que seriam especificamente. Apesar de estudos indicarem que a carne contendo os graus da anomalia não oferecem risco a saúde humana (Guetchom et al., 2012), a tendência de órgãos fiscalizadores e auditores do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento como o Serviço de Inspeção Federal (SIF), junto aos abatedouros e regras mais rígidas para exportação, seria condenar peitos de frango com grau severo da anomalia por possíveis motivos de reprova sensorial (visão) do consumidor, acarretando perdas e possíveis prejuízos. Isso se deve ao fato de que o novo Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal, RIISPOA (Brasil, 2017) deixa a critério dos fiscais que “para os estados anormais ou patológicos não previstos no **caput** a destinação será realizada a critério do SIF”.

No **caput** em questão (artigo 175 do RIISPOA), as regulamentações são assim citadas: “As carcaças de aves ou os órgãos que apresentem evidências de processo inflamatório ou lesões características de artrite, aerossaculite, coligranulomatose, dermatose, dermatite, celulite, pericardite, enterite, ooforite, hepatite, salpingite, síndrome ascítica, anomalias e discondroplasia tibial devem ser julgados de acordo com os seguintes critérios: I quando as lesões forem restritas a uma parte da carcaça ou somente a um órgão, apenas as áreas atingidas devem ser condenadas; ou II quando a lesão for extensa, múltipla ou houver evidência de caráter sistêmico, as carcaças e os órgãos devem ser condenados”.

Porém, o Ofício Circular Nº 17 de 2019, citou que a partir daquela data, estrias brancas não seriam mais consideradas uma anomalia e sim um estado anormal da musculatura (Brasil, 2019).

## **2 Mercado e consumo de produtos cárneos**

Produto cárneo é todo produto derivado de carne fresca que passou por algum tipo de processamento ou procedimento como moagem, floculação, emulsão, adição de temperos, adição de agentes de cura ou tratamento térmico (Conceição e Gonçalves, 2009).

“As carnes e seus derivados estão sujeitos a alterações por reações químicas, físicas e microbiológicas. As alterações físicas e químicas decorrem principalmente da modificação e/ou degradação de proteínas e lipídios, que é provocada tanto pela ação de agentes naturais, por exemplo, o oxigênio, como por enzimas hidrolíticas endógenas naturalmente presentes na carne e ainda por outras substâncias (enzimas, peptídios, aminas etc.) produzidas por microrganismos” (Instituto Adolfo Lutz, 2008).

Atualmente, o consumidor tornou-se exigente e procura por alimentos com menor tempo de preparo, controle de porções, produtos que, com estocagem, tenham uma vida de prateleira mais elevada e além de tudo isso, sejam saudáveis (Weiss et al., 2010). Dentre diversas opções, a carne é o alimento mais versátil por ser uma ótima fonte de proteína com alto valor biológico, biodisponibilidade de ferro, além de conter todas as vitaminas do complexo B e zinco (Arihara, 2006).

Apesar de todas as qualidades demonstradas, a carne sofre preconceito por meio de pessoas com hábitos vegetarianos e veganos que a consideram prejudicial à saúde. Tais críticas devem-se, principalmente, a presença de gorduras saturadas associadas a doenças coronárias e cânceres (Olivo, 2005; Ramos e Gomide, 2007).

### 2.1 Hambúrguer de frango: qualidade e consumo

O hambúrguer se tornou um produto de grande procura no mercado. Tal fato deve-se principalmente pela praticidade do preparo e pela disponibilidade Impulsionado no mercado, principalmente pelas redes de *fast food*, o hambúrguer torna-se uma ótima opção em regiões com grande número populacional (Arisseto, 2003).

Redes de *fast food* chegam a vender 100 bilhões de hambúrgueres em todo mundo, sendo uma média de 75 hambúrgueres de carne bovina por segundo (Spencer et al., 2005). O preço da carne de frango torna-se um atrativo para processamento e fabricação de produtos cárneos. Em dezembro de 2020, o preço do frango abatido e resfriado atingiu R\$5,35/kg (APA, 2020). O peito de frango é muito procurado, principalmente como alternativa para alimentação mais saudável por sua baixa porcentagem de lipídeos (em torno de 3,0%) e boa quantidade de proteína (20,0% em média).

Apesar do hambúrguer de carne bovina ser mais procurado para consumo, nos hambúrgueres de carne de frango tem-se uma opção nutritiva, saudável e mais barata em substituição do hambúrguer bovino.

### 2.2 Linguiça de frango

De acordo com o artigo 297 do novo Regulamento de Inspeção Industrial de Produtos de Origem Animal (BRASIL, 2017), linguiça é o produto cárneo obtido de carnes cominuídas das diferentes espécies animais, condimentado, com adição ou não de ingredientes, embutido em envoltório natural ou artificial e submetido a processo tecnológico específico. São feitas a partir de uma mistura de carne e gordura

De acordo com o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Linguiça, a linguiça de frango é feita com carne de ave ou carne mecanicamente separada de ave (máximo de 40%), miúdos comestíveis de ave e gordura (Brasil, 2000). Além da utilização da carne de frango, de preço acessível, a pele de frango serve como uma alternativa, também de baixo custo, para o complemento “gordura” na formulação, uma vez que este insumo, em alguns casos, é desprezado na indústria humana.

No Brasil, a população de baixa renda é a principal consumidora do embutido (Rodrigues et al., 2009), sendo que além da utilização da carne desossada, em alguns produtos cárneos cozidos é permitida a utilização de carne mecanicamente separada. Desta forma, tais alternativas e sugestões de consumo, além de práticos e rápidos, barateiam e facilitam a alimentação do dia a dia.

### **3 Qualidade de carne**

A qualidade da carne pode ser definida como a união de propriedades que utilizamos para escolha de uma matéria-prima a ser consumida, ou melhor, que possuem características desejáveis ao consumidor. Aspectos sensoriais e tecnológicos são os mais utilizados para definir a qualidade (Warris e Brown, 2000).

Tradicionalmente, para definir a qualidade de uma carne, são utilizados dois conjuntos de características: intrínsecas, ligadas normalmente a percepções sensoriais como aparência, cor, sabor, suculência, textura, quantidade de gordura, quantidade de água aparente, odor, etc; extrínsecas, são ligadas ao meio externo como, por exemplo, a alimentação fornecida, ambiência e bem-estar animal, entre outros fatores que contribuem para uma carne de qualidade superior. Existem ainda classificações de qualidades culturais, religiosas, como abate *Halal* e *Kosher*, costume local e renda per capita.

Porém, quando se atinge um alto nível de harmonia da cadeia produtiva, o resultado é um produto de qualidade; para exemplificar, há uma pirâmide sugerida por Purslow (2017) que evidencia a cadeia de qualidade, como demonstrado na figura 1. Na pirâmide adaptada, temos a ordem dos fatores que são necessários até ser atingido o conceito de carne de qualidade.



Figura 1 - Exemplo da percepção dos consumidores representado na pirâmide de qualidade

Fonte: (Adaptado de Purslow, 2017).

### 3.1 Cor

A cor de um alimento é dos principais critérios de seleção no momento da compra, por despertar no consumidor uma certa curiosidade de pegar ou não um produto; apesar de não ser via de regra, muitas vezes mostra o estado de conservação do alimento (Ramos e Gomide, 2017). O tipo de músculo, espécie animal e alimentação por exemplo, determinam o tipo de irrigação, tipo de fibras e principalmente a quantidade de mioglobina responsável pela coloração da carne.

As carnes de peito de frangos quando acometidas pela anomalia estrias brancas alteram diretamente algumas variáveis de cor. Petracci et al. (2013) encontraram aumento das intensidades de vermelho ( $a^*$ ) e amarelo ( $b^*$ ), assim como Kutappan et al. (2009) constataram aumento também na variável amarela em peitos com estriações severas. Tais alterações na carne de peito podem ser acarretadas pela degeneração fibrilar e distrofia muscular, além de conterem uma quantidade maior de lipídeos (lipidose) e formação de muitas fibras e rompimento das mesmas (Petracci e Cavani, 2012; Kuttappan et al., 2012b; Petracci et al., 2013).

### 3.2 pH

O pH do músculo animal é próximo a neutralidade (7,00). A partir do momento que o músculo atinge o *rigor mortis* ele começa a transformação em carne, com uma produção de energia através do glicogênio de reserva produzindo ácido lático e diminuindo o pH. Desta forma, o pH da carne em boas condições de abate com *rigor mortis* eficaz fica em torno de 5,6 – 6,0 dependendo da espécie. Em carnes de frango, normalmente trabalha-se com uma faixa de 5,7 a 5,9 (Ramos e Gomide, 2017).

Teoricamente, o pH da carne não deveria mais ser alterado naturalmente pelo fato de todo o ácido lático ter sido produzido suficientemente para atingir a faixa ótima de pH da carne; fatores externos, como por exemplo armazenamento de forma incorreta e manipulação errada da carne, ou até mesmo a maturação, podem resultar na multiplicação de bactérias ácido lácticas e consequente abaixamento do pH.

Estudos pioneiros demonstraram que o pH em peitos com estrias severas foram mais altos do que outros tendo relação direta com a capacidade de retenção de água (Petracci et al., 2004); já outros estudos mostraram que não há relação entre os dois parâmetros por não ter dado diferença significativa na análise de capacidade de retenção de água (CRA) (Bauermeister et al., 2009; Kuttappan et al., 2009).

### 3.3 Capacidade de Retenção de Água (CRA)

A capacidade de retenção de água é utilizada, junto ao pH e a cor, para determinar as condições em que o animal foi criado, níveis de estresse passado, condições de transporte e abate, e no geral bem-estar animal. Desta forma, sabemos se o animal atingiu o *rigor mortis* corretamente. O pH muito baixo ( $\pm 5,2 - 5,3$ ) logo após o abate mostra que o ácido lático foi esgotado rapidamente; esse esgotamento e acidificação com a carcaça ainda quente causa desnaturação das proteínas, diminuindo assim a CRA. Este problema é conhecido como PSE. Em contrapartida, o estresse por muito tempo já ocasiona o consumo do glicogênio sendo que na hora do abate a queda do pH é incompleta, tornando-se mais alto, levando ao problema conhecido como DFD. Carnes com valores de pH mais altos tendem a apresentar maior CRA devido a um maior distanciamento do ponto isoelétrico das proteínas miofibrilares.

Em condições normais de abate, não haveria alterações na CRA da carne de frango. Porém, Petracci et al. (2004) constataram uma menor capacidade de retenção de água em peitos de frangos com estrias severas; Soglia et al. (2018) analisando estrias brancas em perus, não encontraram diferenças entre os graus e peitos normais. Mudalal et al. (2014) encontraram também uma relação em que anormalidades musculares como estrias brancas e peito amadeirado causam diminuição na capacidade de retenção de água.

Por fim, tem-se constatado que a degeneração muscular pode resultar em uma diminuição nas proteínas de contração (complexo actina-miosina) trazendo ao músculo uma diminuição na habilidade de ligar e reter água, teorizando assim uma diminuição possível na CRA.

### 3.4 Colágeno

O tecido conectivo tem função estrutural de sustentação muscular e de separar os diferentes músculos, transmitindo de forma eficiente a força contrátil dos músculos ao esqueleto por meio de tendões e, dessa forma, produzindo o movimento (Bailey e Light, 1989). O colágeno compõe aproximadamente 95% dos elementos fibrosos do tecido conectivo, enquanto os 5% restantes são compreendidos por elastina, proteoglicanos e glicoproteínas.

Nos músculos, apresenta-se sob três formas: epimísio (feixe de fibras espessas que envolvem e separam os músculos); perimísio (composto de bainhas de fibras de colágeno que envolve e separa grandes e pequenos feixes de fibras musculares) e endomísio (camada de tecido conectivo que envolve individualmente as fibras musculares) (McCormick, 1994). O tecido conjuntivo forma o principal tipo de fibra extracelular sendo a proteína mais abundante no organismo animal apresentando valores entre 20 e 25% do total de proteínas e é formado por três cadeias polipeptídicas, cada uma com aproximadamente 1000 aminoácidos.

Dentre eles, a hidroxiprolina se destaca por ser um aminoácido exclusivo do colágeno, sendo utilizada como parâmetro para estabelecer a quantidade de colágeno presente numa amostra de carne ou produtos derivados (Stryer, 1992). O colágeno é responsável por parte das mudanças que ocorrem na textura da carne durante o cozimento. Tais mudanças dependem da maturidade do colágeno e de fatores externos como a taxa de aquecimento, umidade e forma de preparo da carne (Weston et al., 2002). O colágeno encolhe abruptamente quando aquecido a temperaturas de 65°C (Bailey, 1992), o que pode causar o encolhimento total do tecido, resultando na perda de fluido e mudanças nas propriedades estruturais. Se a matriz colagenosa não se solubilizar durante o aquecimento, formará uma barreira à quebra efetiva do tecido durante a mastigação. Com isso se gera a hipótese que o colágeno é o principal determinante da textura da carne (Bailey e Light, 1989).

Estudos indicam que a maior solubilidade do colágeno está ligada à idade e ao grupo genético, enquanto fatores como a alimentação tem pouca influência na solubilidade deste constituinte (Hall e Hunt, 1982). Em tecidos com ligações cruzadas do tipo aldimínicas (animais jovens), a tensão gerada quando a fibra é aquecida, não consegue desenvolver seu potencial total, devido à ruptura das ligações cruzadas durante o aquecimento. Com o avanço da idade estes componentes são substituídos por ligações cruzadas permanentes e estáveis ao calor que resultam na geração de grande tensão.

Assim, na carne cozida a resistência e a solubilidade da fibra do colágeno dependem da idade do animal, que por sua vez depende da natureza das ligações cruzadas (Bailey, 1992). O

sexo também influencia o conteúdo de colágeno (Luchiari Filho, 2001), onde animais machos apresentam maior quantidade de tecido conectivo intramuscular que as fêmeas. Crouse et al., (1986) observaram em seus estudos que as médias para força de cisalhamento foi maior para os animais machos em comparação com as fêmeas da mesma idade e grupo genético, esta diferença pode ter sido influenciada pelo teor de colágeno visto que as concentrações deste constituinte foram maiores nos animais machos que nas fêmeas.

### 3.5 Comprimento de sarcômero

O sarcômero constitui-se na menor unidade contrátil do músculo delimitado pelas linhas Z. A miofibrila estriada é composta de filamentos de proteína contráteis: actina (filamentos finos) e miosina (filamentos grossos). Segundo Kronbauer e Castro (2013), o sarcômero se encontra em toda a estrutura muscular, é formado por filamentos de actina e miosina. No momento da contração existe acoplamento-desacoplamento que causam encurtamento muscular (Huxley, 1957). A resolução do *rigor mortis* ocorre quando todo o ATP do músculo se esgota e há ligação das pontes actino-miosina, há liberação de ácido lático e consequente abaixamento de pH (até a estabilidade) com ativação das enzimas calpaínas ( $\mu$ -calpaína e m-calpaína). Apesar das enzimas não agirem diretamente na ponte actino-miosina, agem no rompimento de linha Z e proteínas como a tinina, que possui relação com o cálcio no músculo e é capaz de aumentar a rigidez do músculo. O comprimento do sarcômero, somado a quantidade de tecido conjuntivo pode explicar o amaciamento de uma carne (Koohmaraie et al., 2002). Porém a principal consequência do *rigor mortis* é o encurtamento máximo dos sarcômeros. Ertbjerg e Puolanne (2017) estudaram a estrutura muscular, comprimento de sarcômero e suas influências na qualidade da carne. Os autores afirmaram que o sarcômero tem influência direta na qualidade da carne e que sarcômeros mais curtos induzem maior dureza e diminuem a capacidade de retenção de água na carne.

Desta forma, avalia-se a influência do tecido conjuntivo e a ação da fibrose consequente de graus severos da anomalia estrias brancas. Normalmente, quanto menor o sarcômero, mais rígida é a carne. Tijare et al. (2016) avaliando graus de estrias brancas em peitos de frango, encontraram sarcômeros maiores em peitos severos, porém força de cisalhamento igual aos demais. Os autores ainda citam que os sarcômeros tendem a ser mais alongados em graus severos de estrias brancas sem explicação conhecida. Portanto, uma possível explicação para essa diferenciação é o aparecimento de maior quantidade de tecido conjuntivo fibroso como

uma resposta a ferimento, dano ou inflamação (fibrose) dificultando o encurtamento do sarcômero no momento do abate.

### 3.6 Maciez

É uma característica muito importante na escolha e indicação de uma carne. Depende muito da quantidade de água, do tamanho dos feixes de fibras, presença ou não de tecido conjuntivo, tipo de fibra, quantidade de lipídeos e, claro, das boas práticas de produção e abate, uma vez que bem feitos permitem as contrações musculares e amaciamento da carne. Sabe-se, portanto, que as estruturas da carne responsável pela maciez são o tecido conjuntivo e as fibras musculares (Ramos e Gomide, 2017).

Outro fator a ser levado em consideração é a quantidade do colágeno. Petracci et al. (2014) citaram que o colágeno pode também afetar a maciez da carne, sendo que quanto maior a quantidade, mais dura ela tende a ser.

Oliveira et al. (2020), citando Tasionero et al. (2017), avaliaram peitos de frangos acometidos pela anomalia peito amadeirado e relataram ser a fibrose a principal característica para a dureza em peitos afetados pela anomalia. Quando existem anomalias musculares, como estrias brancas, por exemplo, espera-se alguma diferença nos perfis de maciez já que as estrias são explicadas, também, como fibrose ou um depósito e formação muito grande de fibras de maior calibre de acordo com o tamanho do peito do frango (Petracci et al., 2013). Porém, há também a associação que esta fibrose, ou o aparecimento severo da anomalia estrias brancas, estão diretamente relacionadas com aves pesadas. Portanto, aves pesadas têm maior proporção de estrias severas e conseqüente textura aumentada (Kuttapan et al., 2013a).

Tijare et al. (2016) também encontraram que tanto estrias brancas, peito amadeirado ou a associação dos dois na carne, causam efeitos negativos que afetam a maciez da carne.

### 3.7 Ácidos graxos

Na busca do consumo de alimentos saudáveis, a carne de frango sempre foi uma ótima alternativa, mais precisamente o filé de peito de frango. Tal fato é explicado pela carne conter uma quantidade satisfatória de proteína e baixa porcentagem de gordura, quando comparadas a carnes vermelhas, por exemplo. Fato é que as moléculas lipídicas são compostas por ácidos graxos saturados ou insaturados, o que gera a discussão de ser mais saudável ou não. Ácidos graxos saturados, normalmente são relacionados com lipoproteínas de baixa densidade, ou

LDL, chamado de colesterol “ruim”; já os ácidos graxos insaturados, principalmente poli-insaturados, são relacionados com lipoproteínas de alta densidade, ou HDL, o colesterol “bom”.

No decorrer de alguns anos, pesquisadores atestaram certa neutralidade de ácidos graxos monoinsaturados (MUFA) nos níveis de colesterol sérico. De acordo com Novello et al. (2008) estudos atualizados demonstraram que com a substituição de ácidos graxos saturados por MUFA, os níveis de LDL diminuem enquanto o HDL permanece inalterado. Citam também que PUFAs são benéficos por reduzirem a associação entre plaquetas e triglicérides, diminuindo chances de doenças cardíacas (Monteiro et al., 1993; Denker, 1994; Matherson et al., 1996). Estes são considerados essenciais (não produzidos pelo organismo), portanto devem ser ingeridos, principalmente por meio do ômega 3 ( $\omega$ -3, 18:3) e ômega 6 ( $\omega$ -6, 18:2).

Os principais ácidos graxos poli-insaturados (PUFAs) na carne convencional são o ácido linoleico (C18: 2), o ácido alfa-linolênico (C18: 3), descritos como ácidos graxos essenciais e os ácidos graxos de cadeia longa incluindo ácido araquidônico (C20: 4), ácido eicosapentaenóico (C20: 5), ácido docosapentaenóico (C22: 5) e ácido docosahexaenóico (C22: 6).

Em carnes de peito de frango, a composição de ácidos graxos não é um fator pré-determinante para um possível desenvolvimento da oxidação lipídica, uma vez que principalmente os poli-insaturados podem sofrer alteração devido à oxidação. Mariutti e Bragagnolo (2009) citaram que do total de lipídeos do peito de frango, 36,6% é constituído por SFA, seguindo de 32,5% de MUFA e 30,8% de PUFA; os ácidos saturados mais abundantes são o palmítico e esteárico; os moninsaturados, palmitoleico e oleico; e os principais poli-insaturados encontrados o linoleico, araquidônico (AA) e decosaheptaenoico (DHA).

### 3.8 Oxidação lipídica

É importante conhecer a composição em ácidos graxos do alimento em análise, uma vez que o teste mede a extensão da oxidação de lipídios com três ou mais duplas ligações. Para sistemas mais complexos, em que estão presentes misturas de constituintes, a medida do índice de TBARS (substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico) tem apenas significado qualitativo e comparativo, embora seja de grande utilidade na comparação de um único material em diferentes estágios de oxidação (Dahle et al., 1962; Nawar et al., 1996).

Tanto a formação como a degradação de malonaldeído são afetadas pelo tempo e temperatura de cozimento, meio de transferência de calor, composição do alimento – por exemplo, a presença de ferro no alimento aumenta a formação de malonaldeído, cortes de carne

e tipos de produtos cárneos analisados (Shamberger et al., 1977; Newburg e Conco, 1980). Reitznerová et al. (2017) estudaram peroxidação lipídica e compararam diferentes métodos em carnes e derivados de carnes. Uma observação importante foi que a análise espectrofotométrica não determina a quantidade total de malonaldeído da amostra e confirma que determina diversas substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS); citaram também que Ross e Smith (2006) observaram que o procedimento de determinação de TBARS serve mais para avaliar a extensão da oxidação lipídica de forma geral do que quantificá-la.

Reitznerová et al. (2017) concluíram no estudo que a oxidação dos lipídeos é um fator importante de qualidade da gordura, de carnes e produtos derivados de carne e não apenas pela mudança da cor, sabor, propriedades sensoriais (como textura por exemplo) e valor nutritivo; é importante ressaltar os efeitos biológicos que causam problemas à saúde humana. Também, os produtos gerados pela oxidação lipídica são nocivos à saúde devido a efeitos carcinogênicos e ateroscleróticos, causam também alteração na composição das membranas celulares e diminuição de lipoproteínas de alta densidade (HDL).

#### 4 Referências

ABPA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. **Relatório Anual 2020**. 2020.

ARIHARA, K. Strategies for designing novel functional meat products. **Meat Science**, Barking, v. 74, n. 1, p. 219-229, 2006.

ARISSETO, A. P. **Avaliação da qualidade global do hambúrguer tipo calabresa com reduzidos teores de nitrato**. 2003. 145 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, UNICAMP, Campinas, 2003.

BAILEY, A. J.; LIGHT, N. D. *Connective tissue in meat and meat products*. London: Elsevier, 1989. 355 p.

BAILEY, A. J. Collagen nature's framework in the medical, food and leather industries. **Journal Society Leather Technology Chemistry**, *s.l.*, v. 76, p. 111-127, 1992.

BAUERMEISTER, L. J. et al. Occurrence of white striping in chicken breast fillets in relation to broiler size. **Poultry Science**, Champaign, v. 88, suppl. 1, art. 33, 2009.

BRASIL. Instrução normativa nº 4, de 31 de março de 2000. Anexo IV: Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Salsicha. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 05 abr. 2000.

BRASIL. Instrução normativa n° 83, de 21 de novembro de 2003. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Carnes Moídas. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 03 dez. 2003.

BRASIL. Decreto n° 9.013, de 29 de março de 2017. RISSPOA. Regulamento de Inspeção Industrial de Produtos de Origem Animal. **Diário Oficial da União**, Poder Executivo, Brasília, DF, 30 mar. 2017.

CATI - COODENADORIA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA INTEGRAL. 2017. Disponível: <http://www.valor.com.br/valor-data/tabela/5834/boi>. Acesso em: 18 ago. 2017.

CAYE, L. et al. Hambúrguer de carne ovina: aceitabilidade do consumidor. In: SEMINÁRIO: SISTEMAS DE PRODUÇÃO AGROPECUÁRIA, 3., 2009, Campus Dois Vizinhos. **Anais...** Campus Dois Vizinhos: UFTPR, 2009.

CONCEIÇÃO, F. V. E.; ANDRADE, E. C. B. Qualidade físico-química de mortadelas e carnes moídas e conhecimento dos consumidores na conservação destes produtos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 29, n. 2, p. 283-290, 2009.

CROUSE, J. D. et al. The effects of rate of change in body weight on tissue development and meat quality of young bulls. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 63, n. 6, p.1824-1829, 1986.

DAHLE, L. K.; HILL, E. G.; HOLMAN, R. T. The thiobarbituric acid reaction and the autoxidations of polyunsaturated fatty acid methyl esters. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, New York, v. 98, p. 253-61, 1962.

DENKER, M. A. Effects of cocoa butter on serum lipids in humans historical highlights. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 60, p.1014-1020, 1994.

DRANSFIELD, E.; SOSNICKI, A. A. Relationship between muscle growth and poultry meat quality. **Poultry Science**, Champaign, v. 78, n. 5, p. 743-6, 1999. doi: 10.1093/ps/78.5.743.

ERTBJERG P, PUOLANNE E. Muscle structure, sarcomere length and influences on meat quality: A review. *Meat Science*, Volume 132, 2017, Pages 139-152,

GALIROPOULOU, S. **Effect of wooden breast disorder on protein oxidation in Pectoralis major muscle**. 2013. Dissertação (Mestrado) - UNIVERSITY OF HELSINKI, 2013. 56 p. 2013.

GUETCHOM, B. et al. Effect of extra dietary vitamin E on preventing nutritional myopathy in broiler chickens. **Journal of Applied Poultry Research**, Athens, v. 21, p. 548-555, 2012.

HALL, J. B.; HUNT, M. C. Collagen solubility of a-maturity bovine longissimus muscle as affected by nutritional regimen. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 55, p. 321- 328, 1982.

HUXLEY, A. F. Muscle structure and theories of contraction. **Progress in Biophysical and Biophysical Chemistry**, New York, n. 7, p. 255-318, 1957.

IAL - INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Carnes e produtos cárneos**. Editora do Instituto Adolfo Lutz São Paulo, 2008. p. 506

KENNEDY, O. B. et al. Consumer perceptions of poultry meat: a qualitative analysis. **Nutrition and Food Science**, Bradford, v. 34, p. 122–129, 2004.

KRONBAUER, G. A.; CASTRO, F. A. S. Estruturas elásticas e fadiga muscular. **Revista Brasileira de Ciências do Esporte**, Brasília, v. 35, n. 2, p. 503-520, 2013.  
<https://doi.org/10.1590/S0101-32892013000200017>.

KUTTAPPAN, V. et al. Influence of growth rate on the occurrence of white striping in broiler breast fillets. **Poultry Science**, Champaign, v. 91, p. 2677-2685, 2012a.

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

KUTTAPPAN, V. A. et al. Comparison of hematologic and serologic profiles of broiler birds with normal and severe degrees of white striping in breast fillets. **Poultry Science**, Champaign, v. 92, p. 339–345, 2013a.

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

LUCHIARI FILHO, A. **Como as fibras de colágeno influenciam na maciez da carne**. 2001.

MAGDELAINE, P.; SPIESS, M.; VALCESCHINI, E. Poultry meat consumption trends in Europe. **World's Poultry Science Journal**, Cambridge, v. 64, p. 53-64, 2008.

MASLOW, A. H. A theory of human motivation. **Psychological Review**, Princeton, v. 50, n. 4, p. 370–396, 1943. <https://doi.org/10.1037/h0054346>

MCCORMICK, R. J. The flexibility of the composition of muscle. **Meat Science**, Barking, v. 36, p. 79-91, 1994.

MARIUTTI, L. R. B.; BRAGAGNOLO, N. A oxidação lipídica em carne de frango e o impacto da adição de sálvia (*Salvia officinalis*, L.) e de alho (*Allium sativum*, L.) como antioxidantes naturais. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 68, n. 1, abr. 2009. Disponível em:  
[http://periodicos.ses.sp.bvs.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S007398552009000100001&lng=pt&nrm=iso](http://periodicos.ses.sp.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S007398552009000100001&lng=pt&nrm=iso). Acesso em: 07 abr. 2021.

MATHERSON, B. et al. Effects serum lipids of monounsaturated oil and margarine in the diet of an Antarctic expedition. **The American Journal of Clinical Nutrition**, Bethesda, v. 63, p. 933-941, 1996.

MCKEE, S. et al. Occurrence of white striping in broiler breast fillets in relation to broiler size. In: EUROPEAN POULTRY CONFERENCE, 13., Tours, France, 2010. **Proceedings...** Tours, France: French Branch of World's Poultry Science Association: Tours, 2010.

MONTEIRO, J. B. R.; ROSADO, L. E. F. P. L. **Nutrição e doenças cardiovasculares**. 2. ed. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1993. 147 p.

MUDALAL, S. et al. Quantity and functionality of protein fractions in chicken breast fillets affected by white striping. **Poultry Science**, Champaign, v. 93, p. 2108–2116, 2014.

Nawar, W.W. Em Lipids; Fennema, O. R.; ed.; Marcel Dekker: Nova Iorque, 1996, cap. 5

NEWBURG, D. S.; CONCON, J. M.; J. Food Sci. 1980, 45, 1681.

NOGUEIRA, G. C.; BRAGAGNOLO, N. Avaliação comparativa entre dois métodos para determinação de colesterol em carnes e leite. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA ALIMENTAR, 18., 2002. Campinas. **Anais...** Cidade, 2002. v. 1, p. 328-332.

NOVELLO, D. et al. Avaliação bromatológica e perfil de ácidos graxos da carne de frangos de corte alimentados com rações contendo farinha de peixe ou aveia-branca. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 9, p. 1660-1668, 2008.

OLIVEIRA, R. F. et al. Physicochemical properties and consumer acceptance of hamburgers processed with chicken meat affected by wooden breast myopathy. **Animals**, Basel, v. 10, n. 12, art. 2330, 2020. doi: 10.3390/ani10122330.

OLIVO, R.; OLIVO, N. **O mundo das carnes: ciência, tecnologia & mercado**. 2. ed. Criciúma: Ed. do autor, 2005. 214 p.

OWENS, C. M.; VIEIRA, S. L. White striping in broiler breast meat. In: \_\_\_\_\_. **Broiler carcass quality: an approach from the production sites**. 2nd ed. São Paulo: ZimproCorp, 2012.

PEREIRA, R. A. et al. Anomalia Peitoral profunda em frangos de corte. **Veterinária em Foco**, Canoas, v. 3, n. 1, p. 11-16, maio/dez. 2005.

PARKS, L. L.; CARPENTER, J. A. Functionality of six nonmeat proteins in meat emulsion systems. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 52, n. 2, p. 271-274, 278, 1987.

PETRACCI, M.; CAVANI, C. Muscle growth and poultry meat quality issues. **Nutrients**, Basel, v. 4, p. 1-12, 2011.

PETRACCI, M. et al. Occurrence of white striping under commercial conditions and its impact on breast meat quality in broiler chickens. **Poultry Science**, Champaign, v. 92, n. 6, p. 1670-1675, 2013.

PETRACCI, M. et al. Effect of white striping on chemical composition and nutritional value of chicken breast meat. **Italian Journal of Animal Science**, Abingdon, v. 13, n. 1, art. 3138, 2014.

PIETRZAK, M.; GREASER, M. L.; SOSNICKI, A. A. Effect of rapid rigor mortis processes on protein functionally in *Pectoralis major* muscle of domestic turkeys. **Journal of Animal Science**, Albany, v. 75, p. 2106–2116, 1997.

PURSLOW, P. P. New aspects of meat quality. In: \_\_\_\_\_. (Ed.). **Introduction**. Cambridge, England: Woodhead Publishing Ltd, 2017. p. 1-9.

RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. M. **Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias**, Viçosa: Ed. UFV, 2007. 599 p.

RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. M. **Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2017.

REITZNEROVÁ, A. et al. Lipid peroxidation process in meat and meat products: a comparison study of malondialdehyde determination between modified 2-thiobarbituric acid spectrophotometric method and reverse-phase high-performance liquid chromatography. **Molecules**, Basel, v. 22, n. 11, art. 1988, 2017. DOI:10.3390/molecules22111988.

RODRIGUES, A.; LADEIRAS, F.; LEITÃO, L. Análise de mercado de alimentos e bebidas baseada em pesquisa de campo e estratégia de marketing. **Revista Carioca de Produção**, Rio de Janeiro, 2009.

ROSS, C. F.; SMITH, D. M. Use of volatiles as indicators of lipid oxidation in muscle foods. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, Chicago, v. 5, p. 18–25, 2006

Shamberger, R. J.; Shamberger, B. A.; Willis, C. E.; J. Nutr. 1977, 107, 1404.

SAS Institute. **SAS user's guide: statistics**. Release 9.1. Cary. 2002.

SPENCER, E. H.; FRANK, E.; MCINTOSH, N. F. Potential effects of the next 100 billion hamburgers sold by McDonald's. **American Journal of Preventive Medicine**, San Diego, v. 28, n. 4, p. 379-381, 2005.

STRYER, L. Proteínas do tecido conjuntivo. In: \_\_\_\_\_. **Bioquímica**. 3. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1992. p. 213-229.

TIJARE, V. V. et al. Meat quality of broiler breast fillets with white striping and woody breast muscle myopathies. **Poultry Science**, Champaign, v. 95, p. 2167–2173, 2016.

VALENTINE, B. A.; MCGAVIN, M. D. Skeletal muscle. In: ZACHARY, J. F.; MCGAVIN, M. D. (Ed.). **Pathologic basis of veterinary disease**. 5th ed. St. Louis, MO: ElsevierMosby, 2012. p. 871-919.

WEISS, J. et al. Advances in ingredient and processing systems for meat and meat products. **Meat Science**, Barking, v. 86, n. 1, p. 196-213, 2010.

WARRIS, P. D.; BROWN, S. N. Bem-estar de suínos e qualidade da carne: uma visão britânica. In: CONFERENCIA VIRTUAL INTERNACIONAL SOBRE QUALIDADE DE CARNE SUÍNA, 1., 2000, Concórdia. **Anais...** Concórdia: Embrapa Suínos e Aves, 2000. p. 17-20.



# CAPÍTULO 2

CAPÍTULO 2 – Caracterização física, química, histológica e sensorial do músculo *Pectoralis Major* de frangos de corte comerciais acometidos pela anomalia estrias brancas

R.A. Souza<sup>1,2</sup>, J.L.M. Mello<sup>1</sup>, F.B. Ferrari<sup>1</sup>, A. Giampietro-Ganeco<sup>1</sup>, E.N.F Cavalcanti<sup>1</sup>, R.F. Oliveira<sup>1</sup>, L.T. Carvalho, H. Fidelis, L. Amoroso, P.A. Souza<sup>1</sup> and H. Borba<sup>1</sup>, M.A. Trindade<sup>2</sup>

<sup>1</sup>São Paulo State University –UNESP, Department of Technology, Professor Paulo Donato Castellane Access Road, s / n, Zona Rural, 14884-900, Jaboticabal, São Paulo, Brazil.

<sup>1</sup>São Paulo State University –UNESP, Departamento de Tecnologia, Via de Acesso Professor Paulo Donato Castellane, s/n, Zona Rural, 14884-900, Jaboticabal, São Paulo, Brazil.

<sup>2</sup>Universidade de São Paulo – USP. Departamento de engenharia de alimentos, Avenida Duque de Caxias Norte, nº. 225, 13635-900, Pirassununga, São Paulo, Brazil.

## Resumo

O objetivo deste estudo foi caracterizar a carne de peito de frangos de corte acometidos pelos diferentes graus de severidade da anomalia estrias brancas e avaliar sua influência na qualidade da carne. Foram utilizadas 180 amostras de peito de frangos de corte machos da linhagem Cobb 500, abatidos aos 42 dias de idade. As amostras de peito sem pele foram selecionadas na linha de cortes do frigorífico e foram classificadas de acordo com o grau de severidade das estrias brancas aparentes na superfície do músculo *Pectoralis major* como: “Normal” (n=60) – ausência de anomalia (grupo controle); “Moderado” (n=60) - com estrias brancas de até 1 mm de espessura; “Severo” (n=60) com estrias brancas com mais de 1 mm de espessura. Ainda no frigorífico foram separadas as amostras de tecido para as análises histológicas. Em seguida as amostras foram encaminhadas para o laboratório, onde após 24 horas foram pesadas e realizadas às análises físico-químicas (coloração, pH, capacidade de retenção de água, perda de peso durante o cozimento e maciez). As amostras foram embaladas a vácuo e congeladas a -18 °C para análises posteriores de composição química, concentração de colágeno e de colesterol, comprimento de sarcômero e perfil de ácidos graxos. Os resultados demonstraram que as perdas por cocção foram maiores e força de cisalhamento menor em peitos como grau severo, matéria mineral, lipídeos e colesterol também mais elevados em peitos com a severidade da anomalia e composição de ácidos graxos dentro dos padrões para carnes de frango. Na avaliação sensorial da aparência dos filés, o peito com estrias severas foi o menos aceito. Concluiu-se que o filé de peito de frangos acometidos pela severidade das estrias brancas é de qualidade nutricional e sensorial inferiores a frangos que não possuem essa condição, porém, não são nocivos a saúde humana não havendo necessidade de descartes.

Palavras-chave: ácidos graxos insaturados, maciez, PPC, tecido conjuntivo,

## 1. Introdução

Kuttapan et al. (2013) referiram-se a “estrias brancas” como uma anomalia crônica, com tamanho de fibras variadas, infiltração de células foliculares e mineralização com regeneração ocasional. Afirmaram também que o aumento dessas lesões é devido a mudança na composição proximal da carne do frango, principalmente um aumento na quantidade de lipídeos e diminuição na quantidade de proteínas.

Petracci et al. (2015) e Velleman and Clark (2015) demonstraram que a seleção genética levou a uma alteração estrutural, hipertrofia das fibras musculares, alterações funcionais e metabólicas. Dentre outras anomalias estudadas pelos autores, a que mais afeta o filé de peito são as estrias brancas, peito amadeirado e carne espaguete, sendo que tanto carnes com estrias e peito de madeira apresentam composições semelhantes assim como o aspecto histológico. Ainda de acordo com os autores, dependendo do grau de estriações, podem haver modificações histomorfológicas e de qualidades físicas e químicas na carne, influenciando também na aceitação pelo consumidor.

O objetivo do presente estudo foi caracterizar a carne de peito de frangos de corte acometidos pelos diferentes graus de severidade da anomalia estrias brancas e avaliar sua influência na qualidade da carne.

## 2. Materiais e métodos

### 2.1 Coleta de amostras e procedimento experimental

Foram utilizadas 180 amostras de peito de frangos de corte machos da linhagem Cobb 500. As aves foram abatidas de acordo com a rotina de cada planta frigorífica aos 42 dias de idade, em abatedouro comercial da região sudeste do Brasil, sendo inspecionados pelo Serviço de Inspeção Federal (SIF). As amostras, já com a pele retirada dos peitos, foram selecionadas na linha e foram classificadas de acordo com o grau de severidade das estrias brancas aparentes na superfície do músculo *Pectoralis major* como: “Normal” (n=60) – ausência de anomalia (grupo controle); “Moderado” (n=60) - com estrias brancas de até 1 mm de espessura; “Severo” (n=60) com estrias brancas com mais de 1 mm de espessura, facilmente identificáveis na superfície do músculo, conforme o critério de classificação descrito por Kuttappan et al. (2012). Após seleção das amostras foram coletadas amostras da região cranial do peito para posteriores

análises histológicas. As amostras foram embaladas, resfriadas e transportadas para o laboratório em veículo refrigerado.

Já no laboratório, as amostras foram pesadas (Tabela 1) e separadas em bancada para início das análises físicas (coloração, capacidade de retenção de água, perda de peso durante o cozimento e maciez) e pH. Após a realização das análises iniciais, subamostras foram separadas e embaladas em sacos plásticos próprios para vácuo (18  $\mu$ ) utilizando uma seladora Selovac (200-B, Selovac, São Paulo, SP, Brazil) e congeladas em freezer (-18 °C) por período não superior a 30 dias (Figura 1) para realização das análises químicas (composição química, concentração de colágeno e de colesterol, comprimento de sarcômero e perfil de ácidos graxos).

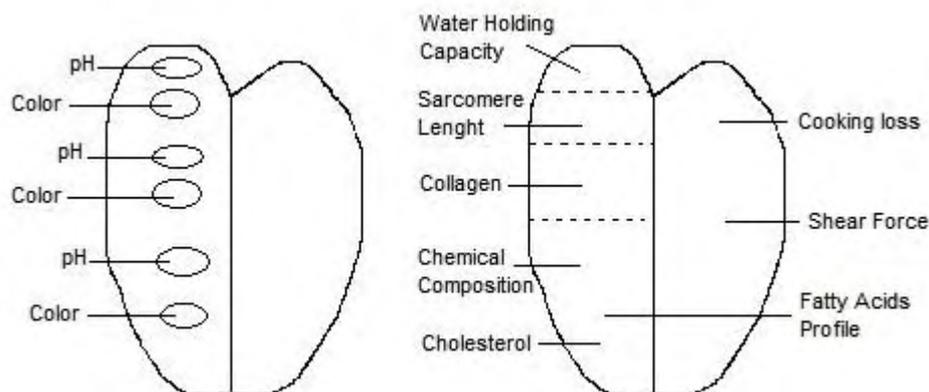


Figura 1. Esquema da divisão do peito para realização de cada análise e/ou separação de amostras para posterior análise.

## 2.2 Métodos Analíticos

Para determinação da cor foi seguido o padrão da Comissão Internacional de Iluminação, CIE com L\* - luminosidade; a\* - intensidade de vermelho; b\* - intensidade de amarelo e foi determinada utilizando um colorímetro Minolta CR-400 (Konica Minolta Sensing Inc., Osaka, Japan) (configurações: iluminação difusa/0° ângulo de visão, iluminante D65, componente especular incluso) em três diferentes porções da superfície do músculo *Pectoralis major* (a qual estava em contato com a pele que é a região comumente acometida pelas estrias brancas) e também em três diferentes porções da parte interna do músculo. O pH foi determinado em triplicata, utilizando um pHmetro digital (Testo 205, Testo Inc., Sparta, NJ, USA), com eletrodo de penetração para inserção direta nas amostras. A capacidade de retenção de água (CRA) foi analisada segundo método descrito por Hamm (1961).

A perda de peso por cozimento (PPC) foi avaliada utilizando corte central quadrado mais espesso do músculo *Pectoralis major* segundo (Honikel, 1987). Para avaliar a maciez foi utilizado o método de força de cisalhamento através da lâmina Warner-Bratzler acoplada ao texturômetro Texture Analyser TA-XT2i de acordo com Lyon et al. (1998). A maciez foi estudada nas amostras previamente cozidas para as análises de perda de peso por cozimento. Três subamostras com área de secção de 1 cm<sup>2</sup> foram obtidas de cada amostra cozida, as quais foram posicionadas com as fibras no sentido perpendicular ao do dispositivo Warner-Bratzler (HDP/BSW Warner-Bratzler, 5 mm/s de velocidade de descida). Os resultados obtidos nas análises de força de cisalhamento (força necessária para romper as fibras e cortar as amostras) foram expressos em Newton (N).

A composição química foi estudada através da quantificação de umidade, proteína, gordura e matéria mineral. Os percentuais de umidade, proteína e matéria mineral foram determinados de acordo com os métodos 950.46, 977.14 e 920.153, respectivamente (AOAC, 2011). O percentual de gordura foi determinado segundo metodologia proposta por Bligh e Dyer (1959).

As concentrações de colágeno total, solúvel e insolúvel foram quantificadas pela determinação do aminoácido hidroxiprolina segundo metodologias propostas por Woessner Junior (1961) e Cross et al. (1973), adaptadas por Hadlich et al. (2006) e pelo Laboratório de Tecnologia de Produtos de Origem Animal da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP, Campus Jaboticabal, São Paulo, Brasil. Foram pesados cinco gramas de carne crua congelada cortada em pequenos pedaços em tubos falcon de 50 mL. Imediatamente antes de serem levadas ao banho-maria (80°C por duas horas), à amostra foram adicionados 20 mL de água destilada. Posteriormente, as amostras foram homogeneizadas em Ultra-turrax (Marconi MA102, Marconi Equipamentos Para Laboratórios Ltda., Piracicaba, São Paulo, Brasil) (22.000 rpm durante 1 minuto) e centrifugadas (Himac CR22N, Hitachi Koki do Brasil Ltda., Indaiatuba, São Paulo, Brasil) (4000 rpm durante 15 minutos). As amostras foram transferidas para tubos autoclaváveis, separando-se a fração sólida da fração líquida. À fração líquida foram adicionados 30 mL de HCl 6N e à fração sólida foram adicionados 50 mL de HCl 6N (Woessner Junior, 1961). Todas as amostras foram hidrolisadas em autoclave (Phoenix Lufenco AV-75 Plus, Phoenix Industria e Comercio de Equipamentos Científicos Ltda., Araraquara, São Paulo, Brasil) durante 4 horas (120 °C e 1 atm) (Cross et al., 1973). Após a hidrólise, o pH de todas as amostras foi ajustado para 6,0 (com pHmetro MS Tecnocon mPA-210, MS Tecnocon Equipamentos Especiais Ltda., Piracicaba, São Paulo, Brasil) utilizando NaOH 2N. A fração

sólida foi filtrada para balão volumétrico de 250 mL, a fração líquida foi filtrada para balão volumétrico de 100 mL e o volume dos balões preenchido com água destilada. Posteriormente, de cada amostra filtrada foi retirada uma alíquota de 10 mL a qual foi transferida para um novo balão volumétrico (de 100 mL para fração sólida e de 50 mL para fração líquida). Novamente o volume dos balões foi preenchido com água destilada (Hadlich et al., 2006). Em seguida, foi transferida, em duplicata, alíquota de 2 mL da fração sólida e da fração líquida para tubos de ensaio, aos quais foram adicionados 1 mL de reagente de oxidação (Chloramina-T 1.41%) e 1 mL de reagente de cor (10 g de p-dimethylaminobenzaldehydo em 35 mL de ácido perclórico 60% e 65 mL de isopropanol). Para finalizar, as amostras foram levadas ao banho-maria (15 min, 60°C) e foi procedida a leitura das amostras em espectrofotômetro (Shimadzu UV-1800, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan) com  $\lambda$  igual a 560 nm. Resultados para concentração de colágeno solúvel foram obtidos através da fração líquida da amostra e resultados para concentração de colágeno insolúvel foram obtidos através da fração sólida. Foi analisada curva padrão utilizando uma solução com concentração conhecida de hidroxiprolina. Os cálculos das concentrações de colágeno foram realizados de acordo com as fórmulas descritas por Hadlich et al. (2006), em que F é igual a 8,33, (média dos valores de absorvância equivalentes a 1 mg de hidroxiprolina obtidos da curva padrão) e 7,14 é o fator de conversão de hidroxiprolina em colágeno.

% Colágeno total = % Colágeno insolúvel + % Colágeno solúvel

% Colágeno solúvel =  $\frac{\text{absorvância} \times F \times 100 \times 50 \times 7,14 \times 10^6 \times 100}{10 \times 2 \times \text{peso da amostra de carne (g)}}$

% Colágeno insolúvel =  $\frac{\text{absorvância} \times F \times 250 \times 100 \times 7,14 \times 10^6 \times 100}{10 \times 2 \times \text{peso da amostra de carne (g)}}$

O comprimento de sarcômero foi avaliado segundo (Cross et al., 1981). Foi utilizado 0,5 g de amostra crua e raspada levemente com bisturi e após homogeneizado em Ultra-turrax (Marconi MA102, Marconi Equipamentos Para Laboratórios Ltda., Piracicaba, São Paulo, Brasil) (15.000 rpm por 30 segundos) com 15 mL de KI (0,08 mol/L) e 15 mL de KCl (0,08 mol/L). As leituras foram realizadas em microscópio com contraste de fase em ampliação 1000x (objetiva de 100x, ocular 10x), aplicando-se uma gota de óleo de imersão sobre a lamínula. O comprimento de sarcômero foi determinado nas fotos retiradas pelo microscópio Novel BM2100, NIKON, e foi expresso em micrômetros.

Os ácidos graxos foram isolados das amostras de acordo com o método de Bligh e Dyer (1959), no qual a fase lipídica da amostra é removida. A esterificação dos ácidos graxos foi realizada seguindo o método descrito por Maia e Rodriguez-Amaya (1993), os quais foram analisados através de cromatógrafo gasoso (Shimadzu 14 B, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan), equipado com detector de ionização de chama e coluna capilar de sílica fundida (Omegawax 250), utilizando H<sub>2</sub> como gás de arraste. Os picos de cada ácido graxo foram identificados por comparação dos tempos de retenção com padrões com composição conhecida.

Para análise dos parâmetros morfométricos da fibra muscular, amostras transversais de 2 cm do músculo *Pectoralis major* de oito aves por tratamento foram retiradas da região esternal na porção paramediana à lesão, para avaliar o comprometimento da musculatura ao redor da área afetada pela anomalia estrias brancas. Em seguida, o material foi fixado durante 24 horas em recipientes plásticos contendo solução de Bouin. Após, as amostras foram lavadas em etanol 70% para remoção do fixador, e desidratadas em série de concentração crescente de etanol (70, 80, 90 e 100%). Posteriormente, realizou-se a diafanização em xilol e a infiltração em parafina histológica. Foram realizados cortes histológicos semisseriados de 5 micrômetros (µm) de espessura que foram corados com Hematoxilina e Eosina (Tolosa et al., 2003). As lâminas foram montadas com Etellan. O material obtido foi visualizado em um fotomicroscópio Olympus, nas objetivas de 10 e 40x, acoplado ao Sistema Analisador de Imagem Computadorizado da Olympus. As imagens pertinentes foram fotografadas para posterior análise morfométrica no software Olympus Cell Sens 1.14. Inicialmente foi observada a arquitetura, forma, tamanho, posição dos núcleos e a presença de artefatos ou anomalias nos cortes histológicos. As análises morfométricas da fibra muscular incluíram o número de fibras musculares, o perímetro (µm), diâmetro (µm), área (µm<sup>2</sup>) das fibras e a espessura do perímio que envolve as fibras musculares.

Foi realizada também uma análise sensorial visual com fotos em alta qualidade dos peitos dos frangos com diferentes graus da anomalia. A análise foi conduzida na forma de entrevista, em supermercado local, seguindo o questionário apresentado na Figura 2; para que os entrevistados não realizassem uma análise comparativa entre as imagens (Figura 3), elas foram mostradas separadamente, uma de cada vez.

Teste afetivo sensorial: miopatia estrias brancas

Sexo( ) M( ) F

Faixa etária

- |   |                                       |
|---|---------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> Menos de 21 anos | <input type="checkbox"/> 51 a 60 anos |
| <input type="checkbox"/> 21 a 30 anos     | <input type="checkbox"/> 61 a 70 anos |
| <input type="checkbox"/> 31 a 40 anos     | <input type="checkbox"/> Acima de 70  |
| <input type="checkbox"/> 41 a 50 anos     |                                       |

Nível de escolaridade

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Superior            | <input type="checkbox"/> 1º grau          |
| <input type="checkbox"/> Superior incompleto | <input type="checkbox"/> Não Alfabetizado |
| <input type="checkbox"/> 2º grau             |   |

Tipo de produto de preferência

- |                                   |  |
|-----------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Embalado | <input type="checkbox"/> A granel / por peso |
|-----------------------------------|--|

Produto comprado com maior frequência

- |   |  |
|---|--|
| <input type="checkbox"/> Inteiro                      | <input type="checkbox"/> Sobrecoxa     |
| <input type="checkbox"/> Peito                        | <input type="checkbox"/> Asas          |
| <input type="checkbox"/> Sassami / Filezinho do peito | <input type="checkbox"/> Outras partes |
| <input type="checkbox"/> Coxa                         |  |

Quando você vai comprar, você decide por:

- |                                    |   |
|------------------------------------|---|
| <input type="checkbox"/> Preço     | <input type="checkbox"/> Praticidade          |
| <input type="checkbox"/> Marca     | <input type="checkbox"/> Tamanho da embalagem |
| <input type="checkbox"/> Aparência | <input type="checkbox"/> Valor nutricional    |

Frequência de compra

- Todos os dias
- Toda semana
- 1 vez por mês
- A cada três meses

Frequência de consumo

- |   |   |
|---|---|
| <input type="checkbox"/> Todos os dias      | <input type="checkbox"/> 1 vez por mês          |
| <input type="checkbox"/> 1 vez por semana   | <input type="checkbox"/> Menos de 1 vez por mês |
| <input type="checkbox"/> 3 vezes por semana |   |
| <input type="checkbox"/> A cada 15 dias     |   |

FOTO 1

Você compraria este peito de frango? Sim ( ) Não ( )

Se não, por que? \_\_\_\_\_

FOTO 2

Você compraria este peito de frango? Sim ( ) Não ( )

Se não, por que? \_\_\_\_\_

FOTO 3

Você compraria este peito de frango? Sim ( ) Não ( )

Se não, por que? \_\_\_\_\_

Algum comentário sobre a aparência das amostras das fotos?

\_\_\_\_\_

Figura 2. Esquema da ficha de entrevistas apresentada para os consumidores

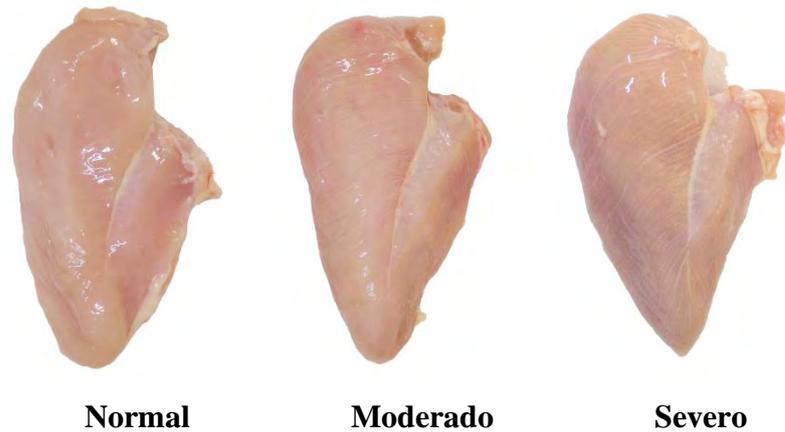


Figura 2. Fotos de peitos de frangos acometidos por diferentes graus da anomalia estrias brancas apresentadas uma de cada vez para o teste afetivo visual

Fonte: acervo próprio

### 2.3 Análise Estatística

Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado (DIC) com dois graus de severidade da anomalia e um grupo controle (amostras normais) e 60 repetições, analisado através do procedimento “One-Way ANOVA” do SAS (Statistical Analysis System, 2002–2003). Todos os dados foram submetidos à análise de variância e, em caso de significância ( $P < 0,05$ ), comparados pelo teste Tukey.

Para o teste afetivo, os resultados foram transformados em gráficos de acordo com as respostas de 120 pessoas entrevistadas.

## 3. Resultados e discussão

### 3.1 Peso médio dos peitos

Na Tabela 1 encontram-se os pesos médios dos peitos de frangos acometidos por diferentes graus de estrias brancas. Observou-se que peitos que contém o grau severo e moderado de estrias apresentaram maior peso assim como encontrados por Kutappan et al., 2012 e Petracci et al., 2011.

Tabela 1. Peso médio de carnes de peito de frangos acometidas por diferentes graus da anomalia estrias brancas

Grau da Anomalia	Peso Médio
<b>Normal</b>	514,82±59,85 B
<b>Moderado</b>	608,57±63,09 A
<b>Severo</b>	644,29±74,77 A
P-valor	0,0000185
F-Valor	17,94
C.V. (%)	11,17

Médias seguidas de letras maiúsculas distintas na coluna diferem entre si ( $p < 0,05$ ) pelo teste de Tukey.

### 3.2 Cor

A carne de peito de aves acometidas pelo grau severo da anomalia apresentou maior ( $P < 0,0001$ ) luminosidade ( $L^*$ ) e maior ( $P < 0,0001$ ) intensidade da cor vermelha ( $a^*$ ), na superfície externa, do que a carne de aves não acometidas (amostras normais) mas a intensidade de amarelo ( $b^*$ ) do músculo não foi afetada ( $P > 0,05$ ) pela anomalia (Tabela 2). Em contrapartida, na superfície interna do músculo do peito de frangos de corte acometidos, não foi verificada variação ( $P > 0,05$ ) no valor de  $L^*$  e ocorreu o aumento dos valores de  $a^*$  ( $P < 0,0001$ ) e de  $b^*$  ( $P = 0,0001$ ) em relação à carne de aves consideradas normais.

**Tabela 2.** Luminosidade ( $L^*$ ), intensidade de vermelho ( $a^*$ ) e intensidade de amarelo ( $b^*$ ) das superfícies externa e interna do músculo *Pectoralis major* de frangos de corte da linhagem Cobb 500 acometidos pela anomalia estrias brancas.

Grau da anomalia	Coloração da superfície externa			Coloração da superfície interna		
	$L^*$	$a^*$	$b^*$	$L^*$	$a^*$	$b^*$
<b>Normal</b>	60,30±0,41 <sup>B</sup>	0,48±0,21 <sup>C</sup>	4,65±0,54	56,03±0,41	1,24±0,18 <sup>B</sup>	5,73±0,38 <sup>B</sup>
<b>Moderado</b>	59,41±0,58 <sup>B</sup>	1,36±0,22 <sup>B</sup>	5,04±0,55	55,96±0,58	1,74±0,12 <sup>A</sup>	5,86±0,55 <sup>B</sup>
<b>Severo</b>	63,20±0,59 <sup>A</sup>	2,11±0,15 <sup>A</sup>	5,87±0,40	56,12±0,60	2,02±0,15 <sup>A</sup>	7,81±0,53 <sup>A</sup>
<i>P-value</i>	<0,0001	<0,0001	0,0857	0,9642	<0,0001	0,0001

<sup>A-C</sup> Médias seguidas por letras distintas nas colunas diferem entre si pelo teste Tukey ( $P < 0,05$ ).

Sabe-se que consequências possíveis do aumento do grau da anomalia são lipidose e fibrose. Desta forma, após verificado o aumento da luminosidade na superfície dos peitos acometidos com grau severo ( $L^* = 63,20$ ) em relação a peitos normais ( $L^* = 60,30$ ), pode-se dizer que quando acometidos com estrias brancas severas, há maior formação de tecido conjuntivo no peito (fibrose); contudo, a maior quantidade das fibras do peito de frangos é do

tipo branca e fibroses aumentam esta quantidade e o calibre das fibras e, dessa forma, quanto mais fibras brancas, maior reflexão da luz incidente no peito e conseqüente maior luminosidade. Ainda, em decorrência da fibrose descrita, provavelmente com o aumento das fibras há maior rompimento de vasos sanguíneos o que acarreta uma cor mais avermelhada na superfície de peitos acometidos pelo grau severo de estriações, aumentando também a intensidade da cor vermelha ( $a^* = 2,11$ ) em relação a peitos normais ( $a^* = 0,48$ ) (Baldi et al., 2018, Kuttapan et al., 2012, Kuttapan et al., 2013, Petracci et al., 2013).

Em relação à superfície interna do peito, observou-se maior valor  $b^*$  (7,81) em peitos com a severidade da anomalia em comparação a peitos normais ( $b^* = 5,73$ ). A lipídose, neste caso, dá-se a um problema relacionado à adaptações genéticas para melhoramento e/ou aumento do peito do frango, corroborando com o peso descrito na Tabela 1 (severo = 644,29); quanto maior a quantidade de lipídeos acumulados, maior tendência a cor amarela, explicando o aumento de  $b^*$ . O valor maior de cor vermelha ( $a^* = 2,02$ ) nos peitos com anomalia grau severo, quando comparadas à superfície externa e interna, podem ser explicados devido ao infiltrado inflamatório, sendo que a inflamação tende a resultar uma cora mais avermelhada.

### 3.3 pH, capacidade de retenção de água, perda de peso por cocção e força de cisalhamento

A anomalia estrias brancas não influenciou ( $P > 0,05$ ) o pH e a capacidade de retenção de água (CRA) da carne de peito de frangos de corte da linhagem Cobb 500, cujos valores, em média, foram iguais a 5,96 e 70,33%, respectivamente (Tabela 3). As perdas por cocção aumentaram ( $P < 0,0001$ ) com a severidade da doença, de 23,43% em amostras de aves normais para 31,74% em amostras de aves acometidas pelo grau severo da anomalia. Foi verificada redução da força de cisalhamento ( $P = 0,0010$ ) em amostras acometidas pelo grau severo da anomalia.

**Tabela 3.** pH, capacidade de retenção de água (CRA), perdas por cocção (PPC) e força de cisalhamento (Warner-Bratzler Shear Force) do músculo *Pectoralis major* de frangos de corte da linhagem Cobb 500 acometidos pela anomalia estrias brancas.

	Grau da anomalia			<i>P-value</i>
	Normal	Moderado	Severo	
<b>pH</b>	5,97±0,19	5,95±0,25	5,97±0,22	0,7607
<b>CRA (%)</b>	70,42±0,58	70,34±0,42	70,23±0,59	0,9572

<b>PPC (%)</b>	23,43±0,60 <sup>C</sup>	25,00±0,57 <sup>B</sup>	31,74±0,40 <sup>A</sup>	<0,0001
<b>FC WB (N)</b>	26,32±1,51 <sup>A</sup>	25,41±1,07 <sup>A</sup>	21,00±1,60 <sup>B</sup>	0,0010

<sup>A-C</sup>Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05).

Segundo Kutappan et al. (2012) e Petracci et al. (2011) carnes de peito que são acometidos pelo grau severo perdem mais água por cocção do que peitos que não contém a anomalia. Na Tabela 3 observa-se maiores perdas por cozimento em peitos severos estando de acordo com os autores. Porém, diferentemente, a força de cisalhamento foi menor nestas carnes, o que poderia ser explicado pela quantidade maior de gordura no músculo em peitos acometidos pelo grau severo (Petracci, 2012).

### 3.4 Composição proximal e colesterol

Não foi verificada diferença significativa (P>0,05) da anomalia sobre o percentual de proteína e de umidade da carne de peito de aves da linhagem Cobb 500 (Tabela 4). Já a concentração de lipídios aumentou (P=0,0001) de 2,36% ± 0,17 em carne de aves normais para 3,08% ± 0,19 em carne de aves acometidas pelo grau severo da anomalia, no entanto, houve redução (P<0,0001) do percentual de matéria mineral de 1,47% ± 0,04 em carne de aves normais para 1,21% ± 0,05 em carne de aves acometidas pelo grau severo. Da mesma forma que a quantidade de lipídios, a concentração de colesterol também sofreu influência da anomalia (P<0,0001), aumentando de 84,91 mg/100g em carne de aves normais para 98,66 mg/100g em carne de aves contendo estrias brancas severas.

**Tabela 4.** Composição química e concentração de colesterol do músculo *Pectoralis major* de frangos de corte da linhagem Cobb 500 acometidos pela anomalia estrias brancas.

	Grau de severidade da anomalia			P-value
	Normal	Moderado	Severo	
<b>Proteína (%)</b>	21,41±0,64	22,60±0,45	20,51±0,63	0,1108
<b>Lipídeos totais (%)</b>	2,36±0,17 <sup>B</sup>	2,93±0,12 <sup>A</sup>	3,08±0,19 <sup>A</sup>	0,0001
<b>Umidade (%)</b>	74,39±0,34	74,10±0,24	74,01±0,33	0,5188

<b>Matéria mineral (%)</b>	1,47±0,04 <sup>A</sup>	1,45±0,05 <sup>A</sup>	1,21±0,05 <sup>B</sup>	<0,0001
<b>Colesterol (mg/100g)</b>	84,91±0,04 <sup>B</sup>	87,77±0,04 <sup>B</sup>	98,66±0,04 <sup>A</sup>	<0,0001

<sup>A-B</sup> Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05).

O aumento significativo da porcentagem de lipídeos em peitos acometidos com o grau severo da anomalia confirma a lipidose descrita. Como constatado, o aumento do tamanho do peito de frango acarreta a severidade da estria explicada também pela infiltração maior de lipídeos no músculo. A evolução da genética associada à alimentação para crescimento e abate mais precoce dos animais podem depositar maior quantidade de lipídeos no músculo (Kuttappan et al., 2013a; Baldi et al., 2017). Confirmado um aumento na quantidade de lipídeos, entende-se que há também um aumento na porcentagem de colesterol, evidenciado na Tabela 4.

Observou-se também, uma redução significativa na porcentagem de matéria mineral em peitos severos quando comparados a peitos sem a anomalia. Estudos como o de Petracci et al. (2012) em que fora baseado este trabalho indicou também uma queda significativa (p<0,05) na quantidade de cinzas (matéria mineral) em peitos acometidos pelo grau severo. Dentre algumas discussões a respeito, tem-se a hipótese que a degeneração de fibras pode causar uma queda na quantidade de proteínas de acordo com o aumento da severidade da anomalia, fato que não ocorreu neste estudo (Kuttappan et al., 2013b). As fibras musculares, de forma geral, necessitam de minerais para sua formação. Em uma dieta balanceada em plantel com lotes uniformes, as quantidades de minerais fornecidos são padronizadas, porém, para formação de peitos maiores seria necessária maior quantidade de minerais, o que pode explicar a quantidade menor encontrada em peitos severos.

### 3.5 Colágeno e comprimento de sarcômero

De acordo com a Tabela 5, as concentrações de colágeno total, solúvel e insolúvel não foram influenciadas (p>0,05) pela presença da anomalia, assim como o comprimento dos sarcômeros não apresentou diferença significativa (p>0,05) quando comparados os diferentes graus.

**Tabela 5.** Concentração de colágeno e comprimento de sarcômero do músculo *Pectoralis major* de frangos de corte da linhagem Cobb 500 acometidos pela anomalia estrias brancas.

	Grau de severidade da anomalia			<i>P-value</i>
	Normal	Moderado	Severo	
<b>Colágeno total (%)</b>	0,38±0,04	0,37±0,04	0,40±0,04	0,1072
<b>Colágeno solúvel (%)</b>	0,13±0,01	0,15±0,01	0,15±0,01	0,2211
<b>Colágeno insolúvel (%)</b>	0,24±0,02	0,22±0,01	0,25±0,02	0,7412
<b>Sarcômero (µm)</b>	1,30±0,04	1,35±0,04	1,30±0,04	0,3579

<sup>A-B</sup> Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste Tukey ( $P < 0,05$ ).

Apesar de não demonstradas diferenças significativas, vale salientar que Petracci et al. (2019) revisando vários estudos com anomalias, entre elas estrias brancas, encontraram que houve diferenças ( $p < 0,05$ ) no valor de colágeno total quando comparados carnes de peitos normais com algum grau de severidade. Carnes severas, possuem maior incidência de fibrose, explicando este aumento do valor total. Diferentemente, neste estudo não foram encontradas tais diferenças, podendo este resultado ser explicado por fatores não controlados pelo experimento.

Na análise de comprimento de sarcômero não foram observadas diferenças entre os diferentes graus da anomalia. Os mesmos resultados foram encontrados por Tijare et al. (2016) ao avaliarem qualidade da carne de frangos de corte acometidos pela mesma anomalia, porém observaram que os comprimentos tendem a ser mais longos quando as carnes são armazenadas por seis semanas e quando apresentam a anomalia com graus moderado e severos, indicando um possível amaciamento nestas carnes.

### 3.6 Perfil de ácidos graxos

O acometimento por estrias resultou em diferenças ( $P < 0,05$ ) na composição dos ácidos graxos: aumento do cáprico (C10:0) em carnes com o grau moderado, Araquídico apresentou maiores valores para graus moderado e severo, cis-vacênico (C18:1n7) maior valor em carnes sem anomalia, aumento do  $\gamma$  linolênico (C18:3n6) em graus moderado e severo,  $\alpha$  linolênico (C18:3n3) maior em carnes severas, maior valor do ácido eicosadienoico (C20:2) em carnes normais e grau severo, eicosatrienoico (cis-11,14,17) (C20:3n3) e araquidônico (C20:4n6) apresentaram-se em maior quantidade em carnes sem anomalia, eicosapentaenoico (EPA)

(C20:5n3) e docosapentaenoico (DPA) (C22:5n3) com maiores valores para carnes sem acometimento de estrias (Tabela 6). A carne de frangos acometidos pelos graus moderado e severo da anomalia estrias brancas apresentou porcentagens dos ácidos graxos palmítico (C16:0), oleico (C18:1n9c) e linoleico (C18:2n6c), sendo que estes não foram alterados pela presença da anomalia na carne. Não houve diferença significativa quanto ao somatório do percentual de ácidos graxos saturados, monoinsaturados e poli-insaturados em relação à ocorrência de estrias brancas no peito de frangos de corte da linhagem Cobb 500.

**Tabela 6.** Composição de ácidos graxos (% do total de ácidos graxos) da gordura presente no músculo *Pectoralis major* de frangos de corte da linhagem Cobb 500 acometidos pela anomalia estrias brancas.

Ácidos Graxos	Nomenclatura	Normal	Moderado	Severo	P-value
Cáprico	C10:0	0,00 <sup>B</sup>	0,015±0,002 <sup>A</sup>	0,00 <sup>B</sup>	0,0027
Laurico	C12:0	0,00	0,010±0,003	0,010±0,005	0,1156
Mirístico	C14:0	0,28±0,03	0,28±0,02	0,33±0,03	0,3793
Pentadecanoico	C15:0	0,08±0,01	0,08±0,01	0,08±0,01	0,5851
Palmítico	C16:0	23,80±0,90	22,26±0,67	21,53±0,95	0,0831
Heptadecanoico	C17:0	0,13±0,01	0,13±0,01	0,15±0,01	0,3077
Esteárico	C18:0	11,56±1,03	11,93±0,73	10,93±1,03	0,6308
Araquídico	C 20:0	0,08±0,01 <sup>B</sup>	0,10±0,01 <sup>A</sup>	0,11±0,01 <sup>A</sup>	0,0096
Miristoleico	C14:1	0,03±0,01	0,03±0,01	0,05±0,01	0,3022
Palmitoleico	C16:1	1,25±0,44	1,41±0,32	1,85±0,46	0,4218
Heptadecenoico	C 17:1	0,12±0,03	0,18±0,02	0,10±0,03	0,1281
Cis-vacênico	C18:1n7	2,75±0,18 <sup>A</sup>	2,57±0,13 <sup>A</sup>	2,15±0,19 <sup>B</sup>	0,0175
Oleico	C18:1n9c	20,91±2,42	24,24±1,72	26,77±2,43	0,0843
Eicosenoico	C20:1n9	0,28±0,01	0,29±0,02	0,27±0,01	0,6674
Linoleico	C18:2n6c	19,53±1,18	21,65±0,82	22,48±1,16	0,0595
Linoleico conjugado (CLA)	C18:2c9,t11	0,02±0,01	0,02±0,01	0,02±0,01	0,5867
Eicosadienoico	C20:2	1,24±0,19 <sup>A</sup>	1,04±0,13 <sup>A</sup>	0,75±0,18 <sup>B</sup>	0,0056
γ linolenico	C18:3n6	0,11±0,02 <sup>B</sup>	0,15±0,15 <sup>B</sup>	0,20±0,02 <sup>A</sup>	0,0065
α linolenico	C18:3n3	0,55±0,18 <sup>B</sup>	0,77±0,13 <sup>B</sup>	1,09±0,19 <sup>A</sup>	0,0311
Eicosatrienoico (cis - 8, 11, 14)	C20:3n6	1,34±0,16	1,31±0,14	0,99±0,18	0,1837
Eicosatrienoico (cis - 11, 14,17)	C20:3n3	0,15±0,02 <sup>A</sup>	0,12±0,01 <sup>A</sup>	0,08±0,02 <sup>B</sup>	0,0191
Araquidônico	C20:4n6	9,33±1,20 <sup>A</sup>	6,76±0,90 <sup>B</sup>	5,99±1,27 <sup>B</sup>	0,0469
Docosatetraenóico (DTA)	C22:4n6	3,04±0,47	2,33±0,33	2,04±0,44	0,1243
Eicosapentaenoico (EPA)	C20:5n3	0,43±0,04 <sup>A</sup>	0,24±0,05 <sup>B</sup>	0,21±0,03 <sup>B</sup>	0,0012
Docosapentaenóico (DPA)	C22:5n3	1,91±0,22 <sup>A</sup>	1,37±0,18 <sup>B</sup>	1,17±0,26 <sup>B</sup>	0,0368
Docosahexaenóico (DHA)	C22:6n3	1,01±0,13 <sup>A</sup>	0,65±0,09 <sup>B</sup>	0,62±0,11 <sup>B</sup>	0,0172
Σ Saturados		35,96±1,31	34,85±0,93	33,18±1,34	0,1411
Σ Monoinsaturados		24,08±2,30	27,29±1,67	29,31±2,34	0,1109
Σ Poli-insaturados		38,69±2,11	36,44±1,47	35,65±2,08	0,3438

<sup>A-B</sup> Médias seguidas por letras distintas nas linhas diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05).

Apesar do total de ácidos graxos mono e poli-insaturados não apresentarem diferenças entre os graus da anomalia em questão, constatou-se a diminuição expressiva dos ácidos eicosapentaenoico (EPA), docohexaenoico (DHA) e araquidônico, quando acometidos pelo grau moderado e severo da anomalia.

Tanto o EPA quanto DHA (componentes principais do ômega 3) influenciam na diminuição do colesterol total e aumento do HDL (*high density lipoprotein* – lipoproteína de alta densidade); sendo assim, tais dados da tabela 6 corroboram com o valor mais alto de colesterol (principalmente em peitos severos) demonstrado na tabela 4. Por conseguinte, como ele apresenta menor quantidade de EPA e DHA, apresenta, uma vez que não tem eficiência de eliminação como em peitos sem a anomalia, também maior valor de colesterol total.

O ácido linoleico é o mais importante do conjunto que compõe o ômega 6. Assim sendo, uma vez ingerido, ele pode se transformar em outros ácidos do conjunto e o mais importante é o araquidônico, responsável pela diminuição do colesterol total e colesterol LDL (*low density lipoprotein* – lipoproteína de baixa densidade). Portanto, ao observar uma quantidade menor do ácido araquidônico em peitos com o grau severo da anomalia, entende-se que o linoleico não passa pela eficiência transformativa em ácido araquidônico, contribuindo assim pelo aumento do colesterol total e possivelmente no LDL, de acordo com o aumento da severidade.

### 3.7 Análise histológica

De acordo com a análise, as fibras do músculo *Pectoralis major* afetadas pela WS tiveram maior variação no seu tamanho no grupo moderado e no grupo severo (Figuras 3B e 3C). No moderado (Figura 3B) observa-se uma leve infiltração de adipócitos. Já no grau severo nota-se tamanho heterogêneo das fibras e infiltrado inflamatório de células mononucleares na região perimisial (Figura 3C). Desta forma, o aumento da intensidade da cor vermelha em carnes de peito com grau severo de estrias brancas nas análises de cor pode ser explicado pela inflamação confirmada. Ferreira (2012) também estudou os aspectos histopatológicos da estriação branca na linhagem Cobb e, além da anomalia degenerativa relatada no presente experimento, observaram morte celular (necrose) e calcificação.

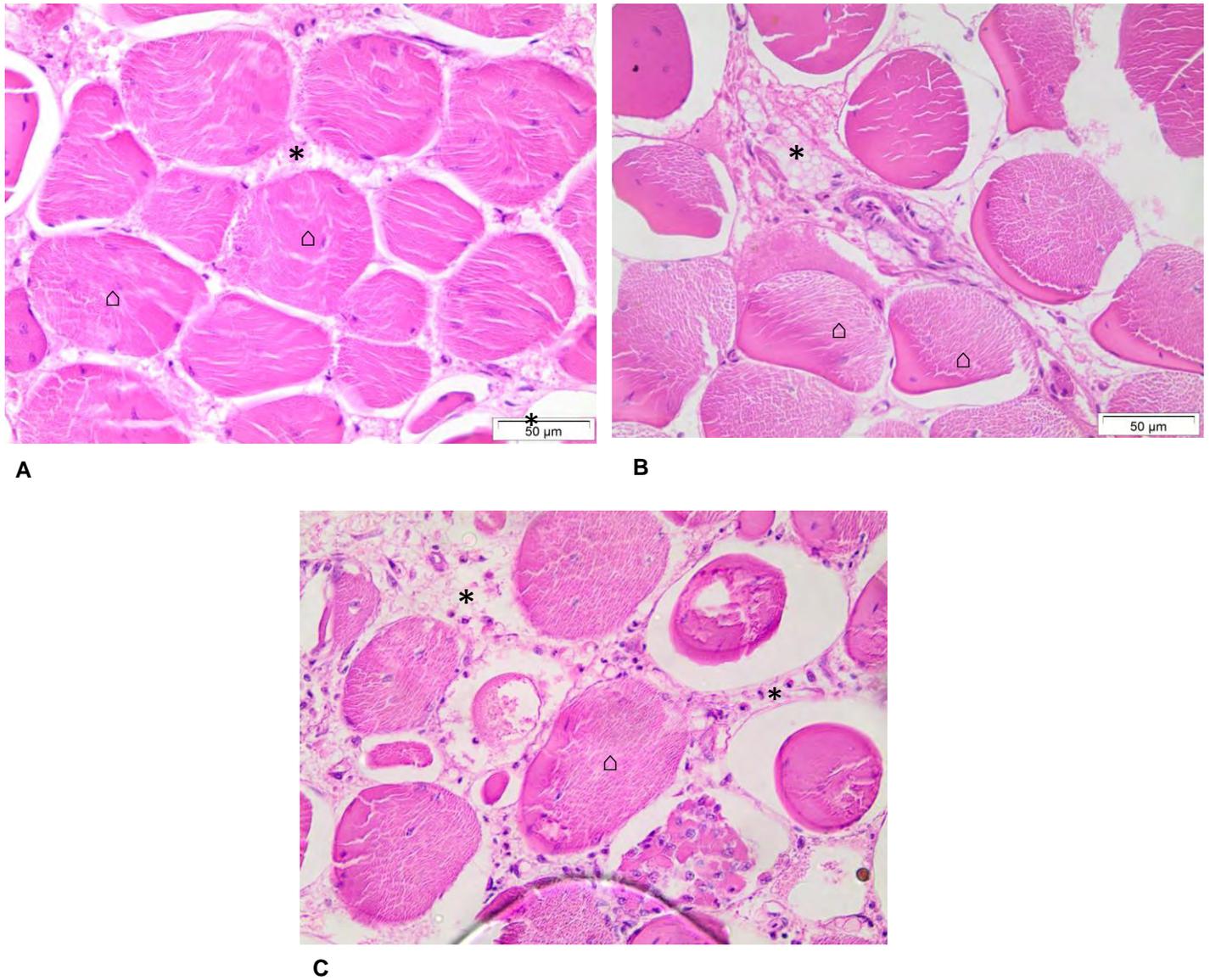
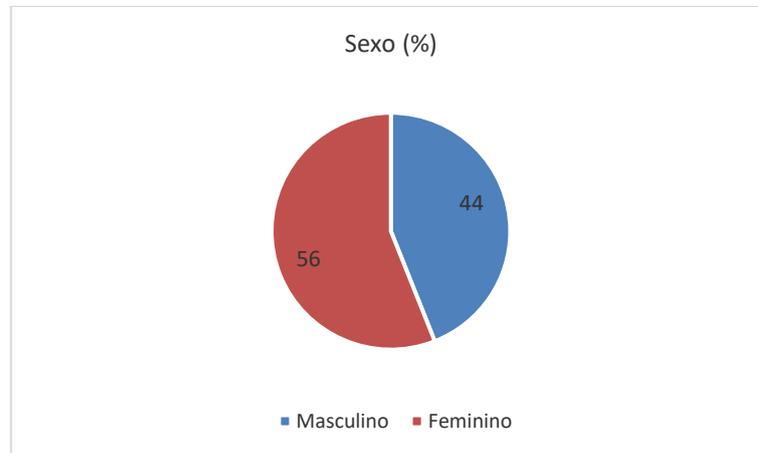


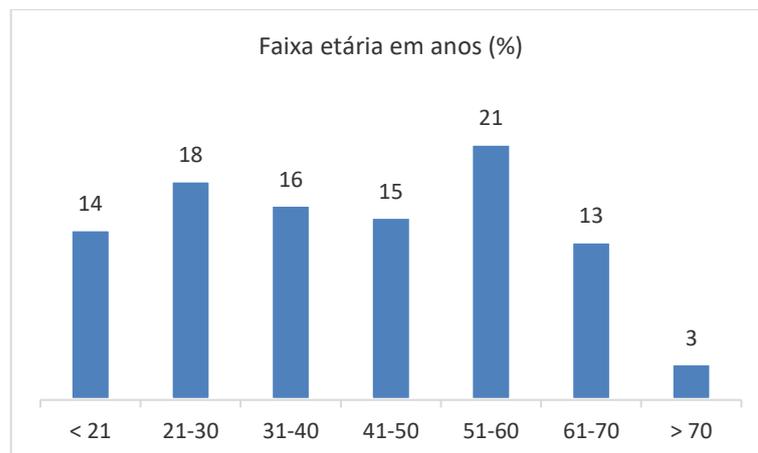
Figura 3. Fotomicrografias do músculo peitoral de frangos da linhagem Cobb acometidos pela anomalia estrias brancas. A: Normal. B: Aspecto moderado da estriação branca com adipócitos na região perimisial. C: Aspecto severo da estriação branca. Fibra muscular (Δ), perímísio (\*). H.E., 400X.

### 3.8 Avaliação sensorial

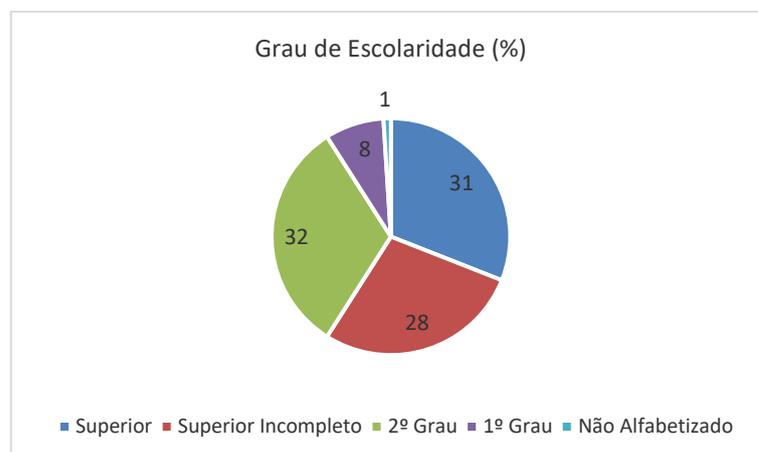
Os Gráficos de 1 a 8 indicam o perfil de todos os consumidores entrevistados na porta do supermercado. Já o Gráfico 9 apresenta o resultado da valiação da intenção de compra dos filés de peito (fotografais) com os diferentes graus da anomalia estrias brancas.



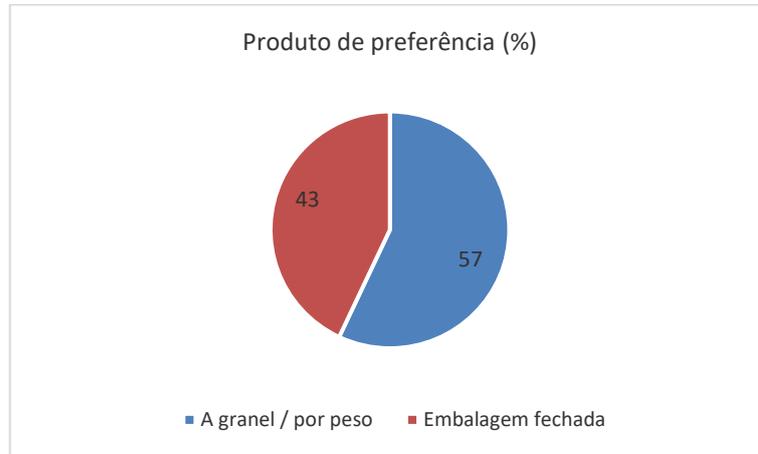
**Gráfico 1.** Percentual de homens e mulheres entrevistados.



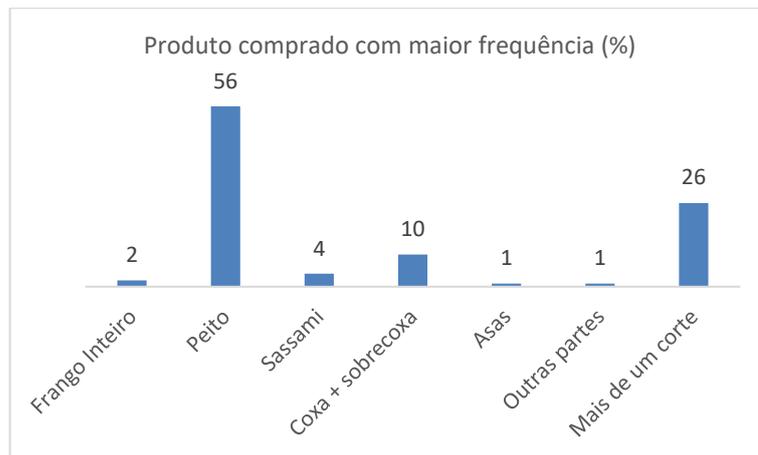
**Gráfico 2.** Faixa etária dos entrevistados.



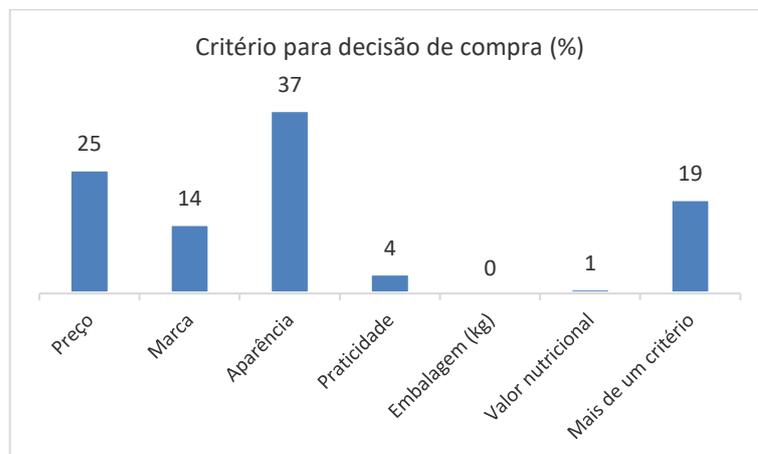
**Gráfico 3.** Grau de escolaridade dos entrevistados.



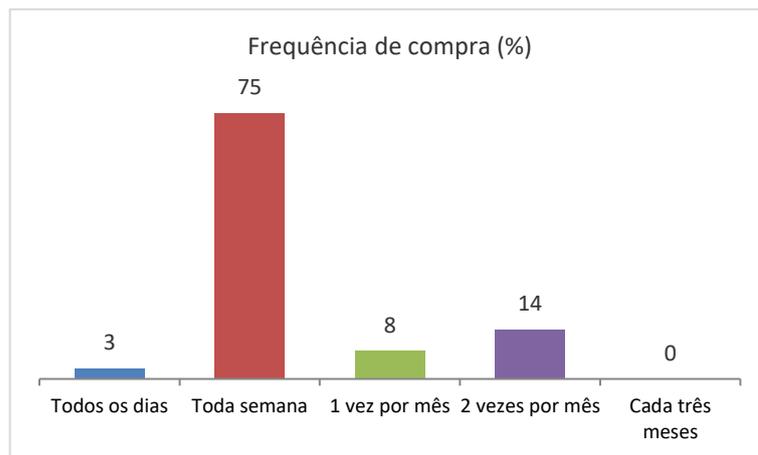
**Gráfico 4.** Preferência de compra segundo o tipo de embalagem.



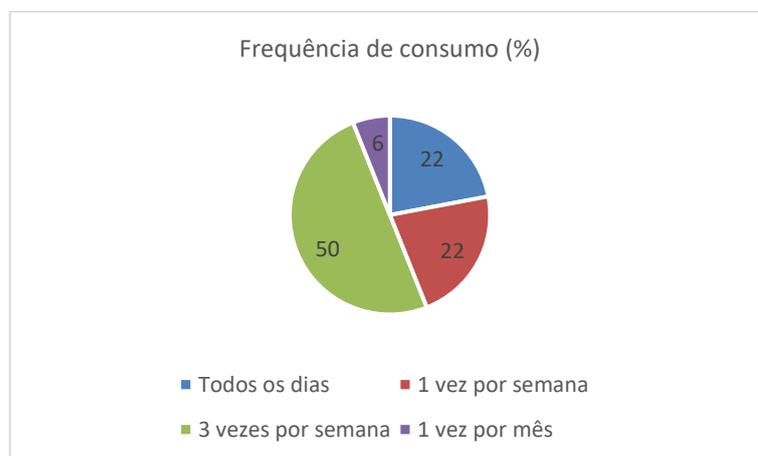
**Gráfico 5.** Tipo de corte comprado com maior frequência.



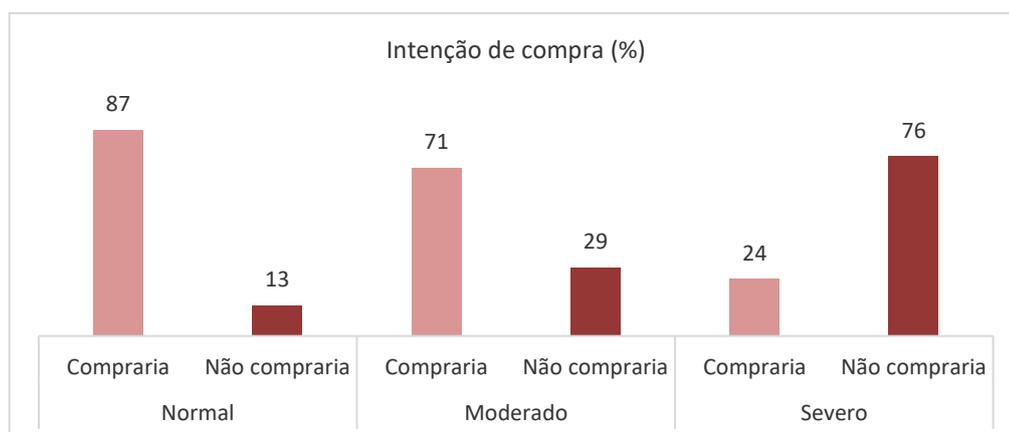
**Gráfico 6.** Critério utilizado para decisão de compra.



**Gráfico 7.** Frequência com que os entrevistados compram carne de frango.



**Gráfico 8.** Frequência com que os compradores consomem carne de frango.



**Gráfico 9.** Intenção de compra segundo o grau de acometimento pela anomalia estrias brancas.

Após a observação dos dados, vemos que a maioria das pessoas entrevistadas foram mulheres; observou-se também que a faixa etária predominante foi em torno de 51 a 60 anos; a

maioria dos compradores apresentou o 2º grau de escolaridade e preferiam a compra de frango a granel, tendo preferência pelo peito de frango comprado de acordo com a aparência na gôndola. O gráfico 7 mostra que a maioria dos entrevistados compram frango toda semana e consomem pelo menos 3 vezes na semana (gráfico 8).

Em relação à intenção de compra (Gráfico 9), verificou-se uma redução com aumento do grau de severidade da anomalia, cindo de 87% de pessoas que comprariam os filés normais para somente 24% que comprariam os filés com o grau severo das estrias brancas. Ao ler os comentários de diversos consumidores que realizaram a análise, verificou-se que alguns entrevistados atribuíram à figura de peitos com estrias severas um aspecto “feio”, “estranho” e para alguns, “repugnante”; o peito com estrias severas parece muito “engordurado” e assim não comprariam por parecer prejudicial à saúde.

#### **4 Conclusões**

Conclui-se, portanto, que frangos acometidos pela severidade das estrias brancas são de qualidade nutricional e sensorial inferiores a frangos que não possuem essa condição, porém, não são nocivos à saúde humana não havendo necessidade de descartes.

Pela ausência de conhecimento a respeito da qualidade nutricional, o público consumidor rejeita estas carnes apenas visualmente, diminuindo assim o consumo, fato que gera consequências negativas ao mercado brasileiro (varejo). Diante de tais entraves, o mercado provido pelos frigoríficos tende a não abastecer as gôndolas com estas carnes, ocasionando prejuízos para o setor industrial.

Uma possibilidade de solução da situação apresentada é a fabricação, tanto pelo mercado quanto pela indústria, de processados (linguiça, hambúrguer, etc.) que teriam alto valor agregado por ser utilizada matéria prima de boa qualidade nutricional e como alternativa para uma alimentação saudável com ingredientes de procedência.

#### **Agradecimentos**

Os autores agradecem a Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo – (FAPESP - 2015/08471-8 and 2015/14584-0) pelo suporte financeiro.

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

## 5 Referências

- AOAC (2011) 'Official methods of analysis.' 18th edn. (Association of Analytical Chemists: Washington, DC).
- BALDI G, SOGLIA F, MAZZONI M., SIRRI F, CANONICO L, BABIBI E, LAGHI L, CAVANI C, PETRACCI M 2018. Implications of white striping and spaghetti meat abnormalities on meat quality and histological features in broilers. *Animal* 12:1, 164-173
- BALDI G, SOGLIA F, MAZZONI M, SIRRI F, CANONICO L, BABINI E, LAGHI L, CAVANI C AND PETRACCI M 2017. Implications of white striping and spaghetti meat abnormalities on meat quality and histological features in broilers. *Animal*, doi: 10.1017/S1751731117001069, Published online by Cambridge University Press 22 May 2017.
- BLIGH GE, DYER JWA rapid method of total lipid extraction and purification. *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, v. 37, p. 911-917, 1959.
- CROSS, HR., West RL, Dutson TR (1981) Comparison of methods for measuring sarcomere length in beef semitendinosus muscle. *Meat Science* 5, 261-266.
- HADLICH JC, MORALES DC, SILVEIRA AC, OLIVEIRA HN, CHARDULO LA. L. Efeito do colágeno na maciez da carne de bovinos de distintos grupos genéticos. *Animal Science*, v. 28, n. 1, p. 57-62, 2006.
- HAMM, R. Biochemistry of meat hydration. *Advances in Food Research*. Cleveland, v. 10, n. 2, p.335-443, 1960.
- HONIKEL KO. The water binding of meat. *Fleischwirtsch* , v.67, n.2, p.1098-1102, 1987.
- KUTTAPPAN V, BREWER V, MAUROMOUSTAKOS A, MCKEE S, EMMERT J, MEULLENET J, OWENS C. 2013a. Estimation of factors associated with the occurrence of white striping in broiler breast fillets. *Poultry Science* 92:811-819.

- KUTTAPPAN V, SHIVAPRASAD H, SHAW D, VALENTINE B, HARGIS B, CLARK F, MCKEE S, OWENS C. 2013b. Pathological changes associated with white striping in broiler breast muscles *Poult. Sci.*, 92 (2013), pp. 331-338.
- KUTTAPPAN V, BREWER V, APPLE J, WALDROUP P, OWENS C. 2012. Influence of growth rate on the occurrence of white striping in broiler breast fillets. *Poultry Science* 91:2677-2685.
- LEE, YOUNGSEUNG & OWENS, CASEY & MEULLENET, JF. (2008). The Meullenet-Owens Razor Shear (MORS) for predicting poultry meat tenderness: Its applications and optimization. *Journal of Texture Studies*. 39. 655 - 672. 10.1111/j.1745-4603.2008.00165.x.
- LYON CE, LYON BG, DICKENS JA (1998) Effects of carcass stimulation, deboning time, and marination on color and texture of broiler breast meat. *Journal of Applied Poultry Research* 7, 53 –60.
- MAIA EL., RODRIGUES-AMAYA D. Avaliação de um método simples e econômico para metilação de ácidos graxos de lipídeos de diversas espécies de peixes. *Revista do Instituto Adolfo Lutz*, v. 53, p.27-35, 1993.
- MEULLENET JF, JOINVILLE E, GREZES D, OWENS CM (2004). Prediction of the texture of cooked poultry pectoralis major muscles by near-infrared reflectance analysis of raw meat. *J Texture Studies* 35, 573-585
- PETRACCI M, MUDALAL S, BONFIGLIO A, CAVANI C (2013). Occurrence of white striping under commercial conditions and its impact on breast meat quality in broiler chickens. *Poultry Science*, Champaign, v. 92, n. 6, p. 1670-1675.
- SAS Institute. (2002). SAS user's guide: statistics. Release 9.1. Cary.

VELLEMAN SG AND CLARK DL 2015. Histopathological and myogenic gene expression changes associated with wooden breast in broiler breast muscles. *Avian Diseases* 59, 410–418.

WOESSNER JUNIOR, J. F. The determination of hydroxyproline in tissue and protein samples containing small proportions of this amino acid. **Archives of Biochemistry and Biophysics**, Miami, v. 93, p. 440-447, 1961.

# CAPÍTULO 3

**CAPÍTULO 3 – Qualidade físico-química, sensorial e microbiológica de linguiças tipo frescal produzidas com peito de frango contendo estrias brancas e armazenadas sob refrigeração por 28 dias**

**R. A. Souza<sup>A,B,C</sup>, J. L. M. Mello<sup>A</sup>, F. B. Ferrari<sup>A</sup>, A. Giampietro-Ganeco<sup>A</sup>, E. N. F. Cavalcanti<sup>A</sup>, R. F. Oliveira<sup>A</sup>, P. A. Souza<sup>A</sup>, H. Borba<sup>A</sup> and M. A. Trindade<sup>B</sup>**

<sup>A</sup>Universidade Estadual Paulista –UNESP, Departamento de Tecnologia, Via de Acesso Professor Paulo Donato Castellane, s/n, Zona Rural, 14884-900, Jaboticabal, São Paulo, Brasil.

<sup>B</sup>Universidade de São Paulo Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Avenida Duque de Caxias Norte, nº. 225, 13635-900, Pirassununga, São Paulo, Brazil.

<sup>C</sup>Autor Correspondente. E-mail: rodrigo.zootecnista@gmail.com

**Resumo**

Filés de peito de frango com estrias brancas podem ser rejeitados pelos consumidores, sendo que sua utilização para fabricação de embutidos pode representar uma alternativa rentável para seu aproveitamento. Objetivou-se neste estudo avaliar a qualidade física, química e sensorial de linguiças do tipo frescal elaboradas com peito de frango apresentando diferentes graus de severidade de estrias brancas. Foram utilizados filés de peito de frangos de corte abatidos em abatedouro comercial do Estado de São Paulo. A carne foi classificada no abatedouro segundo o grau de severidade das estrias brancas (moderado e severo) e também em amostras normais (ausência de estrias brancas) e encaminhada ao laboratório para processamento da linguiça. Foram confeccionadas linguiças divididas em classificações quanto ao grau de severidade da miopatia estrias brancas e mais um grupo controle (normal). Os embutidos foram avaliados em dois diferentes períodos de armazenamento sob refrigeração (4 °C) (um e 28 dias). Foram analisados: pH, cor, atividade de água ( $a_w$ ), perdas por cocção, dureza, composição proximal, oxidação lipídica, análises microbiológicas (presença de *Salmonella ssp.* e contagem de coliformes fecais, estafilococos coagulase positiva, total de mesófilos e psicrotróficos e clostrídios sulfito redutores) e avaliação sensorial. Linguiças fabricadas com amostras de filés de peito normais apresentaram  $a_w=0,92$  quando comparadas a com estrias ( $a_w=0,89$ ) aos 28 dias de armazenamento independente do grau de severidade. Linguiças produzidas com amostras de grau severo apresentaram resultados médio de oxidação lipídica de 0,57 mg de MDA/kg aos 28 dias quando comparados a linguiças produzidas com filés normais, 0,23 mg de MDA/kg. Não foram observadas diferenças ( $p>0,05$ ) quanto à cor, perdas por cocção e dureza. Todas as análises microbiológicas apresentaram resultados que atendiam à legislação brasileira. Na análise sensorial, as linguiças produzidas com amostras

contendo estrias de grau severo foram as preferidas pelos consumidores. A fabricação de linguiça tipo frescal representa uma alternativa microbiologicamente segura e saudável para a indústria na utilização de peito de frango com estrias brancas em diferentes graus de severidade.

Palavras-chave: análise sensorial, embutidos, microbiologia, miopatias.

## **1. Introdução**

O Brasil é o terceiro o maior produtor mundial de carne de frango. Com o aumento da produção e a procura por carnes mais sustentáveis, as aves foram melhoradas geneticamente para maior ganho de peso, principalmente peito, em menor tempo de produção, acarretando assim alguns tipos de anomalias: peito amadeirado, carne espaguete, miopatia peitoral profunda e estrias brancas. O Ofício Circular Nº 17 de 2019 (BRASIL, 2019) estabeleceu que as estrias brancas não seriam mais consideradas uma miopatia e sim um estado anormal da musculatura. Filés normais não apresentam linhas brancas, entretanto, linhas brancas de até 1 mm de espessura caracterizam o grau moderado e linhas brancas com espessura superior a 1 mm caracterizam o grau severo da anomalia estrias brancas (KUTTAPPAN et al., 2012).

O consumo de embutidos no Brasil apresentou nas últimas décadas uma significativa expansão tornando-se parte do hábito alimentar de uma parcela de consumidores. A linguiça frescal é um dos embutidos mais consumidos devido ao processamento simples com preços acessíveis (Alberti e Nava, 2014). De acordo com o artigo 297 do Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RISSPOA, 2017) a linguiça é o produto cárneo obtido de carnes cominuídas das diferentes espécies animais, condimentado, com adição ou não de ingredientes, embutido em envoltório natural ou artificial e submetido a processo tecnológico específico.

De acordo com os resultados do Capítulo 2, peitos com os diferentes graus da anomalia estrias brancas são menos atrativos, sendo rejeitados pelo consumidor, o que pode causar prejuízos no varejo e a necessidade de um controle de qualidade no recebimento da mercadoria evitando tais peitos. Desta forma, objetivou-se neste estudo avaliar a qualidade físico-química, microbiológica e sensorial de linguiças do tipo frescal elaboradas à base de filés de peito frango dos diferentes graus de severidade da miopatia estrias brancas, como alternativa rentável para utilização destes filés.

## **2. Materiais e métodos**

## 2.1 Procedimento experimental

Neste estudo foram utilizados peitos de frangos de corte da linhagem Cobb 500 coletados em abatedouro comercial do Estado de São Paulo. Após o resfriamento e estabelecimento do *rigor mortis* (verificado através da estabilidade do pH fornecido pelo controle de qualidade e liberação para os cortes), a equipe coletou e classificou 140 peitos de frangos, totalizando aproximadamente 72 kg de carne, que foram divididos em 24 kg para cada grupo de classificação quanto ao grau de severidade das estrias, moderado e severo além de um grupo controle (ausência de miopatia).

Após a coleta, os peitos foram transportados até o Laboratório de Análise de Alimentos de Origem Animal (LaOra- UNESP, Campus Jaboticabal) para realização do processamento (moagem – disco de 10 mm), mistura dos ingredientes com a carne moída (2 batidas de 12 kg para cada grau de severidade) em misturador de carnes industrial (Becarro®) e a confecção de 72 kg de linguiça com formulação padrão (Tabela 1).

Em seguida a massa foi embutida em tripa suína e amarrada em gomos de aproximadamente 100g cada, formando as linguiças. As amostras foram identificadas e distribuídas em sacos plásticos próprios para embalagem a vácuo (18 micra), sendo que cada embalagem foi pesada antes de iniciar o armazenamento. Metade das amostras do grupo controle e metade das amostras dos graus moderado e severo foram analisadas sem armazenamento (1 dia) e a outra metade foi acondicionada em incubadora BOD (Eletrolab EL101/3 250 W, ELETROLAB) a  $4^{\circ} \text{C} \pm 0,5^{\circ} \text{C}$  durante 28 dias para posteriores análises.

Após a realização de todas as análises físicas, a massa das linguiças foi retirada da tripa, congelada por 24 horas para liofilização e desenvolvimento das análises de composição proximal.

Tabela 1. Formulação de linguiças do tipo frescal produzidas com carne de peito de frangos acometidos por estrias brancas.

Ingredientes	(%)
Filé de peito	87,10
Pele de frango	10,00
Cloreto de Sódio	1,50
Pasta de alho	0,50

Pimenta branca moída	0,15
Antioxidante ácido cítrico	0,735
Nitrito de sódio	0,015
Total	100

Fonte: própria

## 2.2 Métodos analíticos

Todos os métodos descritos a seguir foram realizados em amostras não armazenadas e em amostras armazenadas por 28 dias sob refrigeração ( $4^{\circ}\text{C} \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ ). A cor, foi analisada segundo CIE  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  (determinação de luminosidade, intensidade da cor vermelha e intensidade da cor amarela) com utilização do colorímetro Minolta CR-400 (Konica Minolta Sensing Inc., Osaka, Japan) e configurações: iluminação difusa/ $0^{\circ}$  de ângulo de visão, iluminante D65, componente especular incluído. As linguiças foram cortadas em três sessões cada e em cada sessão foi determinada a luminosidade ( $L^*$ ),  $a^*$  (vermelho) e  $b^*$ (amarelo) e, em seguida, aferição, em triplicada do pH, com auxílio de peagômetro (Testo 205, Testo Inc., Sparta, NJ, EUA) (Figura 1).

Figura 1- Esquema das sessões de cortes realizados na linguiça para análise de cor e pH



Para determinação da perda por cozimento (PPC), as linguiças foram pesadas inteiras inicialmente e posteriormente assadas em *grill* pré-aquecido (George Foreman GBZ80). A temperatura no centro geométrico das linguiças foi monitorada com auxílio do termômetro seriado TERMOPAR (FE-MUX, Flyeve Indústria e Comércio de Equipamentos Eletrônicos Ltda., São Carlos-SP, Brasil) até que atingissem a temperatura de  $85^{\circ}\text{C}$ . Posteriormente as amostras foram resfriadas em temperatura ambiente ( $16^{\circ}\text{C} \pm 2$ )

para liberar todo exsudato necessário antes da aferição do peso final. Pela diferença entre o peso inicial e final foi realizado o cálculo de PPC e os resultados expressos em porcentagem ( $PPC (\%) = \frac{pi-pf}{pi} \times 100$ ) de acordo com metodologia descrita por Honikel (1987). Em seguida, as mesmas amostras da análise de PPC foram submetidas a análise de dureza; as linguiças foram cortadas em cilindros com tamanho médio de 2 cm de diâmetro e comprimidas até 50% de seu tamanho por uma *probe* de 36 mm de diâmetro (Probe P/36R) acoplada ao texturômetro (Texture Analyser, modelo TAXT2i, Stable Micro System).

Para atividade de água ( $a_w$ ), uma pequena porção da massa da linguiça foi inserida em cápsulas próprias do equipamento Aqualab Lite (Decagon Devices Inc.), o qual utiliza um sensor de constante dielétrica para medição da  $a_w$ ; nesta técnica, há um polímero higroscópico entre dois eletrodos porosos presentes em uma mini câmara selada; as propriedades elétricas do polímero se alteram de acordo com a umidade relativa da câmara, sendo que, esta, sem amostra, possui a mesma umidade relativa do ambiente. A acurácia deste método é de  $\pm 0,015 a_w$ .

Em análises da composição proximal, as amostras foram liofilizadas (SuperModulyo220, Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, MA, USA; AOAC 2011 - método 950.46) para garantir que houvesse eficácia na secagem das amostras sem perdas nutricionais por interferência de temperatura, umidade e pressão. Na sequência as amostras secas foram pesadas para cálculo de matéria seca e umidade; a amostra seca foi moída em processador de alimentos convencional e pesada para análise de proteína e matéria mineral (AOAC, 2011; métodos 977.14 e 920.123); em amostra seca moída, também foi analisada a quantidade de lipídeos totais de acordo com o método descrito por Bligh e Dyer (1959).

Com amostras *in natura* foi realizada a análise de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico, determinado a oxidação lipídica, expressa em miligramas de malonaldeído (MDA) por quilograma de amostra, seguindo o método apresentando por Vynche (1970).

Foram realizados testes microbiológicos, no dia um e após 28 de armazenamento sob refrigeração a 4 °C. Cerca de seis gomos de cada linguiça, separadas em normais, moderadas e severas, foram enviados ao Laboratório de Microbiologia para análises dos seguintes microorganismos: presença de *Salmonella ssp.* (em 25g) e contagens de coliformes totais e termotolerantes (NMP/g), *Staphylococcus aureus* (placas em UFC/g, prova de catalase, prova de coagulase e coloração de gram), contagem total de mesófilos (UFC/g),

contagem total de psicrotróficos (UFC/g) e clostrídios sulfito redutores (UFC/g), de acordo com metodologias descritas na IN 62 (Brasil, 2003).

As análises microbiológicas das linguiças do 1º dia de processo, junto ao **Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE)**, garantiram, finalmente, a análise sensorial do produto. Foram servidas amostras assadas nos padrões da análise de PPC deste estudo; em seguida, linguiças confeccionadas com carnes normal e com matéria prima classificadas como graus moderado e severo de estriações brancas foram cortadas em pedaços com cerca de um cm de largura e servidas separadamente para cada provador, totalizando 120 provadores não treinados que respondiam a uma ficha composta de escala hedônica de 1 a 9 (Figura 2).

Nome: \_\_\_\_\_

Você está recebendo amostras de linguiça de frango. Por favor, avalie as amostras visualmente de forma global utilizando a escala abaixo, o quanto você gostou ou desgostou:

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

Amostras	Aparência	Aroma	Sabor	Textura	Aceitação Global

OBSERVAÇÕES:

---

Figura 2 - Ficha de análise sensorial: três amostras de linguiças fabricadas com amostras normal, moderada e severa, identificadas com números aleatórios de três algarismos em todas as fichas

### 2.3 Análise estatística

Para as análises físico-químicas, foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 3x2 (linguiças produzidas com peitos sem estrias, linguiças com peitos de estrias grau moderado e linguiças com peitos de grau severo dois tempos de armazenamento – 1 e 28 dias) com 20 repetições de cada grau por período por análise. As médias foram analisadas pelo procedimento General Linear Models do SAS (Statistical Analysis System, 2002). Para a análise sensorial, foi utilizado o delineamento experimental inteiramente casualizado com 120 repetições (provadores não treinados) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

### 3. Resultados e discussão

#### 3.1 Cor, pH, dureza e perdas por cocção

Quando considerado o grau de severidade da miopatia, independentemente do tempo de armazenamento, não foi verificada diferença estatística entre linguiças produzidas com carne de peito de frangos normais e com carne de peito de aves afetadas pela miopatia quanto aos parâmetros de cor, dureza e PPC (Tabela 2).

Tabela 2 - Valores para luminosidade ( $L^*$ ), intensidade de cor vermelha ( $a^*$ ), intensidade da cor amarela ( $b^*$ ), pH, dureza e perdas por cocção (PPC) de linguiças de carne de peito de frango com diferentes graus de estrias brancas armazenadas sob refrigeração a 4 °C por 28 dias.

	$L^*$	$a^*$	$b^*$	pH	Dureza (N)	PPC (%)
<b>GRAU DE SEVERIDADE (GS)</b>						
<b>Normal</b>	40,38±5,35	5,78±0,93	10,06±0,75	5,99±0,005	75,90±3,91	33,27±3,91
<b>Moderado</b>	44,65±5,26	8,43±0,92	11,92±0,74	5,98±0,005	85,85±3,84	29,23±4,01
<b>Severo</b>	42,36±5,35	7,50±0,93	11,42±0,75	6,04±0,005	75,50±3,91	30,97,03±3,91
<b>TEMPO DE ARMAZENAMENTO (T)</b>						
<b>0</b>	42,61±4,39	7,71±0,77	12,07±0,61 A	6,06±0,004	62,31±3,21 B	31,16±3,40 B
<b>28</b>	42,32±4,29	6,67±0,75	10,20±0,60 B	5,94±0,004	95,87±3,13 A	42,18±3,02 A
<b>NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA</b>						
<b>GS</b>	0,8508	0,1309	0,1982	<0,0001	0,1057	0,7691
<b>T</b>	0,9621	0,378	0,0337	<0,0001	<0,0001	<0,0001
<b>GSxT</b>	0,7589	0,1978	0,2449	0,0021	0,9382	0,7652

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05). T - Armazenamento, GS - Grau de severidade.

Observou-se o aumento (P<0,0001) da dureza e das perdas por cocção; possivelmente, com o armazenamento, no momento da cocção há um desprendimento maior da

água (ligada a cadeias de proteínas) aumentando, assim, a quantidade de exsudado liberado durante o cozimento. Da mesma forma, se o produto perde mais água, terá dureza mais elevada, o que explica a diferença entre as linguiças recém fabricadas e as armazenadas por 28 dias.

Dentre os resultados de coloração, pH, análise de textura e perdas por cocção de linguiças fabricadas com carne de peitos de frangos acometidos pelos diferentes graus de estrias brancas (Tabela 2), observa-se que apenas o pH apresentou interação ( $p=0,0021$ ) quando comparados os tempos de armazenamento e diferentes graus de severidade das estriações, cujos desdobramento são mostradas na tabela 3.

Tabela 3 - Desdobramento da interação de valores de pH em linguiças de carne de peito de frango com diferentes graus de estrias brancas armazenadas sob refrigeração a 4 °C por 28 dias.

Parâmetros	Tempo de armazenamento	GRAU DE SEVERIDADE (GS)		
		Normal	Moderado	Severo
pH	0	6,04±0,008 Ab	6,05±0,008 Ab	6,11±0,008 Aa
	28	5,95±0,008 Bb	5,91±0,008 Bc	5,97±0,008 Ba
<i>P-value</i>		0,021		

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p<0,05$ ). Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p<0,05$ ).

Os resultados de desdobramento da interação entre grau de severidade da miopatia White striping e o tempo de armazenamento mostram que a linguiça no tempo zero de armazenamento proveniente do grau severo apresentaram pH mais elevado em relação as carnes normais e com grau moderado da anomalia. Já aos 28 dias de armazenamento houve diferença ( $p<0,05$ ) entre os três tratamentos, sendo que as linguiças provenientes de carnes com anomalia severa foram as que apresentaram o maior pH, seguida das carnes normais, enquanto que as provenientes de miopatia moderada o pH foi mais baixo.

Quando se avaliou o tempo de armazenamento, observou-se que com o armazenamento ocorreu redução do pH em todas as linguiças, independente do tratamento. O pH tornou-se mais ácido ( $p<0,0001$ , de 6,06 para 5,94) quando comparamos as linguiças recém fabricadas com as armazenadas por 28 dias sob refrigeração. No entanto, os valores normais de pH em produtos cárneos oscilam entre 5,4 a 6,2 (Mantovani et al., 2011). Considerando cada tempo avaliado, linguiças produzidas com matéria-prima de frangos com estrias brancas em grau severo apresentaram maior valor de pH do que amostras produzidas com carne classificada como normal.

Jaywardana et. al (2015) não encontraram diferenças nos padrões de cores de linguças de frango armazenadas por até 20 dias, independente dos tratamentos. Com armazenamento, constataram também uma pequena queda do pH assim como observado por Wang et al. (2013). Sendo assim, o pH da linguça de frango está dentro da normalidade durante o armazenamento).

### 3.2 Atividade de água, composição proximal e oxidação lipídica

Na Tabela 4 são mostrados os resultados das análises de atividade de água ( $a_w$ ), composição proximal e oxidação lipídica. Não foram observadas diferenças para todos componentes na análise de composição proximal, ao passo que houve diminuição ( $p < 0,05$ ) na atividade de água e aumento ( $p < 0,05$ ) na oxidação lipídica nas linguças de carnes com anomalia White striping severa em relação aos demais tratamentos.

Tabela 4 - Valores para atividade de água ( $a_w$ ), proteína (prote), lipídeos (lipid), matéria mineral (MM), umidade (umi) e oxidação lipídica (TBARS) em linguças do tipo frescal fabricadas com carnes de frango de corte com diferentes graus de estrias brancas e armazenadas sob refrigeração a 4 °C por 28 dias.

	<b>aw</b>	<b>Umi. (%)</b>	<b>Prote (%)</b>	<b>Lipíd (%)</b>	<b>Tbars (mda/kg)</b>	<b>MM (%)</b>
<b>GRAU DE SEVERIDADE (GS)</b>						
<b>Normal</b>	0,94±0,0035	67,79±4,93	16,29±0,87	5,47±0,71	0,1943±0,01	3,87±0,09
<b>Moderado</b>	0,94±0,0035	68,36±4,93	15,63±0,95	5,61±0,43	0,1918±0,01	3,89±0,09
<b>Severo</b>	0,93±0,0039	66,10±5,05	17,59±0,78	5,87±0,09	0,3205±0,01	3,91±0,09
<b>TEMPO DE ARMAZENAMENTO (T)</b>						
<b>0</b>	0,97±0,003	70,68±4,35	16,52±0,88	5,46±0,05	0,1025±0,009	3,46±0,07
<b>28 dias</b>	0,91±0,002	67,49±3,75	16,49±0,77	5,40±0,04	0,3687±0,008	4,32±0,07
<b>NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA</b>						
<b>GS</b>	<0,0001	0,6311	0,4127	0,4775	<0,0001	0,9605
<b>T</b>	0,0152	0,1335	0,9765	0,4369	<0,0001	<0,0001
<b>GSxT</b>	0,0395	0,4059	0,964	0,8912	<0,0001	0,8614

T - Armazenamento, GS - Grau de severidade.

Observa-se que quanto ao grau de severidade e o tempo de armazenamento, não houve alterações nos níveis nutricionais das linguças. Pode-se observar que a matéria prima peito de frango com os diferentes graus de severidade pode ser utilizada, que independente do tempo de armazenamento preconizado no estudo, poderia ser uma alternativa saudável, uma vez que peitos de frango estriados supostamente seriam descartados visualmente pelo público.

Na Tabela 5, encontra-se o desdobramento para as análises de atividade de água (aw) e oxidação lipídica (Tbars).

Tabela 5 - Desdobramentos das interações para atividade de água (aw) e oxidação lipídica (Tbars) em linguças do tipo frescal fabricadas com carnes de frango de corte com diferentes graus de estrias brancas armazenadas sob refrigeração a 4 °C por 28 dias.

Parâmetros		GRAU DE SEVERIDADE (GS)		
Tempo de armazenamento		Normal	Moderado	Severo
AW	0	0,97±0,005 Aa	0,96±0,005 Aa	0,96±0,006 Aa
	28	0,92±0,005 Ba	0,91±0,005 Bb	0,89±0,005 Bc
<i>P-value</i>		0,0395		
TBARS (mg MDA/kg)		Normal	Moderado	Severo
Tempo de armazenamento				
0		0,14±0,01 Ba	0,09±0,01 Bb	0,06±0,01 Bc
28		0,23±0,01 Ac	0,29±0,01 Ab	0,57±0,01 Aa
<i>P-value</i>		<0,0001		

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05). Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem entre si pelo Teste de Tukey (P<0,05).

Observou-se que no dia da fabricação das linguças, não houve alteração da atividade de água comparando linguças feitas com peitos normais e diferentes graus de severidade de estrias. Após 28 dias de armazenamento, houve diferença significativa entre linguças feitas com peitos de diferentes graus de severidade, sendo que o grau severo apresentou menor atividade de água, seguindo pelo grau moderado e a maior atividade de água foi na linguça provenientes das carnes normais.

Já quando comparados os tempos de armazenamento, todas as amostras apresentaram diminuição (p<0,05) da atividade de água, esse fato pode ser explicado pela água liberada, encontrada nas embalagens a vácuo das linguças. Paulino (2005) realizou uma pesquisa com linguça toscana em diferentes dias e constatou que a atividade de água do primeiro dia foi igual a 0,93, sendo que neste estudo obtivemos média de 0,96 independente do grau de severidade da estrias presente na carne da linguça; a atividade de água é uma importante medida para determinação do crescimento microbiológico pois influencia a estabilidade dos microrganismos e para um grande número de alimentos quando a atividade está em média 0,65 o crescimento de microrganismos é prevenido (Bell e Labuza, 1992).

Observou-se valores de TBARS inferiores (p<0001) para o grau severo (0,06) comparadas com aos demais grau no tempo de armazenamento 0, no entanto observou-se nos 28 dias de armazenamento o grau severo apresentou valores superiores aos demais tratamentos.

Os valores de TBARS quando comparados o dia inicial da análise e aos 28 dias; é natural que produtos elaborados com carne de frango tenham aumento da oxidação lipídica por apresentarem maior percentual de ácidos graxos insaturados (em torno de 65%), que são mais suscetíveis à oxidação, explicando assim o aumento dos valores encontrados (Mariutti e Bragagnolo, 2009).

Campos et al. (2006) reportaram que valores iguais ou maiores a 2 mg de MDA/kg de amostra (2 mg de malonaldeído por quilograma de amostra) podem conferir rancidez ao paladar. Já Ahmad e Srivastava (2007) indicaram que entre 1 e 2 mg já se consegue alteração de sabor; portanto, de acordo com o desdobramento, apesar das interações ( $p < 0,05$ ) nenhum dos produtos apresentariam tal percepção de rancificação, sendo que todos apresentaram valores abaixo de 1 mg MDA/kg. Jaywardana et al. (2015) avaliaram a atividade antimicrobiana e antioxidante em linguças de frango fabricadas com sobrecoxa de frango com adição de folhas de *Moringa oleífera*; linguças sem utilização das folhas tiveram valores de 2,2 mg/kg de malonaldeído quando armazenadas a 4 °C por 20 dias, valores bem superiores aos encontrados no presente trabalho, provavelmente em função da sobrecoxa de frango conter maior quantidade de gordura e não foram utilizados antioxidantes naturais neste tratamento. Contrariamente, neste estudo, além da carne de peito conter menor quantidade de lipídeos, na formulação foram utilizados pimenta branca e alho, que apresentam naturalmente capacidade antioxidante.

### 3.3 Análises Microbiológicas

Nas tabelas 6 e 7 encontram-se as contagens microbiológicas realizadas no primeiro dia de produção das linguças e aos 28 dias de armazenamento a 4 °C. Foram realizadas contagens de coliformes (totais e termo tolerantes), *Salmonella spp.*, *Staphylococcus aureus* (prova de catalase, coagulase e coloração Gram), mesófilos, psicrotróficos e sulfito redutores.

Tabela 6 - Contagem total de Coliformes e *Salmonella spp.* em linguças de carnes de frangos normais e carnes acometidos por estrias brancas armazenadas sob refrigeração a 4 °C por 28 dias.

Grau de severidade	Coliformes (NMP/g)		<i>Salmonella ssp.</i> (25g)
	Totais	Termotolerantes	
Período de Armazenamento – Dia 1			
Normal	< 3,0 x 10 <sup>0</sup>	< 3,0 x 10 <sup>0</sup>	Ausência
Moderado	< 3,0 x 10 <sup>0</sup>	< 3,0 x 10 <sup>0</sup>	Ausência
Severo	< 3,0 x 10 <sup>0</sup>	< 3,0 x 10 <sup>0</sup>	Ausência

Período de Armazenamento – 28 dias			
<b>Normal</b>	< 3,0 x 10 <sup>0</sup>	< 3,0 x 10 <sup>0</sup>	Ausência
<b>Moderado</b>	9,2 x 10 <sup>0</sup>	< 3,0 x 10 <sup>0</sup>	Ausência
<b>Severo</b>	<3,6 x 10 <sup>0</sup>	< 3,0 x 10 <sup>0</sup>	Ausência

NMP (número mais provável).

Tabela 7 - Contagem total de *Saphylococcus aureus* em linguças produzidas com carnes de frangos normais e de carnes acometidos por estrias brancas armazenadas sob refrigeração a 4 °C por 28 dias.

Contagem de <i>Staphylococcus aureus</i>				
Amostras	Contagem em Placas (UFC/g)	Prova da Catalase	Prova da Coagulase	Coloração de Gram
<b>Normal</b>	< 1,0 x 10 <sup>2</sup> est.	-	-	-
<b>Moderado</b>	< 1,0 x 10 <sup>2</sup> est.	-	-	-
<b>Severo</b>	< 1,0 x 10 <sup>2</sup> est.	-	-	-
Período de Armazenamento – 28 dias				
<b>Normal</b>	6,3 x 10 <sup>3</sup>	Negativa	Negativa	Negativa
<b>Moderado</b>	9,0 x 10 <sup>2</sup>	Negativa	Negativa	Negativa
<b>Severo</b>	2,0 x 10 <sup>3</sup>	Negativa	Negativa	Negativa

UFC (Unidades formadoras de colônias).

Tabela 8 - Contagem total de mesófilos, psicrotróficos e sulfito redutores em linguças de carnes de frangos normais e acometidos por estrias brancas armazenadas sob refrigeração a 4 °C por 28 dias.

Amostras	Mesófilos (UFC/g)	Psicrotróficos (UFC/g)	Sulfito Redutores (UFC/g)
<b>Normal</b>	< 1,0 x 10 <sup>2</sup> est.	< 1,0 x 10 <sup>2</sup> est.	< 1,0 x 10 <sup>1</sup> est.
<b>Moderado</b>	< 1,0 x 10 <sup>2</sup> est.	< 1,0 x 10 <sup>2</sup> est.	< 1,0 x 10 <sup>1</sup> est.
<b>Severo</b>	< 1,0 x 10 <sup>2</sup> est.	< 1,0 x 10 <sup>2</sup> est.	< 1,0 x 10 <sup>1</sup> est.
Período de Armazenamento – 28 dias			
<b>Normal</b>	1,9 x 10 <sup>4</sup>	8,4 x 10 <sup>4</sup>	< 1,0 x 10 <sup>1</sup> est.
<b>Moderado</b>	6,0 x 10 <sup>3</sup>	1,0 x 10 <sup>4</sup>	< 1,0 x 10 <sup>1</sup> est.
<b>Severo</b>	1,2 x 10 <sup>6</sup>	3,1 x 10 <sup>5</sup>	< 1,0 x 10 <sup>1</sup> est.

EST: estimado

De acordo com o item 5 (b) do anexo 1 da IN 60/19 (BRASIL, 2019) que estabelece padrões microbiológicos para alimentos, em produtos cárneos crus à base de carne moída ou picada de aves, temperados ou não, embutidos ou não, refrigerados ou congelados (hambúrgueres, almôndegas, empanados crus de rotisseria, linguiças frescas) devem ser avaliados os seguintes microrganismos: *Salmonella spp.* (ausência em 25 g), *Escherichia coli* (mín.  $5 \times 10^2$  máx.  $5 \times 10^3$ ) e aeróbios mesófilos (mín.  $10^5$  máx.  $10^6$ ). Nas amostras deste experimento, foram realizadas adicionalmente outras contagens que seriam de acordo com os itens c (produtos cárneos semielaborados ou não, empanados, refrigerados ou congelados) e d (produtos cárneos cozidos inteiros ou em cortes, defumados ou não, embutidos ou não) do anexo 1 da IN 60/19 (Brasil, 2019), que dizem respeito aos demais produtos cárneos.

Como apresentado na Tabela 8, *Staphylococcus aureus* para prova de coagulase, foi negativa; obteve-se, também, ausência para *Salmonella spp* e níveis abaixo do limite de coliformes e mesófilos. Outro dado importante é a baixa contagem de psicrotóxicos (indicando estabilidade da temperatura de armazenamento) e baixa contagem de sulfito redutores, que poderiam ser responsáveis pela deterioração do produto.

Desta forma, as amostras estudadas, independente do tempo de armazenamento e do grau de severidade das estrias brancas na carne utilizada como matéria prima, o uso de carne de peito afetada por estrias brancas na produção de linguiças é seguro para consumo, desde que a indústria de alimentos realize os procedimentos de controle de temperatura, umidade e boas práticas fabricação e higiene operacional padrão.

### 3.4 Análise sensorial

Não houve diferenças significativas ( $p > 0,05$ ) entre linguiças fabricadas com os graus moderado e severo quando comparadas com linguiças advindas de peitos de frangos normais (Tabela 9) em relação a todos os parâmetros de aceitação sensorial avaliados (aparência, aroma, sabor, textura e aceitação global).

Tabela 9 - Médias dos parâmetros relativos à avaliação sensorial de linguiças de frangos fabricadas com carne de peito contendo estrias brancas diferentes graus de severidade de

	Normal	Moderado	Severo	P-value
Aparência	6,57±0,19	6,42±0,14	6,52±0,14	0,6241
Aroma	7,94±0,12	7,85±0,14	8,02±0,15	0,8727
Sabor	8,21±0,16	8,14±0,14	8,20±0,17	0,7465
Textura	7,04±0,18	7,12±0,17	7,21±0,13	0,5575

Aceitação global	7,97±0,14	7,78±0,16	7,99±0,12	0,8825
------------------	-----------	-----------	-----------	--------

De acordo com os dados apresentados, pode-se afirmar que os provadores não notaram diferenças entre amostras de linguiças com peito de frango (contendo diferentes graus de severidade de estrias brancas) quanto aos principais parâmetros de aceitação sensorial das linguiças em estudo. Dessa forma, carnes com estrias brancas podem ser utilizadas para fabricação de linguiças de frango, sendo bem aceitas pelos provadores com mais de 80% das notas atribuídas por eles superiores a 7 (gostei moderadamente).

#### 4. Conclusões

Linguiças tipo frescal elaboradas com carne de peitos acometidos por estrias brancas nos diferentes graus de severidade (moderado e severo) apresentaram qualidade nutricional, aceitação sensorial e segurança do alimento, tanto do ponto de vista microbiológico quanto oxidativo. A fabricação de linguiças tipo frescal representa uma alternativa viável para utilização deste tipo de carne como matéria prima que de outra maneira poderiam ser descartadas em função de sua aparência.

#### Agradecimentos

Os autores agradecem a Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo – (FAPESP - 2015/08471-8) pelo suporte financeiro.

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

#### 5. Referências

ABPA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. **Relatório Anual 2020**. 2020.

AHMAD, S.; SRIVASTAVA, P. K. Quality and shelf life evaluation of fermented sausages of buffalo meat with different levels of heart and fat. **Meat Science**, Barking, v. 75, n. 4, p. 603-609, 2007.

ALBERTI J, NAVA A. Avaliação higiênicossanitária de linguiças tipo frescal comercializadas a granel por supermercados e produzidas artesanalmente no município de Xaxim, SC. **Unoesc & Ciência**, v.5, n. 1, p: 41-48, 2014

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

BELL, L. N.; LABUZA, T. P. Composition influence on the pH of reduced-moisture solutions. **Journal Food Science**, Chicago, v. 57, p. 732-734, 1992.

BEZERRA, M. V. P. et al. Avaliação microbiológica e físico-química de linguiça toscana no Município de Mossoró, RN. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 79, n. 2, p. 297-300, 2012.

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

BOURNE, M. C. Texture profile analysis. **Food Technology**, Chicago, v. 32, n. 7, p. 62-66, 1978.

BRASIL. Instrução Normativa nº 60, de 23 de dezembro de 2019. Estabelece as listas de padrões microbiológicos para alimentos. Anexo 1. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 26 dez. 2019. Seção 1, p. 133

BRASIL. Ofício-circular nº 17. Definição e classificação de anomalias para fins de aplicação do artigo 175 do Decreto 9.013, de 29 março de 2017.

BRASIL. Instrução normativa nº 62, de 26 de agosto de 2003. Oficializa os Métodos Analíticos Oficiais para Análises Microbiológicas para o controle de Produtos de Origem Animal e Água. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 26 ago. 2003. Seção 1, p. 14. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegis-consulta/consultarLegislacao.do?operacao=visualizar&id=2851>> Acesso em: 29 mar. 2021.

BRASIL. Instrução normativa nº 62, de 26 de agosto de 2003. Oficializar os Métodos Analíticos Oficiais para Análises Microbiológicas para Controle de Produtos de Origem Animal e Água. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 18 set. 2003. p. 1-194.

CAMPOS, M. M. et al. Flavour perception of oxidation in beef. **Meat Science**, Champaign, v. 72, n. 2, p. 303-311, 2006.

DIAS, F. S.; SANTOS, M. R. R. M.; SCHWAN, R. F. Enumeration, identification and safety properties of lactic acidbacteria isolated from pork sausage. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 67, n. 3, p. 918-926, 2015.

HONIKEL, K. O. The water binding of meat. **Fleischwirtsch**, *s.l.*, v. 67, p. 1098-1102, 1987.

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

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

JAYAWARDANA, B. C. et al. Antioxidant and antimicrobial activity of drumstick (*Moringa oleifera*) leaves in herbal chicken sausages. **Food and Science Technology**, v. 64, p. 1204-1208, 2015.

MANTOVANI, D. et al. Avaliação higiênico-sanitária de linguiças tipo frescal após inspeção sanitária realizada por órgãos federal, estadual e municipal na região noroeste do Paraná. **Revista Saúde e Pesquisa**, Maringá, v. 4, n. 3, p. 357-362, 2011.

MARIUTTI, L. R. B.; BRAGAGNOLO, N. A. Oxidação lipídica em carne de frango e o impacto da adição de sálvia (*Salvia officinalis*, L.) e de alho (*Allium sativum*, L.) como antioxidantes naturais. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 68, n. 1, p. 1-11, 2009.

PETRACCI, M. et al. Wooden-breast, white striping, and spaghetti meat: causes, consequences and consumer perception or emerging broiler meat abnormalities. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, Chicago, v. 18, n. 2, p. 565-583, 2019.

PETRACCI, M. et al. Occurrence of white striping under commercial conditions and its impact on breast meat quality in broiler chickens. **Poultry Science**, Champaign, v. 92, n. 6, p. 1670-1675, June, 2013.

PETRACCI, M.; CAVANI, C. Muscle growth and poultry meat quality issues. **Nutrients**, Basel, v. 4, p. 1-12, 2011.

RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. M. **Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias**. 2. ed. Viçosa: UFV, 2017.

STEFANELLO, F. S. et al. Oxidative and microbiological stability of fresh pork sausage with added sun mushroom powder. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 39, n. 4, p.381-389, 2015. DOI:10.1590/S1413-70542015000400009.

WANG, X. H. et al. Effects of inoculating *Lactobacillus sakei* starter cultures on the microbiological quality and nitrite depletion of Chinese fermented sausages. **Food Control**, Guildford, v. 32, n. 2, p. 591e596, 2013.

# CAPÍTULO 4

## **CAPÍTULO 4 – Propriedades físico-químicas, sensoriais e microbiológicas de hambúrgueres fabricados com carne de peito de frangos acometidos por estrias brancas armazenado por 120 dias sob congelamento**

*R. A. Souza<sup>A,B,C</sup>, J. L. M. Mello<sup>A</sup>, F. B. Ferrari<sup>A</sup>, A. Giampietro-Ganeco<sup>A</sup>, E. N. F. Cavalcanti<sup>A</sup>, R. F. Oliveira<sup>A</sup>, M. A. Trindade<sup>B</sup>, P. A. Souza<sup>A</sup> and H. Borba<sup>A</sup>*

<sup>A</sup>Universidade Estadual Paulista–UNESP, Departamento de Tecnologia, Via de Acesso Professor Paulo Donato Castellane, s/n, Zona Rural, 14884-900, Jaboticabal, São Paulo, Brasil.

<sup>B</sup>Universidade de São Paulo – USP. Departamento de Engenharia de Alimentos, Avenida Duque de Caxias Norte, n.º. 225, 13635-900, Pirassununga, São Paulo, Brasil.

<sup>C</sup>Autor Correspondente. E-mail: [rodrigo.zootecnista@gmail.com](mailto:rodrigo.zootecnista@gmail.com)

### **Resumo**

Este trabalho teve como objetivo o aproveitamento da carne de peito de frango com diferentes graus da anomalia estrias brancas, para a produção de hambúrgueres, agregando valor ao produto final. Os hambúrgueres foram produzidos com 100% de filé de peito e pele de frangos. Foram analisados pH, cor (parâmetros L\*, a\*, b\*), oxidação lipídica, perdas de peso por cocção, redução do diâmetro, dureza, composição proximal, atividade de água, contagem microbiológica (coliformes totais e termotolerantes, *Salmonella ssp.*, *Staphylococcus aureus*, mesófilos, psicrotróficos e sulfitos redutores) e teste de aceitação sensorial. Houve diferenças significativas aos 120 dias de congelamento para as variáveis L\* (Normal: 57,75 – Severo: 52,69) e a\* (Normal: 0,67 – Severo: 0,55), perdas por cocção (Normal: 36,05% - Severo: 39,25%), redução do diâmetro (Severo: 39,25% - Normal: 36,05%), dureza (Normal: 198,26 N – Severo: 219,77 N), diminuição da umidade (Normal: 66,73% - Severo: 65,57%), aumento de lipídeos totais (Normal: 6,59% - Severo: 7,81%), e matéria mineral (Normal: 3,36% - Severo: 4,04%) e aumento da oxidação lipídica tanto quando comparados o inicial quanto e 120 dias (Normal: 0,39 para 1,33 mg MDA/kg – Severo: 0,44 para 1,24 mg MDA/kg); não houve diferença na contagem microbiológica em relação aos graus de anomalia assim como no armazenamento citado. Hambúrgueres fabricados com carnes de peito com grau severo e moderado de estrias brancas são seguramente consumíveis, nutricionalmente aceitáveis e sensorialmente agradáveis, não apresentando diferenças significativas em relação a hambúrgueres fabricados com carne de peito classificada como normal.

Palavras-chave: anomalia, análise sensorial, microbiologia, processado.

## 1. Introdução

O Brasil foi o maior exportador de frangos do mundo, em 2020, com 4.231 mil toneladas, ultrapassando EUA e União Européia, sendo que Paraná e Santa Catarina foram os estados que mais exportaram (Brasil, 2021). O consumo per capita de carne de frango no Brasil aumentou de 42,84 para 45,27 kg/hab de 2019 para 2020.

Com a procura por alimentos saudáveis junto a instabilidade econômica o consumidor procura carnes mais baratas e de fácil preparo. Tem-se também uma preocupação na seleção de produtos que contenham menos conservantes e que também tenha uma vida de prateleira que agrade o comprador. Uma pesquisa realizada no Brasil pelo Instituto Gastronômico das Américas (IGA, 2020) apontou que em 10 anos o consumo de hambúrgueres aumentou cerca de 500%.

Alguns estudos já foram realizados com processados fabricados com carnes acometidas por miopatias em peito de frango. Sanchez-Brambila et al. (2017), avaliando hambúrgueres produzidos com peito amadeirado, concluíram que as características indesejáveis da severidade da miopatia em peitos de frango foram minimizadas quando moídas para fabricação de processados. Oliveira et al. (2020) avaliaram hambúrgueres fabricados com peito de frangos em diferentes graus de peito amadeirado e concluíram que amostras de grau severo podem ser utilizadas para fabricação de hambúrgueres (assim como a carne normal) uma vez que não demonstraram diferenças sensoriais, microbiológicas e oxidativas.

No Brasil, há estudos envolvendo a utilização de carnes de peitos acometidos por estrias brancas, em hambúrgueres: Bordignon (2020) estudou diferentes graus da anomalia em *steaks* e hambúrgueres e concluiu que o uso de carnes de peito de frango acometidas pelas estrias brancas não prejudica a qualidade dos produtos, sendo alternativa de aproveitamento para as indústrias alimentícias.

O Ofício Circular Nº 17 de 2019, estabeleceu que as estrias brancas não devem ser mais consideradas uma miopatia e sim um estado anormal da musculatura (Brasil, 2017). Tendo em vista que carnes de peitos de frangos com anomalias podem ser menos atrativas e trazer prejuízos ao setor industrial (PETRACCI et al., 2011; PETRACCI et al., 2013, KUTTAPAN et al., 2012; KUTTAPAN et al., 2013) e varejo, o objetivo deste estudo é a fabricação de hambúrgueres com 100% de carnes de peito de frango, com diferentes graus de estrias brancas

e carnes sem a anomalia, com adição de pele de frango como fonte de gordura e analisar os pontos positivos e negativos da utilização destas carnes no processado.

## 2. Materiais e métodos

### 2.1 Procedimento experimental

Carnes de peito de frangos da linhagem Cobb 500 foram coletados em abatedouro comercial do estado de São Paulo. As carnes foram coletadas e classificadas, pela própria equipe do trabalho, de acordo com o grau das estriações, sendo separados pelas categorias: peitos normais, estriações moderadas e estriações severas (KUTTAPAN et al., 2012). Após a coleta, os peitos foram transportados até o LaOra (Laboratório de Análise de Alimentos de Origem Animal) onde foram submetidas a processo de moagem em disco de 4 mm, e os ingredientes misturados com a carne moída (2 batidas de 12 kg para cada grau de severidade) em misturador de carnes industrial (Becarro®), conforme formulação apresentada na Tabela 1. Posteriormente, a massa foi dividida em porções de aproximadamente 100 gramas, que foram moldadas em disco de diâmetro 15 cm. Os hambúrgueres foram armazenados separadamente dentro de embalagens seladas (Selovac 200-B, São Paulo, SP, Brasil), divididas nas três classificações, pesadas e divididas por tempo de armazenamento (dia 1, sem armazenamento e 120 dias de congelamento – 12 kg de hambúrguer para cada grau de estria – 36 kg – para dois períodos – 72 kg) e congeladas a -20 °C.

Para cada análise física e química, foram utilizados 20 hambúrgueres de cada grau de estrias brancas em ambos os períodos analíticos. Após as análises físicas foram separados 25 gramas da carne para análises microbiológicas. A massa de cada hambúrguer utilizado para as análises físicas foi colocada juntamente uma com a outra (separadas por cada grau da severidade e identificado cada pacote) formando uma mistura homogênea para análises químicas.

Tabela 1 - Formulação de hambúrgueres confeccionados com carnes de peito de frangos normais ou acometidas por diferentes graus de estrias brancas

Ingredientes	(%)
Filé de peito	87,10
Pele de frango	10,00
Cloreto de Sódio	1,50
Pasta de alho	0,30

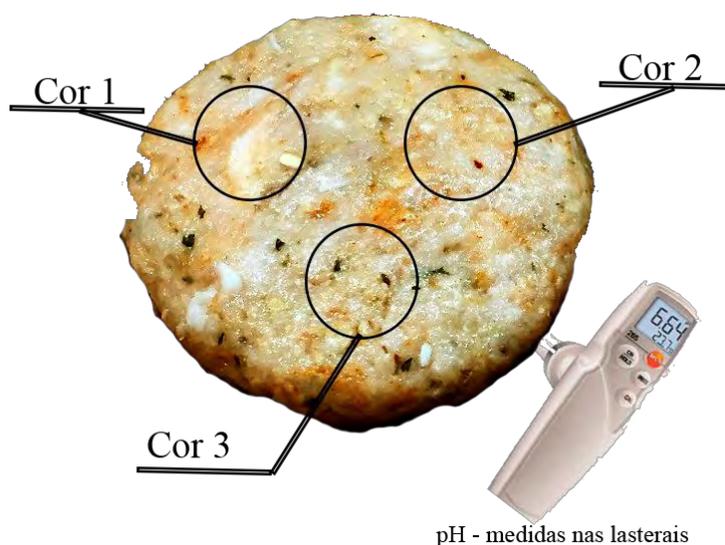
Pimenta branca moída	0,10
Antioxidante ácido cítrico	1,00
Total	100

Fonte: própria

## 2.2 Métodos analíticos

Foi realizada a análise de cor de acordo com os parâmetros da Comissão Internacional de Iluminação (*Comission Intertionale de l'éclairage*) CIE, onde L\* é a luminosidade, a\* a intensidade da cor vermelha e b\* intensidade da cor amarela, com auxílio de colorímetro Minolta CR-400 (Konica Minolta Sensing Inc., Osaka, Japan) com as seguintes configurações: iluminação difusa/0° de ângulo de visão, iluminante D65 e componente especular incluído. Os hambúrgueres foram descongelados durante 24 horas em BOD a 4°C. Em seguida, 20 hambúrgueres de cada grau de miopatia foram colocados em tábuas brancas para a medição de cor superficial em três locais distintos. As mesmas amostras foram utilizadas para aferição do pH, em três locais distintos nas laterais dos hambúrgueres (Testo 205, Testo Inc., Sparta, NJ, EUA) (Figura 1).

Figura 1 - Esquema prático das sessões utilizadas para mensurações de cor e pH



Fonte: os próprios autores.

Para a determinação das Perdas por Cocção (PPC) e encolhimento, os hambúrgueres, ainda congelados, tiveram seu diâmetro médio medido com auxílio de paquímetro digital 6” ((Marca Zaas Precision, AMATOOLS Commercial e Importadora Ltda); após, foram pesados e assados em *grill* pré-aquecido (George Foreman GBZ80). Posteriormente, os hambúrgueres foram levados às bancadas para esfriarem e liberar o restante do exsudato necessário antes da aferição do peso final. Pela diferença entre o peso inicial e final foi realizado o cálculo de PPC e os resultados expressos em porcentagem. A Redução de Diâmetro foi calculada como a diferença entre o diâmetro inicial (antes do cozimento) e final. Em seguida, as amostras foram submetidas à análise de dureza. Os hambúrgueres foram cortados com medidas aproximadas de 2,5 cm de comprimento por 2,5 cm de largura e comprimidas duas vezes até 50% de seu tamanho por uma probe de 36 mm de diâmetro (*probe* P/36R) acoplada ao texturômetro (*Texture Analyzer* modelo TAXT2i Stable Micro System).

Para realização da análise de atividade de água ( $a_w$ ), uma pequena quantidade da massa do hambúrguer (cerca de 15 g de amostra), foi inserida em duplicata nas cápsulas e estas colocadas no analisador de atividade de água (Aqualab Lite, Decagon Devices Inc.).

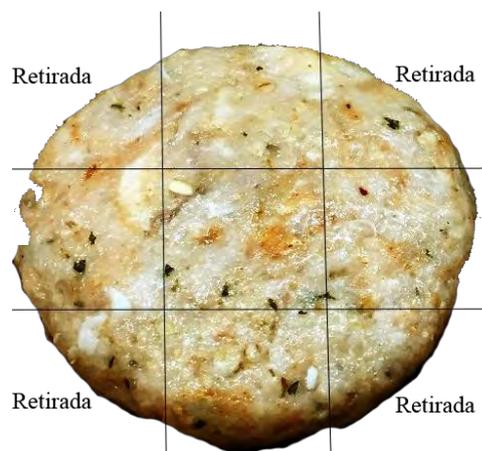
Para determinação da composição proximal, as amostras foram liofilizadas (SuperModulyo220, Thermo Fisher Scientific Inc., Waltham, MA, USA; AOAC 2011 - método 950.46). Após secas, elas foram pesadas para cálculo de matéria seca e umidade. A matéria seca foi moída em processador de alimentos convencional e a amostra processada foi pesada para análise de proteína e matéria mineral (AOAC, 2011; métodos 977.14 e 920.123), também com a amostra seca triturada foi analisada a quantidade de lipídeos totais de acordo com o método descrito por Bligh e Dyer (1959).

Para determinação da oxidação lipídica, amostras *in natura* foram utilizadas e analisadas pelo procedimento padrão de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico, expresso em MDA/kg, seguindo o método apresentando por Vynche (1970).

Testes microbiológicos foram realizados no dia inicial e no 120º dia de armazenamento dos hambúrgueres. Foram enviados 25 gramas da massa homogênea das repetições de hambúrgueres para o Laboratório de Microbiologia para contagem dos seguintes patógenos: coliformes (NMP/g), *Salmonella ssp.* (em 25g), *Staphylococcus aureus* (placas em UFC/g, prova de catalase, prova de coagulase e coloração de gram), mesófilos (UFC/g), psicrotróficos (UFC/g) e clostrídios sulfito redutores (UFC/g).

Junto ao Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), foi permitido que a análise sensorial do produto fosse realizada após cerca de uma semana de congelamento devido à espera dos resultados da microbiologia. Foram assados cerca de 30 hambúrgueres confeccionados com carnes normais e com graus moderado e severo das estriações. Os mesmos, posteriormente, foram cortados em quadrados em ‘esquema jogo da velha’, onde as bordas arredondadas foram retiradas e as demais amostras padronizadas em cinco pedaços por hambúrguer (Figura 2) e apresentadas para um total de 120 provadores que avaliaram as três amostras, separadamente, de acordo com uma escala hedônica de 1 a 9, onde 1 equivale a “Desgostei muitíssimo” e 9 “Gostei muitíssimo” (Figura 3).

Figura 2 - Sessões de cortes “jogo da velha” para padronização de cinco amostras por hambúrguer, servindo até cinco provadores não treinados



Fonte: os próprios autores

### 2.3 Análise estatística

Para as análises físico-químicas, foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 3x2 (carnes sem anomalia e com os graus moderado e severo e dois tempos de congelamento, primeiro dia e 120 dias). As médias foram analisadas pelo procedimento General Linear Models do SAS (Statistical Analysis System, 2002). A análise sensorial seguiu o mesmo procedimento sendo que os provadores (120) foram as repetições. Os resultados foram submetidos ao teste de Tukey a 5% de significância.

## 3. Resultados e discussão

### 3.1 Caracterização dos hambúrgueres no tempo inicial.

Na Tabela 1 encontram-se os valores para as análises de umidade, proteína, lipídeos, minerais e atividade de água em hambúrgueres fabricados com filé de peito de frango acometidos por diferentes graus de estrias brancas e sem estrias.

Tabela 1. Valores para composição proximal e atividade de água (aW) em hambúrgueres fabricados com carnes de peitos de frangos acometidos por diferentes graus de estrias brancas .

GS	Umidade (%)	Proteína (%)	Lipídeos (%)	Minerais (%)	aW
Normal	68,26±0,18 A	21,20±0,37	5,25±0,09 B	2,98±0,05 B	0,92±0,05
Moderado	67,83±0,18 B	21,50±0,37	6,17±0,09 A	2,95±0,05 B	0,91±0,05
Severo	68,58±0,18 A	21,56±0,37	6,46±0,09 A	3,07±0,05 A	0,91±0,05
<i>P-value</i>	0,0473	0,7630	<0,0001	<0,0001	<0,7622

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05).

Não foram observadas diferenças significativas ( $p>0,05$ ) para os parâmetros atividade de água e porcentagem de proteína. Sabe-se que carnes acometidas por grau severo de estrias brancas tendem a conter menor quantidade de proteína, tornando-as de qualidade nutricional inferior a carnes normais (PETRACCI et al., 2013). No entanto, hambúrgueres fabricados com carnes acometidas ou não, possuíam a mesma quantidade de proteína quando analisado o grau de severidade, tornando satisfatória a utilização de peitos estriados para fabricação de hambúrguer. O que complementa essa utilização é que independente da estriação, a atividade de água não se altera ( $p=0,7622$ ) o que indica a presença de estrias brancas de grau severo não favorece o crescimento microbiano. Uma vez que o processado é manipulado corretamente, em temperaturas baixas, superfícies limpas e demais boas práticas de fabricação, pode contribuir para o consumo do hambúrguer.

Obteve-se diferença significativa na quantidade de lipídeos dos hambúrgueres de diferentes graus de estrias. Carnes de peito de frango que apresentam estrias brancas contém maior quantidade de lipídeos intramuscular do que carnes sem estrias (Petracci et al., 2013); desta forma, supõe-se que hambúrgueres feitos com estas carnes, tenham uma quantidade maior de lipídeos, assim como demonstrado na Tabela 1.

### 3.2 Cor, pH, perdas por cocção, redução do diâmetro e dureza

Na Tabela 2 encontram-se os resultados das análises de coloração ( $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$ ), valor de pH, perdas por cocção, redução de diâmetro e análise de dureza de hambúrgueres fabricados

com carne de peitos de frangos acometidos pelos diferentes graus de estrias brancas. Os dados mostraram que houve diferença significativa ( $p < 0,0001$ ) para todas as variáveis do parâmetro coloração e para os parâmetros perdas por cocção ( $p = 0,0011$ ), porcentagem de retração ( $P < 0,0001$ ) e perfil de textura ( $p = 0,494$ ).

Tabela 2 - Valores para luminosidade ( $L^*$ ), intensidade de cor vermelha ( $a^*$ ), intensidade da cor amarela ( $b^*$ ), pH, análise de dureza, perdas por cocção e redução do diâmetro em hambúrgueres fabricados com carnes de peitos de frangos acometidos por diferentes graus de estrias brancas armazenados por 120 dias sob congelamento a  $-20\text{ C}$ .

	Parâmetros						
	$L^*$	$a^*$	$b^*$	pH	PPC (%)	Diâmetro (%)	DUREZA (N)
<b>GRAU DE SEVERIDADE (GS)</b>							
<b>Normal</b>	56,76±0,32	0,96±0,08	11,59±0,17	5,91±0,06 A	31,31±0,56	19,72±0,31	154,93±4,67
<b>Moderado</b>	58,30±0,32	0,92±0,08	12,32±0,16	5,93±0,06 A	34,24±0,56	20,52±0,30	158,95±4,61
<b>Severo</b>	54,90±0,32	1,36±0,08	11,79±0,16	5,79±0,06 A	36,09±0,56	22,39±0,31	160,36±4,61
<b>TEMPO DE ARMAZENAMENTO (T)</b>							
<b>Sem armazenamento</b>	56,36±0,25	1,31±0,06	10,45±0,13	5,98±0,05 A	30,68±0,44	20,79±0,24	105,82±3,70
<b>120</b>	56,95±0,26	0,81±0,06	13,35±0,14	5,77±0,05 B	37,08±0,46	20,97±0,25	210,35±3,86
<b>NÍVEIS DE SIGNIFICÂNCIA</b>							
<b>GS</b>	<0,0001	<0,0001	<0,0001	0,2317	<0,0001	<0,0001	0,66933
<b>T</b>	0,1137	0,0003	0,0088	0,0041	<0,0001	0,6201	<0,0001
<b>GSxT</b>	<0,0001	<0,0001	0,0002	0,2159	0,0011	<0,0001	0,0494

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). A - Armazenamento, GS - Grau de severidade.

Observa-se as interações demonstrando as diferenças entre hambúrgueres fabricados com carnes de peitos normais e hambúrgueres fabricados com carnes de peitos graus moderado e severo. Obteve-se valor mais alto de luminosidade e intensidade de vermelho para hambúrgueres severos, sem armazenamento, como pode ser visto na Tabela 3.

Tabela 3 - Desdobramento das interações das variáveis luminosidade ( $L^*$ ), intensidade da cor vermelha ( $a^*$ ) e intensidade da cor amarela ( $b^*$ ) de hambúrgueres fabricados com carnes de peitos de frangos acometidos por diferentes graus de estrias brancas armazenados por 120 dias sob congelamento a  $-20\text{ C}$ .

<b>Luminosidade (<math>L^*</math>)</b>			
	Normal	Moderado	Severo
Sem armazenamento	55,77±0,46 Bc	56,19±0,44 Bb	57,11±0,44 Aa
120 dias	57,75±0,46 Ab	60,41±0,46 Aa	52,69±0,46 Bc
<i>P-value</i>	<0,0001		
<b>Intensidade de vermelho (<math>a^*</math>)</b>			

	Normal	Moderado	Severo
Sem armazenamento	1,25±0,11 Ab	0,64±0,11 Bc	2,16±0,11 Aa
120 dias	0,67±0,11 Bb	1,20±0,11 Aa	0,55±0,11 Bb
<i>P-value</i>	<0,0001		
<b>Intensidade de amarelo (b*)</b>			
	Normal	Moderado	Severo
Sem armazenamento	10,45±0,24 Ba	10,27±0,23 Ba	10,62±0,23 Ba
120 dias	12,72±0,24 Ab	14,37±0,24 Aa	12,96±12,96 Ab
<i>P-value</i>	0,0002		

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05). Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem entre si pelo Teste de Tukey (P<0,05).

De acordo com a Tabela 3, observou-se que houve diferença (p<0,05) na luminosidade (L\*) quando comparados aos carnes de peitos normais aos graus moderado e severo. Provavelmente os valores mais elevados de L\* nos graus citados podem ser devido à quantidade de gordura maior em nos graus moderado e severo.

Constatou-se diminuição significativa da cor vermelha nos hambúrgueres fabricados com peitos normais e peitos com estrias brancas severas. Apesar da diferença significativa entre os tratamentos, deve-se atentar que hambúrgueres de graus moderado e severo ficam com a coloração menos avermelhada após 120 dias de armazenamento a -20 °C. Carnes que são moídas tem sua superfície de contato aumentada e se tornam mais suscetíveis à oxidação. Se hambúrgueres grau severo possuem maior quantidade de gordura e maior oxidação lipídica, mesmo com armazenamento sob congelamento pode ser explicada a redução (Ramos e Gomide, 2017).

Na Tabela 4 encontram-se os resultados para perdas por cocção, redução de diâmetro e dureza. Houve interação para os três parâmetros, indicando diferenças significativas (p<0,05) para perdas por cocção (p=0,011), porcentagem de retração (p<0,0001) e TPA (p=0,0494) entre os dois períodos e os três de tipos de hambúrgueres fabricados com carnes de peito normais e graus moderado e severo de estrias brancas. Houve aumento nas perdas por cocção, porcentagem maior da redução de diâmetro e aumento na dureza de hambúrgueres fabricados com carne de peitos severos.

Tabela 4 - Desdobramento das interações dos parâmetros perdas por cocção (PPC) e redução do diâmetro e dureza de hambúrgueres fabricados com carnes de peitos de frangos Cobb 500 acometidos por diferentes graus de estrias brancas e armazenados por até 120 dias sob congelamento a -20 C.

<b>Perdas por cocção (PPC - %)</b>			
	Normal	Moderado	Severo
Sem armazenamento	26,57±0,79 Bb	32,54±0,77 Ba	32,93±0,77 Ba
120 dias	36,05±0,81 Ab	35,94±0,81 Ab	39,25±0,81 Aa
<i>P-value</i>	0,0011		
<b>Redução do diâmetro (%)</b>			
	Normal	Moderado	Severo
Sem armazenamento	18,12±0,43 Bb	21,62±0,42 Aa	22,63±0,42 Aa
120 dias	21,33±0,43 Aa	19,42±0,44 Bb	22,15±0,44 Aa
<i>P-value</i>	<0,0001		
<b>Dureza (N)</b>			
	Normal	Moderado	Severo
Sem armazenamento	111,59±6,52 Ba	104,89±6,35 Ba	100,96±6,35 Ba
120 dias	198,26±6,70 Ab	213,01±6,70 Aa	219,77±6,70 Aa
<i>P-value</i>	0,0494		

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05). Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem entre si pelo Teste de Tukey (P<0,05).

Peitos de frangos acometidos por estrias brancas demonstram valores maiores de dureza aos 120 dias de armazenamento para os três graus de estriações, porém, peitos severos ainda apresentam maiores valores em relação a peitos que não apresentam estriações. Bordignon (2020) encontrou aumento parecido das perdas por cocção em hambúrgueres fabricados com carnes acometidas por estrias brancas quando comparados peitos normais a severos. No presente estudo, observa-se uma perda por cocção aumentada em hambúrgueres com o grau severo de estrias brancas. Como os hambúrgueres acometidos pelo grau moderado e severo perderam mais água durante a cocção eles também diminuíram seu tamanho. Observou-se também que hambúrgueres fabricados com carnes acometidas pelo grau severo tiveram maior dureza aos 120 dias de armazenamento quando comparados carnes normais e com grau moderado.

Quando comparados os dados de amostras sem armazenamento às amostras congeladas por 120 dias, houve uma maior perda por cozimento e, como consequência, maior dureza. O congelamento é a melhor forma de conservação natural de um alimento, ainda mais em alimentos que sofreram processamento; a água livre é cristalizada com o congelamento, impedindo que ela esteja disponível (MONTEIRO et al., 2012); no entanto, se a amostra possui maior quantidade de água livre cristalizada, esta será eliminada durante a cocção, explicando a diferença destas perdas aos 120 dias de armazenamento. Se no tempo inicial a amostra severa já se comporta perdendo uma quantidade significativa de água, esta, cristalizada por 120 dias, será perdida, além das perdas naturais que ocorrem com o armazenamento em forma de

congelamento. Esta perda por cocção aumentada ocasiona maior redução do diâmetro com consequente aumento da dureza, sendo que em peitos severos, as perdas foram ainda maiores assim como maior aumento da dureza ( $p < 0,05$ ).

### 3.3 Oxidação Lipídica

Na Tabela 5 estão dispostos os resultados da análise oxidação lipídica (Tbars). Observou-se aumento no valor de TBARS ( $p < 0,0001$ ) quando comparados o grau de severidade, sendo que hambúrgueres fabricados com o grau severo apresentaram maiores valores, e o tempo de armazenamento que aos 120 dias de congelamento houve também aumento significativo.

Tabela 5 - Oxidação lipídica (TBARS – mg de MDA/kg) em hambúrgueres fabricados com carnes de peitos de frangos acometidos por diferentes graus de estrias brancas armazenados por até 120 dias sob congelamento a  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

<b>Oxidação Lipídica (TBARS - mg MDA/kg)</b>	
<b>Grau de Severidade (GS)</b>	
<b>Normal</b>	0,36±0,02
<b>Moderado</b>	0,37±0,02
<b>Severo</b>	0,45±0,02
<b>Tempo de Armazenamento (T)</b>	
<b>0</b>	0,38±0,02 B
<b>120</b>	1,33±0,02 A
<b>Níveis de Significância</b>	
<b>GS</b>	<0,0001
<b>T</b>	<0,0001
<b>GSxT</b>	<0,0001

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P < 0,05$ ). T- Armazenamento, GS - Grau de severidade.

Na Tabela 6, encontra-se o desdobramento da interação grau de severidade x tempo de armazenamento para a variável oxidação lipídica em hambúrgueres fabricados com filés de peito acometidos por diferentes graus de estrias brancas e também sem estrias.

Tabela 6. Desdobramento da interação da variável oxidação lipídica (TBARS – mg de MDA/kg) em hambúrgueres fabricados com carnes de peitos de frangos acometidos por diferentes graus de estrias brancas armazenados por até 120 dias sob congelamento a -20 °C.

TBARS (MDA/KG)			
	Normal	Moderado	Severo
Sem armazenamento	0,39±0,03 Bb	0,30±0,03 Bb	0,44±0,04 Ba
120 dias	1,33±0,04 Ab	1,43±0,04 Aa	1,24±0,04 Ab
<i>P-value</i>	<0,0001		

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05). Médias seguidas por letras minúsculas diferentes na mesma linha diferem entre si pelo Teste de Tukey (P<0,05).

Observou-se um maior valor para oxidação lipídica em hambúrgueres fabricados com peitos estriados severamente neste estudo. Tal aumento pode ser explicado por carnes severas possuírem maior quantidade de lipídeos intramusculares com maiores quantidades de ácidos graxos insaturados componentes destes lipídeos (Petracci et al., 2018). Ácidos graxos de cadeia insaturada tendem a sofrer maior oxidação de lipídeos. Apesar desta diferença entre os valores de oxidação lipídica, eles ainda se encontram abaixo do necessário para produção de corpos cetônicos e percepção de ranço (Campos et al., 2006).

### 3.4 Análises Microbiológicas

Tabela 7 - Contagem total de Coliformes e *Salmonella spp.* em hambúrgueres de carnes de frangos normais e acometidos por estrias brancas armazenadas por até 120 dias

Amostras	Coliformes (NMP/g)		<i>Salmonella ssp.</i> (25g)
	Totais	Termotolerantes	
Período de Armazenamento – sem armazenamento			
<b>Normal</b>	3,0 x 10 <sup>0</sup>	< 3,0 x 10 <sup>0</sup>	Ausência
<b>Moderado</b>	< 3,0 x 10 <sup>0</sup>	< 3,0 x 10 <sup>0</sup>	Ausência
<b>Severo</b>	3,6 x 10 <sup>0</sup>	< 3,0 x 10 <sup>0</sup>	Ausência
Período de Armazenamento – 120 dias			
<b>Normal</b>	< 3,0 x 10 <sup>0</sup>	< 3,0 x 10 <sup>0</sup>	Ausência
<b>Moderado</b>	< 3,0 x 10 <sup>0</sup>	< 3,0 x 10 <sup>0</sup>	Ausência
<b>Severo</b>	<3,6 x 10 <sup>0</sup>	< 3,0 x 10 <sup>0</sup>	Ausência

Tabela 8 - Contagem total de *Saphylococcus aureus* em hambúrgueres de carnes de frangos normais e acometidos por estrias brancas armazenadas por até 120 dias

<b>Contagem de <i>Staphylococcus aureus</i></b>				
<b>Amostras</b>	<b>Contagem em Placas (UFC/g)</b>	<b>Prova da Catalase</b>	<b>Prova da Coagulase</b>	<b>Coloração de Gram</b>
Período de Armazenamento – sem armazenamento				
<b>Normal</b>	8,4 x 10 <sup>3</sup>	-	-	-
<b>Moderado</b>	< 1,0 x 10 <sup>2</sup> est	-	-	-
<b>Severo</b>	< 1,0 x 10 <sup>2</sup> est	-	-	-
Período de Armazenamento – 120 dias				
<b>Normal</b>	1,0 x 10 <sup>2</sup> est.	Negativa	Negativa	Negativa
<b>Moderado</b>	1,0 x 10 <sup>2</sup> est.	Negativa	Negativa	Negativa
<b>Severo</b>	2,0 x 10 <sup>2</sup> est.	Negativa	Negativa	Negativa

Tabela 9 - Contagem total de mesófilos, psicrotróficos e clostrídios sulfito redutores em hambúrgueres de carnes de frangos normais e acometidos por estrias brancas armazenadas por até 120 dias

<b>Amostras</b>	<b>Mesófilos (UFC/g)</b>	<b>Psicrotróficos (UFC/g)</b>	<b>C. Sulfito Redutores (UFC/g)</b>
Período de Armazenamento – sem armazenamento			
<b>Normal</b>	1,8 x 10 <sup>4</sup>	9,0 x 10 <sup>2</sup> est.	< 1,0 x 10 <sup>1</sup> est.
<b>Moderado</b>	< 1,0 x 10 <sup>2</sup> est.	8,0 x 10 <sup>2</sup> est.	< 1,0 x 10 <sup>1</sup> est.
<b>Severo</b>	< 1,0 x 10 <sup>2</sup> est.	< 1,0 x 10 <sup>2</sup> est.	< 1,0 x 10 <sup>1</sup> est.
Período de Armazenamento – 120 dias			
<b>Normal</b>	1,5 x 10 <sup>2</sup>	< 1,0 x 10 <sup>1</sup> est.	< 1,0 x 10 <sup>1</sup> est.
<b>Moderado</b>	2,0 x 10 <sup>2</sup>	< 1,0 x 10 <sup>1</sup> est.	< 1,0 x 10 <sup>1</sup> est.
<b>Severo</b>	1,5 x 10 <sup>3</sup>	< 1,0 x 10 <sup>1</sup> est.	< 1,0 x 10 <sup>1</sup> est.

De acordo com a Tabela 9 obtivemos que a contagem de *Staphylococcus aureus* para prova de coagulase, foi negativa; obteve-se, também, ausência para *Salmonella spp.*, níveis abaixo do limite de coliformes e mesófilos.

A IN 60/19 (BRASIL, 2019) estabelece padrões microbiológicos para alimentos, produtos cárneos crus à base de carne moída ou picada de aves, temperados ou não, embutidos ou não, refrigerados ou congelados (hambúrgueres, almôndegas, empanados crus de rotisseria, linguiças frescas) traz as contagens máximas de: *Salmonella spp.* (ausência em 25 g),

*Escherichia coli* (mín.  $5 \times 10^2$  máx.  $5 \times 10^3$ ) e aeróbios mesófilos (mín.  $10^5$  máx.  $10^6$ ). Os hambúrgueres, quando analisados no primeiro dia, apresentaram uma quantidade maior de bactérias psicrotróficas por estarem em temperatura levemente acima do limite de multiplicação dos microrganismos; baseando-se no intervalo encontrado das normas da *International Dairy Federation* definem que as bactérias em questão podem se multiplicar de 7 °C para menos. Porém, ao analisarmos o congelamento 120 dias, observa-se que os hambúrgueres apresentaram contagem estimada abaixo do limite, demonstrando que a eficácia do congelamento inativou os psicrotróficos. A temperatura baixa e controlada também impediu o crescimento de culturas sulfito redutoras, que podem causar deterioração do produto.

### 3.5 Análise sensorial

Na Tabela 10 encontram-se os resultados para análise sensorial de hambúrgueres fabricados a partir de carnes de frangos com graus moderado e severo de estrias brancas assim como de carnes de peito de frangos normais, previamente congelados e assados em seguida. Não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos para os parâmetros analisados ( $p < 0,05$ ).

Tabela 10 - Médias sensoriais de hambúrgueres fabricados com peitos de frangos Cobb 500 normais e peitos acometidos por diferentes graus de estrias brancas

	Normal	Moderado	Severo	P-value
Aparência	6,47±0,18	6,51±0,14	6,52±0,14	0,7441
Aroma	7,97±0,17	7,95±0,12	8,07±0,15	0,8287
Sabor	8,29±0,16	8,24±0,11	8,30±0,12	0,9455
Textura	8,04±0,14	7,98±0,16	8,01±0,12	0,8875
Aceitação global	8,02±0,14	7,95±0,16	7,98±0,12	0,8925

A análise sensorial em questão confirmou que carnes acometidas pelos graus moderado e severo de estrias brancas podem ser utilizadas para a fabricação de hambúrgueres. Constatou-se que 120 provadores que participaram do teste sensorial deram notas perto de oito para aceitação global em hambúrgueres fabricados com carne de peitos com estrias severas. São notas próximas à “gostei muito”, que significam uma satisfação com a amostra apresentada, desde a carne e processo utilizado até a forma de apresentação aos provadores não treinados.

## 4. Conclusões

Com todas as informações coletadas e resultados analisados, pode-se concluir que carnes acometidas por estrias graus moderados e severo podem ser utilizadas para confecção de hambúrgueres, o que já traz uma alternativa positiva no aproveitamento de peitos de frangos crus com estrias que seriam rejeitados visualmente pelos consumidores brasileiros. Os hambúrgueres fabricados com carne de peitos com grau moderado e severo, analisados neste estudo, podem ser comercializados até 120 dias de armazenamento assim como hambúrgueres de frangos convencionais.

### **Agradecimentos**

Os autores agradecem a Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo – (FAPESP - 2015/08471-8) pelo suporte financeiro.

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

### **5. Referências**

ABPA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. **Relatório Anual 2021**.

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

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

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**, Campinas, 2020. In Press. DOI:doi.org/10.1590/fst.16320

BOURNE, M. C. Texture profile analysis. **Food Technology**, Chicago, v. 32, n. 7, p. 62-66, 1978.

BRASIL. 2019. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa de 23 de dezembro de 2019. Estabelece as listas de padrões microbiológicos para alimentos. Anexo 1.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. (2003). Instrução normativa nº 62, de 26 de agosto de 2003. Oficializar os Métodos Analíticos Oficiais para Análises

Microbiológicas para Controle de Produtos de Origem Animal e Água. Secretaria de Defesa Agropecuária, Brasil, 1-194.

CAMPOS, M. M. et al. Flavour perception of oxidation in beef. **Meat Science**, Barking, v. 72, n. 2, p. 303-311, 2006.

DIAS, F. S.; SANTOS, M. R. R. M.; SCHWAN, R. F. Enumeration, identification and safety properties of lactic acid bacteria isolated from pork sausage. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária**, Belo Horizonte, v. 67, n. 3, p. 918-926, 2015

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

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

IGA, 2020. Instituto Gastronômicos das Américas. Disponível em: IGA | Escola de gastronomia Brasil (iga-la.com). Acesso em 14 de jun 2021.

MARIUTTI, L. R. B.; BRAGAGNOLO, N. A. Oxidação lipídica em carne de frango e o impacto da adição de sálvia (*Salvia officinalis*, L.) e de alho (*Allium sativum*, L.) como antioxidantes naturais. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v. 68, n. 1, p. 1-11, 2009

MONTEIRO, C. A. et al. The food system processing: The big issue for disease, good health, well-being. **World Nutrition**, Peacehaven, v. 3, p. 527-569, 2012.

OLIVEIRA, R. F. et al. Properties and consumer acceptance of hamburgers processed with chicken meat affected by wooden breast myopathy. **Animals**, Basel, v. 10, n. 12, art. 2330, 2020. DOI:10.3390/ani10122330.

PETRACCI, M. et al. Wooden-breast, white striping, and spaghetti meat: causes, consequences and consumer perception of emerging broiler meat abnormalities. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, Chicago, v. 18, n. 2, p. 565-583, 2019.

PETRACCI, M. *et al.* Occurrence of white striping under commercial conditions and its impact on breast meat quality in broiler chickens. **Poultry Science**, Champaign, v. 92, n. 6, p. 1670-1675, June. 2013.

PETRACCI, M.; CAVANI, C. Muscle growth and poultry meat quality issues. **Nutrients**, Basel, v. 4, p. 1-12, 2011.

RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. M. **Avaliação da qualidade de carnes: fundamentos e metodologias**. 2. ed. Viçosa: UFV.2017.

SÁNCHEZ-BRAMBILA, G.; BOWKER, B. C.; ZHUANG, H. Comparison of sensory texture attributes of broiler breast fillets with different degrees of white striping. **Poultry Science**, Champaign, v. 95, p. 2472–2476, 2016.

TIJARE, V. V. et al. Meat quality of broiler breast fillets with white striping and woody breast muscle myopathies. **Poultry Science**, Champaign, v. 95, p. 2167–2173, 2016

## **CONCLUSÃO GERAL**

Peitos de frango acometidos pela severidade de estrias brancas são inferiores nutricional e sensorialmente (no aspecto visual) quando comparados a peitos que não apresentam estrias. No entanto, a utilização de peitos acometidos pelo grau severo de estrias brancas, no processamento de hambúrgueres e linguiças é aceitável por apresentarem níveis nutricionais próximos aos fabricados com carnes de peito sem estrias. Por fim, pode-se concluir que carnes de peito de frangos acometidos por estrias brancas podem ser alternativas para utilização em linguiças e hambúrgueres por também apresentarem qualidade sensorial aceitável pelo consumidor.