

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
**CENTRO DE TECNOLOGIA**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA**  
**DE ALIMENTOS**

**THAYSE CAVALCANTE DA ROCHA**

**ESTUDO DO PERFIL SENSORIAL E DO EFEITO DO**  
**ARMAZENAMENTO À FRIO NA QUALIDADE OXIDATIVA E**  
**AROMÁTICA DE PEITOS DE FRANGO AMADEIRADO**  
*(Wooden Breast)*

**JOÃO PESSOA**  
**2022**

**THAYSE CAVALCANTE DA ROCHA**

**ESTUDO DO PERFIL SENSORIAL E DO EFEITO DO  
ARMAZENAMENTO À FRIO NA QUALIDADE OXIDATIVA E  
AROMÁTICA DE PEITOS DE FRANGO AMADEIRADO  
(*Wooden Breast*)**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal da Paraíba em cumprimento aos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciência e Tecnologia de Alimentos

**ORIENTADORA: DR.<sup>a</sup> MARTA SUELY MADRUGA**

**CO-ORIENTADOR: DR.<sup>a</sup> MARIO ESTEVEZ GARCIA**

**JOÃO PESSOA**

**2022**

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

R669e Rocha, Thayse Cavalcante da.

Estudo do perfil sensorial e do efeito do armazenamento à frio na qualidade oxidativa e aromática de peitos de frango amadeirado (Wooden Breast) / Thayse Cavalcante da Rocha. - João Pessoa, 2022.

104 f. : il.

Orientação: Marta Suely Madruga.

Coorientação: Mario Estevez García.

Tese (Doutorado) - UFPB/CT.

1. Miopatia. 2. Armazenamento refrigerado. 3. Frango amadeirado. 4. Oxidação. I. Madruga, Marta Suely. II. García, Mario Estevez. III. Título.

UFPB/BC

CDU 591.2(043)

**THAYSE CAVALCANTE DA ROCHA**

**ESTUDO DO PERFIL SENSORIAL E DO EFEITO DO  
ARMAZENAMENTO À FRIO NA QUALIDADE OXIDATIVA E  
AROMÁTICA DE PEITOS DE FRANGO AMADEIRADO  
(*Wooden Breast*)**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal da Paraíba em cumprimento aos requisitos para obtenção do título de Doutor em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Tese aprovada em 03/06/2022

**BANCA EXAMINADORA**

---



Dra. Marta Suely Madruga – Universidade Federal da Paraíba  
Orientadora



---

Dr. Mario Estevez García – Universidade de Extremadura (Cáceres/Espanha)  
Co-orientador



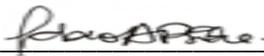
---

Dra. Adriana Lourenço - Universidade Estadual de Londrina  
Examinador Externo



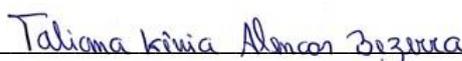
---

Dra. Mayka Reghiany Pedrão - Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Examinador Externo



---

Dr. Fabio Anderson Pereira da Silva- Universidade Federal da Paraíba  
Examinador Interno



---

Dra. Taliana Kênia Alves Bezerra- Universidade Federal da Paraíba  
Examinador Interno

*A Deus por ser essencial na minha vida, autor do meu destino, meu guia e socorro presente nas horas de angústia.*

*Ao meu pai, Aldo Monteiro, e minha mãe, Nicineide Cavalcante, e aos meus irmãos por todo o apoio e ternura.*

*Dedico*

## AGRADECIMENTOS

Em especial à Deus, por seu meu escudo, por sua presença constante em minha vida, por ter me carregado nos braços e me dado forças nas horas difíceis e por tantas bênçãos derramadas sobre mim.

Aos meus pais e meus irmãos, que são meu porto seguro, que me deram tanto apoio, amor, compreensão e que a minha chegada até aqui só foi possível depois de muita dedicação, esforços e renúncias dessas pessoas. A todos os familiares pelo apoio.

À minha orientadora Prof<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Marta Suely Madruga, pela orientação, ajuda e conhecimentos transmitidos. Ao meu co-orientador Mario Estevez Garcia, por sempre estar disponível e pela contribuição dos conhecimentos.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal da Paraíba (PPGCTA-UFPB) pela disponibilidade de sua estrutura física, coordenação, secretaria e corpo docente.

Em especial a secretária Fernanda, por sempre me alegrar com um sorriso todas as vezes que eu ia a sua procura, por sempre trabalhar com dedicação, e por sempre estar disposta a me ajudar. Você é um pessoa que eu tenho como inspiração de dedicação, de trabalho com amor, de esforço. Você tem um lugar especial no meu coração.

Agradeço a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão de bolsa.

Aos amigos do laboratório Lorena, Leila, Ana Rita, Lary, Mércia, Rebeqa, Djalma, Flávia, Deyse, Samara, Angela, Narciza, Taliana, Alida, Dayane, Gil, Jefferson, Juliana, Mariana, Simone, Thaianaly, Viviane, Vanessa, Rita e Jéssica pelo companheirismo, conversas e risos compartilhados.

Á minha amiga Bárbara Pereira, por sempre acreditar em mim, pessoa iluminada, e prova de que Deus coloca anjos em nosso caminho, muito obrigada por me ajudar a suportar as dificuldades durante a conquista de mais uma etapa na minha vida, pela amizade que é inabalável.

Ao meu amigo Emmanuel Moreira por ter acreditado em mim desde a graduação. Muito obrigada.

A minha prima, Inês Nunes, uma das minha inspirações diárias para conseguir chegar ao término desse doutorado. Meu muito obrigada!!

À professora Mônica Tejo e ao seu esposo Daniel Cassimiro, que desde a graduação, fazem parte de todas as minhas conquistas. À senhora, agradeço as horas que passou ao meu lado me ajudando, me ensinando e, acima de tudo, sendo uma pessoa com quem pude contar sempre. Você é um exemplo de dedicação e de profissional. Muito obrigado pela paciência, por sempre estar disposta a me ajudar. Obrigado por tudo!

As amigas do doutorado Aline, Elaine e Winnie, por todo suporte durante as disciplinas do mestrado e doutorado, e por me ensinarem a ser melhor a cada dia. Vocês são muito especiais.

A minha amiga Camila Veríssimo, muito obrigada por me ajudar nessa jornada, escutar meus choros, meus desabafos dessa vida acadêmica. Por ser minha família em João Pessoa, por me apresentar com a benção de participar da sua família. Esse título também é seu!!

E em conjunto agradeço aos amigos Welington, Jaise e Gabryela por serem os meus amigos verdadeiros/irmãos que ganhei nessa jornada em João Pessoa-Bayeux.

A banca examinadora por aceitar o convite e contribuir para com esse trabalho.

Por fim, quero deixar meu agradecimento a todos, pois saibam só foi possível à conclusão deste trabalho porque teve a participação de cada um. Muito obrigada a todos por darem sua parcela de contribuição pra meu crescimento e amadurecimento pessoal e acadêmico.

## RESUMO

Esta pesquisa envolveu a realização de dois experimentos distintos, aprofundando os conhecimentos científicos sobre esta miopatia. O primeiro experimento teve como objetivo investigar o impacto desta miopatia na percepção do consumidor brasileiro, avaliando-se a aceitabilidade hedônica e a intenção de compra de peitos de frango normais e afetados por diferentes graus de Wooden Breast (WB), em condições sem informação sobre a miopatia WB vs com informação sobre a miopatia, utilizando-se os cenários presencial vs online. Para tanto, peitos de frango com miopatias WB moderado (WBM), WB severo (WBS) e normal (N) foram avaliados. O segundo experimento objetivou investigar o efeito do armazenamento refrigerado e congelado na qualidade físico-química, oxidativa, sensorial e no perfil de voláteis de peitos WBS e N. Um total de 15 peitos WBS e 15 peitos Normal foram utilizados neste experimento. Os peitos após seleção e classificação foram armazenados sob refrigeração (-1 °C) e congelamento (-18 °C). Os resultados mostraram que a condição contendo a informação sobre a miopatia, ou não sem a informação, não afetou a percepção do consumidor/participante sobre a aceitabilidade e intenção de compra dos peitos WBS, WBM e N; diferentemente das condições de cenário, presencial ou online. Amostras de peito N apresentam escores maiores em ambos os testes no cenário presencial, fato não observado quando as amostras foram avaliadas no cenário online. Nesta situação as amostras WBM foram mais bem aceitas e não apresentaram diferenças em relação às amostras peitos N quanto à intenção de compra. Conforme esperado, peitos WBS exibiram menor teor de proteína e maior teor de lipídios e umidade em comparação com N. Em relação ao tipo de armazenamento, observou-se que a oxidação lipídica de carnes WBS não foi impactada no congelamento, já os níveis de TBARS e WOF dos peitos WBS foram afetados no armazenamento sob refrigeração. No entanto, o teor de carbonilas proteicas totais foi significativamente impactado pelo armazenamento sob refrigeração (aumento de 30%) e congelamento (aumento de 140%). Independente do tipo de armazenamento, carnes WBS foram mais oxidadas (lipídios e proteínas) em comparação com a carne Normal. O tipo de armazenamento e o tempo teve efeito significativo na formação volátil de peitos de frango WBS e N quando armazenados sob refrigeração e congelamento, com maior efeito em peitos com miopatia WBS. Peitos WBS refrigerados e congelados apresentaram decréscimo na intensidade do aroma de “frango fresco” ao término do armazenamento; no entanto, aromas descritos negativamente (“estranho”, “rançoso” e “aroma de peixe”) não afetaram a qualidade dos filé de frango WBS e N ao longo do armazenamento sob frio. Este estudo confirmou o impacto negativo na qualidade da carne WBS, principalmente

nos níveis de oxidação e qualidade aromática, indicando que esta condição está relacionada ao estresse oxidativo, possivelmente resultando em alterações que podem ser consequências da miopatia. Estudos futuros são necessários para avaliar a perda/degradação de lipídios e proteínas devido à oxidação, além da mudança aromática em carne com miopatia.

**Palavras-chave:** Amadeirado, Armazenamento, Headspace, Consumidor, Frio, Miopatia, Oxidação, Carbonilas, Volateis.

## ABSTRACT

This research involved two distinct experiments, furthering the scientific knowledge about this myopathy. The first experiment aimed to investigate the impact of this myopathy on Brazilian consumers' perception, evaluating the hedonic acceptability and purchase intention of normal chicken breasts and chicken breasts affected by different degrees of Wooden Breast (WB), under conditions with no information about the WB myopathy vs. with information about the myopathy, using face-to-face vs. online scenarios. For this purpose, chicken breasts with moderate (WBM), WB severe (WBS) and normal (N) WB myopathies were evaluated. The second experiment aimed to investigate the effect of refrigerated and frozen storage on the physicochemical, oxidative, sensory quality and volatile profile of WBS and N breasts. A total of 15 WBS and 15 Normal breasts were used in this experiment. The breasts after selection and grading were stored under refrigeration (-1 °C) and freezing (-18 °C). The results showed that the condition containing the information about the myopathy, or not without the information, did not affect the consumer/participant perception on the acceptability and purchase intention of WBS, WBM and N breasts; unlike the scenario conditions, face-to-face or online. N breast samples show higher scores in both tests in the face-to-face scenario, a fact not observed when the samples were evaluated in the online scenario. In this situation WBM samples were better accepted and showed no differences compared to N breast samples in terms of purchase intention. As expected, WBS breasts exhibited lower protein content and higher lipid and moisture content compared to N. Regarding storage type, it was observed that lipid oxidation of WBS meats was not impacted by freezing, whereas TBARS and WOF levels of WBS breasts were impacted by cold storage. However, total protein carbonyl content was significantly impacted by cold storage (30% increase) and freezing (140% increase). Regardless of storage type, WBS meats were more oxidized (lipids and proteins) compared to Normal meat. Storage type and time had a significant effect on volatile formation of WBS and N chicken breasts when stored under refrigeration and freezing, with a greater effect on WBS myopic breasts. Chilled and frozen WBS breasts showed a decrease in the intensity of the "fresh chicken" aroma at the end of storage; however, aromas described negatively ("strange", "rancid" and "fishy aroma") did not affect the quality of WBS and N chicken fillets throughout cold storage. This study confirmed the negative impact on WBS meat quality, especially on oxidation levels and aromatic quality, indicating that this condition is related to oxidative stress, possibly resulting in changes that may be consequences of myopathy. Future studies are needed to evaluate the loss/degradation of lipids and proteins due to oxidation, in addition to the aromatic change in meat with myopathy.

**Key-words:** Carbonyls, Consumer, Cold, Headspace, Myopathy, Oxidation, Storage, Volatiles, Wooden Breast.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> - Miopatia com Wooden Breast (amadeirado) em peito de frango: 1) Músculo <i>Pectoralis major</i> de frango de corte, controle, macroscopicamente normal; 2) Músculo <i>Pectoralis major</i> de frango de corte, peito amadeirado, pálido e coberto com fluido viscoso claro, com protuberância na extremidade caudal do músculo (seta) e há petéquias multifocais .....	17
<b>Figura 2</b> - Representação esquemática das possíveis etiologias e mecanismos que levam ao desenvolvimento de listras brancas (WS), peito de madeira (WB), e anormalidades da carne de espaguete (SM).....	19

### ARTIGO 1

<b>Figure 1</b> - Coded images used for online questionnaires.....	51
<b>Figure 2</b> - Frequency distribution histogram of acceptability for N, WBM, and WBS chicken breasts .....	53
<b>Figure 3</b> - Frequency distribution histogram of purchase intention for N, WBM, and WBS chicken breasts.....	53

### ARTIGO 2

<b>Figure 1</b> – Pectoralis major muscle sampling sites.....	58
<b>Figure 2</b> – Changes on moisture (A, B), pH (C, D) and shear force (E, F) contents during cold storage (refrigeration and freezing) of WBS and N chicken breasts.....	59
<b>Figure 3</b> – Evolution of instrumental lightness ( $L^*$ ), redness ( $a^*$ ) and yellowness ( $b^*$ ) of cranial (A, B, C) and caudal (D, E, F) regions during cold storage under refrigeration of WBS and N chicken .....	60
<b>Figure 4</b> - Evolution of instrumental lightness ( $L^*$ ), redness ( $a^*$ ) and yellowness ( $b^*$ ) of cranial (A, B, C) and caudal (D, E, F) regions during frozen storage of WBS and N chicken breasts. ....	61
<b>Figure 5</b> - Evolution of lipid (A, B, C) and protein (D, E) oxidation during cold storage under refrigeration of WBS and N chicken breasts. Note: A, B and C – lipid oxidation; D and E – protein oxidations. ....	62
<b>Figure 6</b> - Evolution of lipid (A, B, C) and protein (D, E) oxidation during frozen storage of WBS and N chicken breasts. ....	63

### ARTIGO 3

<b>Figura 1</b> – Análise de componentes principais dos descritores sensoriais e compostos voláteis da carne de peitos de frango (WBS e N) crua armazenada sob refrigeração e congelamento.....	91
<b>Figura 2</b> – Cluster hierárquico e mapa de calor aplicado ao perfil volátil da carne de peitos de frango (WBS e N) crua armazenada sob refrigeração .....	94
<b>Figura 3</b> - Cluster hierárquico e mapa de calor aplicado ao perfil volátil da carne de peitos de frango (WBS e N) crua armazenada sob congelamento.....	95

## LISTA DE TABELAS

### ARTIGO 1

<b>Table 1</b> - Instrumental colour and texture results of N and WB chicken breasts. ....	51
<b>Table 2</b> - Acceptability and purchase intention results for BI and AI conditions for the different types of chicken breasts and scenarios. ....	52

### ARTIGO 3

<b>Tabela 1</b> - Classes de compostos volateis (ng.100g-1)* em carne de peito de frango Normal (N) e Wooden Breast Severo (WBS) crua armazenada sob refrigeração e congelamento.....	74
<b>Tabela 2</b> - Perfil de compostos voláteis (ng.100g-1)* em carne de peito de frango Normal (N) e Wooden Breast Severo (WBS) crua armazenada sob refrigeração.....	77
<b>Tabela 3</b> - Perfil de compostos voláteis (ng.100g <sup>-1</sup> )* em carne de peito de frango Normal (N) e Wooden Breast Severo (WBS) crua armazenada sob congelamento.....	82
<b>Tabela 4</b> - Pontuações de odor sensoriais descritivas * do efeito do tempo e miopatia na carne de peito de frango crua armazenada sob refrigeração e congelamento.....	89

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>13</b>
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>15</b>
2.1 PRODUÇÃO E CONSUMO DE CARNE DE FRANGO .....	15
2.2 EVOLUÇÃO DO MERCADO DE CARNE DE FRANGO NO BRASIL.....	16
2.3 MIOPATIA PEITO AMADEIRADO (WOODEN BREAST - WB).....	17
2.4 IMPACTO DA MIOPATIA WB NA QUALIDADE DA CARNE DE FRANGO .....	20
2.5 PROPRIEDADES SENSORIAIS E PERCEPÇÃO DO CONSUMIDOR SOBRE CARNE DE FRANGO WB .....	22
2.6 ARMAZENAMENTO SOB FRIO: RESFRIAMENTO E CONGELAMENTO DE CARNE DE FRANGO .....	24
<b>2.7 ASPECTOS DE OXIDAÇÃO LIPÍDICA, PROTEICA, PERFIL DE VOLATEIS E SENSORIAL EM CARNE DE FRANGO.....</b>	<b>25</b>
<b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>26</b>
3.1 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL .....	26
3.2 EXPERIMENTO 1 - COMPORTAMENTO DO CONSUMIDOR EM RELAÇÃO AOS PEITOS DE FRANGO AFETADOS COM MIOPATIA (WOODEN BREAST): TESTES FACE A FACE VS TESTES ONLINE.....	26
<b>3.2.1 Caracterização física dos peitos WBM, WBS e N.....</b>	<b>27</b>
<b>3.2.2 Avaliação sensorial dos peitos WBM, WBS e N.....</b>	<b>27</b>
3.3 EXPERIMENTO 2 - DANOS OXIDATIVOS, PERFIL SENSORIAL E DE VOLATEIS EM PEITOS DE FRANGO COM MIOPATIA WB SEVERA ARMAZENADOS SOB REFRIGERAÇÃO ( $\pm 1$ °C) POR 14 DIAS E CONGELAMENTO ( $\pm -18$ °C) POR 90 DIAS.....	30
<b>3.3.1 Seleção de peitos de frango Wooden Breast Severo e Normal.....</b>	<b>30</b>
<b>3.3.2 Caracterização físico-química .....</b>	<b>30</b>
<b>3.3.3 Dano oxidativo.....</b>	<b>31</b>
<b>3.3.4 Perfil volátil .....</b>	<b>32</b>
<b>3.3.5 Sensorial.....</b>	<b>33</b>
<b>3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....</b>	<b>34</b>
<b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>47</b>
<b>5 CONSIDERAÇÕES FINAIS .....</b>	<b>100</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Em um contexto mundial de aumento populacional e de consumo, a produção e oferta de carne de frango tem crescido consideravelmente nas últimas décadas, atingindo em 2020 valores de 119 milhões de toneladas (FAO, 2020). O Brasil, maior exportador de carne de frango, assumiu esta liderança em 2003, sendo atualmente o terceiro maior produtor de carne de frango, onde Estados Unidos e China detém a liderança (ABPA 2004; 2021). Em 2020, as exportações de carne de frango brasileira totalizaram 4,231 milhões de toneladas, observando-se um consumo per capita de 45,27 kg.hab<sup>-1</sup> (ABPA, 2021).

O sucesso da produção e exportação da carne de frango advém de medidas adotadas pela indústria avícola que satisfazem as necessidades do mercado; tais como a intensa seleção genética para características de produção economicamente importantes, produção de aves com alta taxa de crescimento, maior taxa de conversão alimentar e sanidade, otimização na produção da carne, maior rendimento de peito e coxa, redução de gordura abdominal, excelente fonte proteica e de outros nutrientes (TIJARE et al., 2016).

No entanto, a seleção genética levou ao surgimento de alterações patológicas nos músculos das aves, as chamadas miopatias, dentre elas tem-se a miopatia que afeta o o músculo do peito de frango, denominada de peito amadeirado (“Wooden Breast” - WB). Esta miopatia é caracterizada pela presença de dureza severa e palpável no músculo *Pectoralis major*, impactando negativamente a aceitação do peito pelo consumidor, quanto a qualidade da carne.

Carvalho et al. (2020) pesquisando a incidência de miopatias em abatedouros do nordeste do Brasil, reportaram que a ocorrência dessa miopatia foi agravada por idade de abate. Entretanto, aves em idade jovem (4-5 semanas) são capazes de desenvolver miopatia WB, embora com menor percentual de ocorrência, observando-se graus mais leves dessa miopatia em comparação com aves com idade mais avançada de abate. Xing et al. (2020) relatam que a proporção acometida pelo Wooden Breast na China, foi de aproximadamente 61,9%.

De acordo com Thanatsang et al., (2020) o aumento das fibras musculares na miopatia WB provoca um suporte de oxigênio insuficiente e com isso ocorre o acúmulo de espécies reativas de oxigênio (ROS), os quais reagem com proteínas e lipídios. Soglia et al. (2018) e Xing et al. (2021) observaram que músculos afetados pela miopatia WB

exibiram maiores valores de oxidação lipídica, e Thanatsang et al. (2020), Pan et al. (2021) e Xing et al. (2021) relataram que o conteúdo de carbonilas foram maiores em amostras de peito de frango amadeirado do que no peito normal.

A miodegeneração do WB resulta em alterações na aparência, textura e, conseqüentemente, na percepção sensorial e na intenção de compra dos consumidores (ZANETTI et al., 2018; PETRACCI et al., 2019). Xing et al. (2020) avaliaram a aceitabilidade de peitos de frango WB crus e, como resultado, os graus moderado e severo obtiveram escores mais baixos para aparência. No entanto, existem poucos estudos sobre as respostas hedônicas ao peito de frango WB, e o impacto da conscientização dos consumidores sobre essa miopatia é totalmente ignorado.

O armazenamento a uma temperatura resfriada estende a vida útil da carne de frango em aproximadamente uma semana (JIMÉNEZ et al., 1997), enquanto a carne de frango congelada, armazenada a temperatura inferior a  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ , tem uma vida útil prolongada entre 7-18 meses (AUGUSTYNSKA-PREJSNAR, ORMIAN, & SOKOLOWICZ, 2018; TAUB & SINGH, 1998). No entanto, observa-se uma preferência maior do consumidor por carne de frango resfriada em comparação à carnes congeladas. Fato este justificado pela percepção de que carne resfriada trata-se de um produto mais fresco, menos processado e mais conveniente para cozinhar (STONEHOUSE E EVANS, 2014).

Em revisão de literatura observou-se que estudos sobre o processo de oxidação em carne WB resfriada e congelada não tem sido conduzidos e há carência de informações, e se fazem necessários para compreender o impacto do armazenamento à frio na oxidação dos lipídios e proteínas e no perfil de voláteis e indicar um melhor armazenamento e conseqüentemente aproveitamento da carne WB.

Logo, os objetivos deste estudo foram: i) Estudar a aceitabilidade hedônica e a intenção de compra dos consumidores de peito de frango acometidos pela miopatia WB em diferentes cenários; ii) Estabelecer a qualidade da carne de peito de frango WB severo armazenada sob condições de refrigeração ( $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) e congelamento ( $\pm -18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), enfocando-se os aspectos de oxidação lipídica e proteica; iii) Avaliar as mudanças na qualidade dos voláteis e sensorial em peito de frango em decorrência da miopatia WB, quando submetido ao armazenamento sob condições de refrigeração ( $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) e congelamento ( $\pm -18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 PRODUÇÃO E CONSUMO DE CARNE DE FRANGO

Nos últimos anos, a crescente demanda mundial por carne de frango resultou em altos índices de produção. No período de 2000 à 2018, a produção mundial de carne de frango teve um incremento de 67,7 milhões de toneladas para 127,3 milhões de toneladas, resultando em um aumento de 46% na produção. Embora no ano de 2018 tenha-se observado expansão da produção de carne de frango nos Estados Unidos da América, na União Europeia, Índia e China, registrou-se quedas na produção no Brasil e na Argentina (FAO, 2019).

Após a queda na produção em 2018, o Brasil se recuperou e no ano de 2021 produziu 14,329 milhões de toneladas de carne de frango, se consolidando como terceiro produtor mundial, com 67% dessa produção destinado para o mercado interno e 32 % às importações (ABPA, 2020). O Estado do Paraná se apresenta como o maior produtor, seguido por Santa Catarina e Rio Grande do Sul, e na região Nordeste, o Pernambuco apresenta a maior produção. Projeções da Faostat indicam que a disponibilidade da carne de frango deve crescer 17,8 % até 2030 (FAO, 2021).

O Brasil apresenta um consumo anual per capita de carne de frango de 42,84 kg.hab<sup>-1</sup> (ABPA, 2020). O Ministério da Agricultura projetou o crescimento anual para o consumo da carne de frango no período 2019/20 a 2029/2030 de 13,3 milhões de toneladas. Supondo a população total projetada em 215,0 milhões de pessoas em 2028, segundo o IBGE, tem-se ao final das projeções um consumo de 61,8 kg.hab<sup>-1</sup> (BRASIL, 2020).

Observa-se também que o consumo de carne de frango vem mudando em países de baixa renda, o que reflete o preço mais baixo da carne de aves em comparação com outras carnes; paralelamente em países de renda mais elevada, tem-se uma maior preferência por carnes brancas, pois são mais convenientes de preparar e consideradas como mais saudáveis na escolha alimentar; conseqüentemente espera-se que a carne de frango represente 41 % de toda a proteína consumida mundialmente como de fonte animal até 2030 (FAO, 2021).

## 2.2 EVOLUÇÃO DO MERCADO DE CARNE DE FRANGO NO BRASIL

Na década de 1950, iniciou-se a criação de aves no Brasil, a partir da produção familiar de subsistência, surgindo então a aceitação pelos consumidores de aves abatidas e prontas para o consumo (RODRIGUES et al., 2014).

Em consequência dessa aceitação, várias empresas se especializaram no processo de produção de frango, surgindo a cooperação e integração entre frigoríficos e criadores de frango, onde os criadores recebiam insumos, assistência tecnológica e todo o fornecimento de material necessário para a atividade com ganhos de produtividade, e como resultado a indústria recebia toda a produção de frangos, e ambos lucravam (DE ZEN et al. 2014; PEREIRA et al., 2019). A partir de 1990, evidenciou-se a importância para o aumento das exigências sanitárias e com isso as tecnologias foram associadas as instalações e equipamentos utilizados na produção das aves (SCHMIDT E SILVA, 2018).

A crescente demanda pelos produtos avícolas e as exigências dos mercados têm levado à uma intensa pressão em todos os setores da cadeia produtiva das aves, objetivando aumentar a taxa de crescimento, a eficiência alimentar, o status sanitário e a sustentabilidade das aves (BASSI E SILVA, 2017). Avanços em pesquisa e tecnologia sobre material genético e insumos, trouxeram resultados que estão estreitamente ligados ao capital internacional (SORJ, POMPERMAYER E CORADINI, 2008). Em soma, as tendências atuais consistem na utilização de sensores inteligentes, biocompatíveis, protocolos, sistemas de informações gerenciais, dentre outros instrumentos modernos aplicados à produção animal. Diante deste contexto, inúmeras pesquisas estão sendo realizadas para que o quanto antes essas ferramentas sejam disponibilizadas e utilizadas comercialmente (BASSI E SILVA, 2017).

O objetivo dessas melhorias genéticas é produzir carcaças bem desenvolvidas com menor percentagem de gordura e maior percentual (peso) de cortes nobres como peito, coxa e sobre coxa (MACHUCA, 2013). Como resultado dessa seleção genética voltada a um maior rendimento de peito de frango e uma alta taxa de crescimento, pode ter atrelado respostas correlacionadas como indesejáveis, ou seja o aparecimento e a ocorrência de novas miopatias, a exemplo da miopatia denominada de peito amadeirado ou “Wooden Breast/WB” na língua inglesa (ALNAHHAS et al., 2016; VAYEGO et al., 2014).

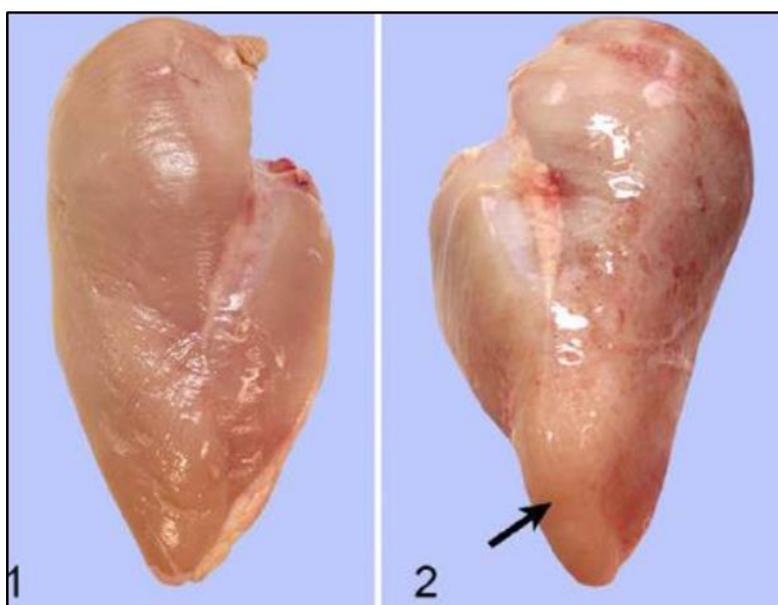
### 2.3 MIOPATIA PEITO AMADEIRADO (WOODEN BREAST - WB)

No período de 1957 a 2005, o ganho de peso corporal das aves quadruplicou, com uma redução simultânea de 50% na taxa de conversão alimentar e um aumento de 79% no peso do músculo *Pectoralis major* de frangos machos e 85% de frangos fêmeas (ZUIDHOF et al., 2014).

O melhoramento genético levou ao surgimento de anormalidades nos músculos do peito de frango, como por exemplo, a Wooden Breast.

Wooden breast (WB) é uma miopatia que foi inicialmente descrita por Sihvo et al. (2014) como sendo um problema emergente observado em frangos de corte, que caracteriza-se com áreas endurecidas (palpavelmente firme), ligeiramente protuberantes e claras, com hemorragia e exsudato dependendo do grau de acometimento. Uma fina camada de material transparente/ligeiramente turvo na superfície também pode ser encontrada no peito madeira (SIHVO et al., 2014). Essa rigidez pode ser localizada, de forma que o músculo apresente consistência rígida em pontos específicos, enquanto outras áreas têm consistência normal, ou difusa, em que se estende por todo o peito (SIHVO et al., 2018). Além disso, os peitos de frangos apresentam abaulamento na região cranial e protuberância na região caudal (Figura 1).

**Figura 1-** Miopatia com Wooden Breast (amadeirado) em peito de frango: 1) Músculo *Pectoralis major* de frango de corte, controle, macroscopicamente normal; 2) Músculo *Pectoralis major* de frango de corte, peito amadeirado, pálido e coberto com fluido viscoso claro, com protuberância na extremidade caudal do músculo (seta) e há petéquias multifocais.



Fonte: Sihvo et al., (2014).

As lesões causadas pelo WB, podem ser detectadas clinicamente nas aves vivas a partir da terceira semana de idade, através da palpação manual do músculo do peito dos animais (MUTRYN et al., 2015). No entanto, Sihvo et al. (2017, 2018) identificaram que casos de Wooden Breast, podem se desencadear em aves jovens, sendo uma lesão focal com início em aves com duas semanas de idade e progredindo em 5 a 6 semanas numa fase crônica e difusa afetando todo o músculo peitoral maior. Durante o período de crescimento, as aves afetadas não exibem sinais clínicos (SIHVO et al., 2014; DE BROT et al., 2016; SIHVO et al., 2017).

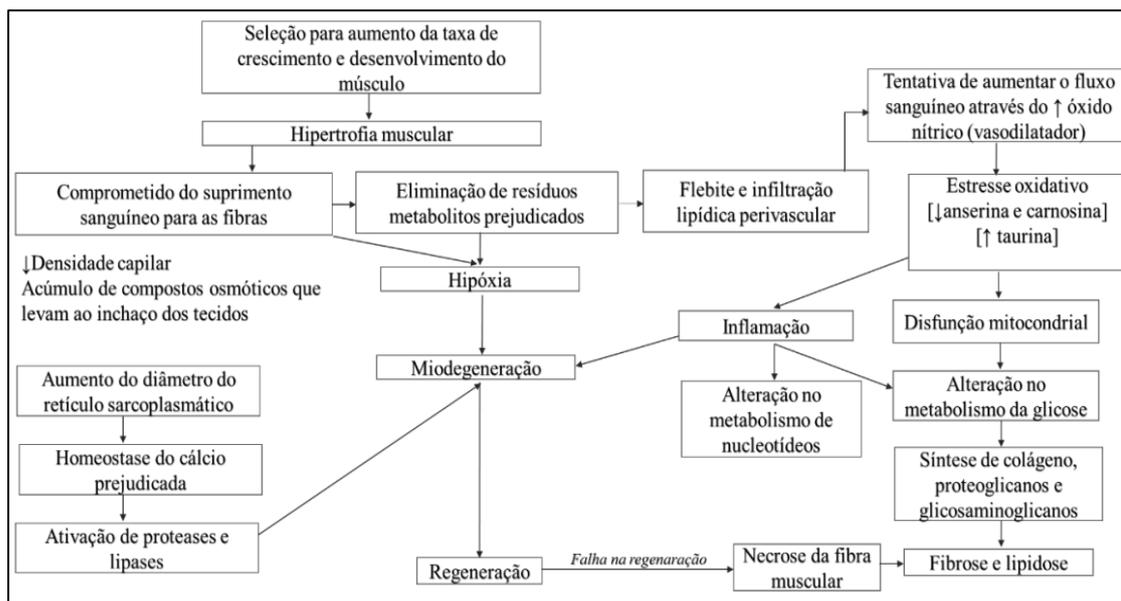
De acordo com Joiner et al. (2014) a evolução genética proporcionou um exacerbado crescimento das miofibras, prejudicando a marginalização dos capilares para a troca gasosa e aumento da distância de difusão de oxigênio e vários metabólitos, desencadeando um processo isquêmico muscular. Sendo essa uma das explicações para a grande maioria das linhagens de frangos de corte apresentarem maior incidência da miopatia de peito amadeirado (WB) (PETRACCI E CAVANNI, 2012).

Carvalho et al. (2020) reportaram que a ocorrência dessa miopatia foi agravada por idade de abate, mesmo em idade jovem (4-5 semanas) as aves são capazes de desenvolver miopatia WB, embora com menor percentual de ocorrência e apresentando graus mais leves dessas miopatias em comparação com aves de idade mais avançada de abate.

A avaliação da miopatia é destinada por pontuação, entretanto realizada de forma rudimentar. A metodologia consiste na avaliação tátil, observando a dureza do filé de peito, sendo esta realizada por uma pessoa treinada. As pontuações variam de 0 a 3 com base em Carvalho et al. (2020). Sendo o grau: 0 = filés flexíveis em toda parte (normal), 1 = filés duros principalmente na região cranial, mas flexíveis (leve); 2 = filés duros em toda parte, mas flexíveis na região média a caudal (moderado); 3 = filés extremamente duros e rígidos desde a região cranial até a ponta caudal (grave).

A causa da condição WB ainda não foi totalmente esclarecida, porém Petracci et al. (2019) propuseram uma representação esquemática que leva ao melhor entendimento dos mecanismos dessa condição (Figura 2).

**Figura 2** – Representação esquemática das possíveis etiologias e mecanismos que levam ao desenvolvimento de listras brancas (WS), peito de madeira (WB), e anormalidades da carne de espagete (SM).



Fonte: Adaptado de Petracci et al., (2019).

A principal rota seria o suprimento prejudicado de oxigênio causado pelo rápido crescimento e desenvolvimento do músculo peitoral maior nas aves, levando ao acúmulo de resíduos metabólicos e estiramento excessivo do músculo devido ao crescimento rápido sustentado do músculo esquelético e consequente marginalização vascular (KUTTAPPAN et al., 2013; MUDALAL et al., 2015; DALLE ZOTTE et al., 2017; LILBURN et al., 2018). A própria fisiologia do músculo peitoral maior deve ser levada em consideração, visto que seu alto desenvolvimento pode comprimir a artéria peitoral, diminuindo mais ainda a oxigenação e transporte de nutrientes para o músculo (PETRACCI et al., 2019).

O músculo do peito é composto principalmente de fibra glicolítica de contração rápida (tipo IIB) que metaboliza glicogênio e glicose em lactato. O lactato não pode ser removido pelo suprimento sanguíneo prejudicado e, portanto, é retido no músculo levando a danos musculares (VELLEMAN et al., 2003; MUTRYN et al., 2015).

Simultaneamente, observa-se que a remoção dos resíduos metabólicos pode ser prejudicado pela falta de oxigenação e assim leva ao inflamação dos vasos sanguíneos (flebite) e infiltração lipídica perivascular (PAPAH et al., 2017; SIHVO et al., 2017). Além disso, indisponibilidade de oxigênio e a remoção de resíduos metabólicos prejudicadas leva ao acúmulo de espécies reativas de oxigênio (ROS) dentro do músculo (THANASANG et al., 2020). Se as ROS não forem removidas adequadamente pelo

sistema antioxidante, há um desequilíbrio entre oxidantes e antioxidantes, o que é conhecido como estresse oxidativo (VOLJČ et al., 2011; PANDA e CHERIAN, 2014). Em uma tentativa de superar o estado de hipóxia, o tecido muscular aumenta o fluxo sanguíneo, porém isso leva também ao desenvolvimento do estresse oxidativo devido ao acúmulo de óxido nítrico, gerando dilatação dos vasos sanguíneos, resultando com a inflamação e degeneração do tecido muscular (BOERBOOM et al., 2018).

Quando a miodegeneração ultrapassa a capacidade regenerativa do músculo, alteração dos nucleotídeo e metabolismo de carboidratos são observados (ABASHT et al., 2016; PAPAHA et al., 2018; ZAMBONELLI et al., 2016) e, finalmente, resultar na fibrose e na lipidose.

Algumas alterações ultra-estruturais precoces associadas à ocorrência das miopatias como dilatação do retículo sarcoplasmático, vacuolização e hiperplasia mitocondrial são induzidas por desequilíbrios osmóticos resultantes da hipóxia e miodegeneração (SIHVO et al., 2018).

A miodegeneração e degradação das proteínas resulta da ativação das proteases e lipases onde essa ativação foi provocada pela homeostase do cálcio prejudicada (PETRACCI et al., 2015; ZAMBONELLI et al., 2016; BOERBOOM et al., 2018; MUTRYN et al., 2015).

Várias reações biológicas complexas e processos regenerativos ocorrem visando aliviar a inflamação e limitar a apoptose celular e necrose tecidual (PETRACCI et al., 2017).

Estudos sobre sequenciamento de RNA em aves afetadas pelas miopatias estabeleceram perfil característico de expressão gênica para as aves. Mutryn et al. (2015) sugeriram que a hipóxia muscular, estresse oxidativo (ocasionado pela degeneração muscular) e níveis aumentados de cálcio intracelular são fatores contribuintes para a miopatia WB.

Schilling et al. (2017) relatam que pesquisas precisam ser conduzidas para elucidar as vias bioquímicas e a expressão genética na diferenças que existem no peito WB, principalmente entre raças, em animais vivos e após o abate, para avaliar o impacto na genética e nos mecanismos bioquímicos na produção de carne WB.

#### 2.4 IMPACTO DA MIOPATIA WB NA QUALIDADE DA CARNE DE FRANGO

A condição WB impacta negativamente a qualidade e as propriedades funcionais da carne, quando comparados com peitos de frango normal. Filés WB apresentam menor capacidade de retenção de água, composição química diferenciada, além de comprometimento na funcionalidade das proteínas (SOGLIA et al., 2016a, PETRACCI et al., 2019).

O estabelecimento da miopatia Wooden Breast resulta em peitos com alterações musculares, dentre as quais se citam mudanças nas características histológicas, isto é: variabilidade do tamanho das fibras, degeneração e necrose da fibra muscular, vasculite linfocítica, lipidose, além de fibrose ou acúmulo intersticial de tecido conjuntivo extensivamente reticulado (SIHVO et al., 2018; VELLEMAN e CLARK, 2015; VELLEMAN et al., 2018).

A degeneração da fibra muscular e as alterações resultantes na composição do músculo resultam em mudanças nas propriedades tecnológicas, que são severamente prejudicadas, pois refletem em baixos rendimentos durante o processamento dessas carnes, redução na capacidade de retenção de água e mudanças texturais (MUDALAL et al., 2015; SOGLIA et al., 2016b; KUTTAPPAN et al., 2017; BOWKER et al., 2018; DALGAARD et al., 2018).

A capacidade de reter água é determinada por uma série de estruturas físicas e componentes químicos da carne de frango (ou seja, diâmetro e densidade das fibras musculares e a integridade do tecido conjuntivo, bem como proteína miofibrilar e conteúdo de colágeno) (BOWKER, HAWKINS e ZHUAN, 2014).

A degeneração da fibra muscular leva ao acúmulo de tecido conjuntivo (fibrose), com consequente aumento na deposição de colágeno e acúmulo de gordura intramuscular (lipidose) (SIHVO et al., 2014).

O aumento de colágeno pode estar relacionado com o aumento da rigidez (GERONIMO et al., 2021); alterações no comprimento e diâmetro das fibrilas de colágeno e traz consequência direta ao arranjo ordenado da molécula de colágeno, fazendo com que tais alterações sejam indicativos de modificações no empacotamento molecular dos monômeros de colágeno, o que podem afetar sua função e alterar os sítios de ligação das proteínas ou a flexibilidade da fibrila de colágeno (VELLEMAN et al., 2017).

A dureza do peito WB é notavelmente diferente da textura apresentada pelo peito normal, sendo um marcador decisivo e utilizado na indústria avícola, através da apalpação manual, para a detecção da miopatia WB (WOLD et al., 2017). Estudos revelam valores

superiores de compressão e força de cisalhamento encontrados em frangos de corte com severidade crescente de peito WB quando comparado ao peito normal (SANCHEZ BRAMBILA et al., 2017).

O potencial hidrogeniônico também sofre alterações na carne WB, geralmente apresenta maiores valores de pH quando comparado com os do peito de frango N (DALLE ZOTTE et al., 2014; MUDALAL et al., 2015; CHATTERJEE et al., 2016).

O conteúdo proteico também sofre impacto na condição WB, apresentando menor porcentagem, e indicando desnaturação de proteínas, o qual resulta em uma maior perda de cozimento e menor capacidade das proteínas em reter água em produtos cárneos (SOGLIA et al., 2016a). O teor de gordura e umidade tem sido relatado com teores maiores na carne com WB, sendo resultante da progressão de processos de microdegeneração e regeneração do tecido muscular, juntamente com a deposição de tecido conjuntivo ou fibrose (SIHVO et al. 2014; SOGLIA et al., 2016b; ZAMBONELLI et al. 2016).

Em soma, o estresse oxidativo pode ser causado devido ao aumento das fibras musculares mamárias aumentadas podem apresentar vascularização inadequada, o que limita a disponibilidade de oxigênio e a remoção de resíduos metabólicos, levando a um acúmulo de espécies reativas de oxigênio (ROS) dentro do músculo mamário (THANATSANG et al., 2020; MUTRYN et al., 2015). Mudanças nos conteúdos de cálcio e sódio, bem como a redução do suprimento sanguíneo na fase inicial da miopatia WB, estão relacionadas com o desequilíbrio osmótico nesses filés (SIHVO et al., 2018).

Níveis elevados de TBARS foram observados em peitos de frango com miopatia Wooden breast, indicando uma formação excessiva de radicais livres, em acordo com as observações relatadas por Soglia et al. (2016). Xing et al. (2020) relataram que o valor de TBARS e o teor de carbonilas foram maiores em exsudato do músculo do peito de madeira grave do que o normal. Resultados semelhantes também foram relatados por Rocha et al. (2020) em produtos processados a base de carne com WB, onde os autores sugeriram que a maior oxidação de lipídios ocorrem em amostras com carne WB.

## 2.5 PROPRIEDADES SENSORIAIS E PERCEPÇÃO DO CONSUMIDOR SOBRE CARNE DE FRANGO WB

Uma carne de frango de alta qualidade exige o controle de alguns parâmetros e o conceito de qualidade da carne de frangos é complexo, uma vez que é determinado pelas

preferências dos consumidores (ISMAIL E JOO, 2017). Os parâmetros de cor, textura (maciez), capacidade de retenção de água, perda de peso por cocção (suculência) e, pH afetam a qualidade da carne e tem impacto nos índices de aceitação pelo consumidor na hora de compra (CORAZZIN et al., 2019; LEITE et al., 2020; OSÓRIO et al., 2014).

A primeira característica observada pelo consumidor é a cor, constituindo o principal critério de seleção, despertando o desejo de consumir ou de rejeitar o produto, além de fornecer uma indicação sobre o grau de conservação do alimento (HENCHION, MCCARTHY, E RESCONI, 2017).

A degeneração do tecido muscular sofrido durante o início da miopatia Wooden breast apresenta influência direta nas características sensoriais relevantes, nomeadamente cor e textura (PETRACCI et al., 2019). Essas alterações podem impactar diretamente na aceitação do consumidor e na intenção de compra (GERÔNIMO, PRUDENCIO e SOARES, 2021). Baldi et al. (2018) e Dalle Zotte et al. (2017) observaram modificações de cor em WB, com valores de L\* e b\* elevados. Essas alterações de cor ocorrem principalmente em graus severos da miopatia WB (TASONIERO et al., 2016).

Outro fator importante de medida de qualidade para a carne é a maciez, sendo esta considerada um dos principais fatores que afetam a percepção do cliente ao comprar produtos cárneos (KANG et al., 2022). A variabilidade da maciez é avaliada pelos consumidores, afetando diretamente o preço e os métodos de cocção (GAGAOUA et al., 2021). A maciez reflete as características estruturais da proteína e a distribuição do tecido conjuntivo (HE, SUN E TANG, 2021). A maciez é caracterizada por vários fatores, sendo função do tamanho do feixe de fibras musculares e do tecido conjuntivo (RAMOS E GOMIDE, 2017).

Em estudos com carne WB, Aguirre et al. (2018) avaliaram sensorialmente essas carnes e encontraram pontuações mais altas para dureza, coesão, densidade, mastigabilidade, elasticidade, e fibrosidade do que o frango normal. Xing et al. (2020) avaliaram a aceitabilidade de peitos de frango WB crus, e como resultado, os graus moderado e severo obtiveram escores mais baixos para aparência. Geronimo et al. (2021) reportaram que os filés WB apresentaram baixa aceitação e intenção de compra, levando a prejuízos econômicos para o setor avícola.

No entanto, ainda existem poucos estudos sobre as respostas hedônicas ao peito WB, além de que o impacto da consciência dos consumidores sobre esta miopatia seja desconhecido. Avaliações através de questionários online se apresentam como uma opção de destaque quanto a observação da percepção dos consumidores, sendo possível obter

respostas de um grande número de pessoas de uma determinada população (CHU, 2018; JAEGER et al., 2018; RUSSO E SIMEONE, 2017). Compras on-line apresentam diversas vantagens, como realizar a compra a qualquer hora do dia, receber o produto diretamente em casa, entre outras (ALAIMO et al., 2020).

## 2.6 ARMAZENAMENTO SOB FRIO: RESFRIAMENTO E CONGELAMENTO DE CARNE DE FRANGO

Os produtos cárneos, em geral, têm como característica específica a reduzida vida útil (BENLI, 2016); conseqüentemente a maioria da carne de frango é ofertada para fins culinários, nos mercados domésticos, resfriada ou congelada.

A técnica de conservação da carne através do uso do frio, tanto o resfriamento como o congelamento, tornou-se uma opção viável para preservação das propriedades químicas, sensoriais e características nutricionais do produto (FERNANDES et al., 2016). As temperaturas de resfriamento tradicionais geralmente utilizadas são entre 0 °C e 7 °C (LATOUE et al., 2014; XU et al., 2011); enquanto no congelamento a temperatura é inferior a -18 °C (KIM et al., 2020).

Em frangos, o armazenamento a uma temperatura resfriada estende a vida útil de em aproximadamente uma semana (JIMÉNEZ et al., 1997) enquanto em temperatura de congelamento a -18 °C tem uma vida útil de 7-18 meses (AUGUSTYNSKA-PREJSNAR, ORMIAN, E SOKOLOWICZ, 2018; TAUB E SINGH, 1998).

No entanto, a preferência do consumidor por carne de frango resfriada é maior do que a preferência por carnes congeladas, uma vez que no primeiro momento é percebido como o produto mais fresco, menos processado e mais conveniente para cozinhar (STONEHOUSE E EVANS, 2014). Porém, a extensão da vida útil, em condições de refrigeração/congelamento, resulta da redução da taxa de reações químicas e diminuição da atividade das enzimas, além de desaceleração do crescimento de microrganismos (STONEHOUSE E EVANS, 2014).

O congelamento é o método mais comumente aplicado no gerenciamento do excesso de produção e um dos benefícios é garantir seu armazenamento prolongado, bem como sua maior flexibilidade de manuseio no varejo e comércio atacadista (AUGUSTYNSKA-PREJSNAR, ORMIAN E TOBIASZ-SALACH, 2019).

Estudos foram realizados enfocando o impacto do processo de resfriamento e congelamento na qualidade da carne de frango (AUGUSTYNSKA-PREJSNAR et al.,

2018; AUGUSTYNSKA-PREJSNAR, ORMIAN, E TOBIASZ-SALACH, 2019; WEI et al., 2017), os resultados indicaram aumento na perda de umidade, e oxidação de lipídios e proteínas, desnaturação proteica e mudanças na cor (WEI et al., 2017).

## 2.7 ASPECTOS DE OXIDAÇÃO LIPÍDICA, PROTEICA, PERFIL DE VOLATEIS E SENSORIAL EM CARNE DE FRANGO

A oxidação lipídica na carne depende do conteúdo de antioxidantes naturais, oxidantes e do grau de poliinsaturaç o dos ácidos graxos a carne de frango apresenta alta susceptibilidade a oxidação lipídica devido ao seu conteúdo de ácidos graxos insaturados. (XING et al., 2020) A oxidação lipídica leva à geração de uma ampla gama de produtos de degradação que causam odor rançoso, desenvolvimento de sabor estranho, descolorao, perda de valores nutricionais e diminuio da vida útil de armazenamento, em carnes e produtos cárneos (XING et al., 2020; ANDRÉS et al., 2017). Oxidação proteica é um conjunto de reações em cadeias mediadas por radicais livres, onde os mecanismos dessa reação são complexos, além de existir inúmeros compostos formados (LUND et al., 2011).

Assim como em outras carnes, o desenvolvimento do sabor da carne de aves é parcialmente atribuído aos seu cont do lipídico lipídios (PEREZ-ALVAREZ et al., 2010). Os compostos voláteis são gerados a partir de precursores e lipídios por meio de múltiplas reações resultantes da oxidação lipídica e degradação térmica (KOSOWSKA, MAJCHER e FORTUNA, 2017). Em termos de análise sensorial, os atributos aparência, aroma e sabor da carne estão ligados à memória sensorial dos consumidores e se caracterizam como parâmetros de aceitao ou rejeio do produto, uma vez que, aparência e aroma despertam o consumo e o sabor interage com as sensações do gosto e ao aroma (ASSUNÇÃO et al., 2017). Na literatura não se encontra estudos relacionados ao perfil volátil de carnes com miopatia Wooden. Porém, Tasoniero et al. (2016) estudaram um perfil sensorial de carnes de frango acometidas por miopatias e obtiveram um perfil mais rançoso aos peitos de frango que possuíam algumas miopatias do que quando comparados ao normal.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Esta tese envolveu dois experimentos que foram executados nos Laboratórios do Centro de Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba, Campus I. O primeiro experimento foi realizado com consumidores da carne de frango onde investigou-se o comportamento quanto a aceitabilidade e a intenção de compra de peitos de frango crus, classificados como normal (N), WB moderado (WBM) e WB severo (WBS). A metodologia da pesquisa foi desenvolvida em dois cenários, presencial e *on line*.

O segundo experimento envolveu a avaliação da qualidade de peitos de frango N e WB severo, submetido as condições de armazenamento sob refrigeração (-1 °C) e congelamento comercial (-18 °C) por um período de 14 dias e 90 dias respectivamente, frente as mudanças oxidativas, a percepção do consumidor sobre a qualidade sensorial e as alterações no perfil de volatéis.

#### 3.2 EXPERIMENTO 1 - COMPORTAMENTO DO CONSUMIDOR EM RELAÇÃO AOS PEITOS DE FRANGO AFETADOS COM MIOPATIA (WOODEN BREAST): TESTES FACE A FACE VS TESTES ONLINE

Peitos de frango Cobb® (machos e fêmeas, com idade entre 36 e 44 dias) foram coletados em abatedouro certificado com o Selo de Inspeção Federal (Brasil, 1998). Após a coleta, desossa e identificação (n=15), os peitos de frango foram classificados de acordo com o grau de severidade da miopatia, por meio de palpação visual, conforme descritos: Normal (N, n=5) peito sem dureza excessiva e sem exsudato na superfície; Wooden Breast Moderado (WBM, n=5) peito com parte do tecido endurecido e alguns pontos hemorrágicos; Wooden Breast Severo (WBS, n=5) peito apresentando rigidez extrema e pontos de sangramento na superfície. Essa classificação foi feita usando os critérios publicados por Petracci et al. (2019). Em seguida, os peitos foram colocados em sacos de polietileno, resfriados  $4\pm 2$  °C, transportados e armazenados no Laboratório de Química de Alimentos, do Departamento de Engenharia de Alimentos do Centro de Tecnologia da UFPB.

### 3.2.1 Caracterização física dos peitos WBM, WBS e N

*Cor instrumental:* Foi realizada utilizando o colorímetro Konica Minolta (Modelo CR-400, Osaka, Japão), conforme descrito por CIE (1996). Para leitura dos parâmetros  $L^*$  (luminosidade),  $a^*$  (intensidade de vermelho/verde) e  $b^*$  (intensidade de amarelo/azul), foram medidos diferentes locais na superfície dos peitos de frango crus: cranial ( cr ), medial (me) e caudal (ca). Foram fixadas as seguintes condições: iluminante C, ângulo de visão  $8^\circ$ , ângulo. Antes da realização das leituras, o instrumento foi calibrado colocando o cabeçal do medidor verticalmente sobre o centro da placa de calibração branca (Iluminante C:  $Y=92,84$   $X=0,3136$ ,  $y=0,3201$ ).

*Força de cisalhamento (FC):* Foi determinada em peitos crus, os quais foram cortados em dimensões de 20 mm de largura com 20 mm de comprimento e 20 mm de espessura com as fibras orientadas perpendicularmente à lâmina. As medidas de FC foram mensurados utilizando o Texturômetro Universal Texture Analyser TA-TX2i (Stable Microsystems, Godalming, Surrey, UK) com célula de carga de 5 kg, equipado com lâmina Warner Bratzler e regulado com velocidade de descida e de penetração de  $10 \text{ mm.s}^{-1}$ , profundidade de penetração de 20 mm e força de contato de 10 g, conforme metodologia descrita por Cavitt et al. (2004). A FC foi expressa em Newton (N), sendo que para cada amostra, foram realizadas 9 repetições, de acordo com metodologia detalhada em Madruga et al. (2019).

*Perfil de textura (TPA):* O perfil de textura envolveu a determinações dos parâmetros de dureza, adesividade, coesividade, flexibilidade, gomosidade, mastigabilidade e resiliência, que foram medidos em Texturômetro Universal Texture Analyser TA-TX2i, acoplado com probe cilíndrico P/25, de 25 mm. Os peitos de frango foram cozidos a  $75^\circ\text{C}$  foram resfriados e cortados em dimensões de 20 x 20 x 20 mm. As seguintes condições foram utilizadas: velocidade de pré-teste:  $2,0 \text{ mm.s}^{-1}$ ; velocidade de teste:  $2,0 \text{ mm.s}^{-1}$ ; velocidade de pós-teste:  $5,0 \text{ mm.s}^{-1}$ ; distância de compressão 8,0 mm; força de disparo: 5 g. Os dados foram analisados utilizando o software Texture Expert for Windows 1.20 (Stable Micro Systems\TE32L\versão 6.1.4.0 Inglaterra). Foram realizadas 9 repetições para cada amostra, de acordo com metodologia detalhada em Madruga et al. (2019).

### 3.2.2 Avaliação sensorial dos peitos WBM, WBS e N

### *Teste de aceitabilidade e intenção de compra*

Para investigar a aceitabilidade dos consumidores e a intenção de compra do peito de frango cru N, WBM e WBS, a metodologia de pesquisa foi desenvolvida em duas etapas. A primeira etapa foi realizada em um cenário presencial, anterior às restrições sociais adotadas no Brasil devido à pandemia Covid-19. A segunda etapa ocorreu durante o período de restrição da pandemia.

Os participantes foram convidados a participar via redes sociais e e-mails, através de um questionário *online*, sendo levado em consideração que o participante fosse consumidor desse tipo de carne. Todos os participantes foram informados sobre o objetivo da pesquisa, a natureza voluntária da participação, com leitura e aprovação do termo de consentimento livre e esclarecimento para participar do estudo (APÊNDICE A). Esta pesquisa foi previamente aprovada pelo comitê de ética da Universidade Federal da Paraíba (CAAE: 26383519.3.0000.5188).

Dados demográficos relacionados a sexo, idade, nível de estudos, consumo de carne de frango e conhecimento sobre miopatia foram coletados em todas as sessões, representando diferentes grupos. As respostas coletadas em ambas as etapas forneceram informações que permitiram comparar o comportamento do consumidor em duas perspectivas diferentes, isto é, presencial e *online*.

#### *Etapa I - Teste de aceitabilidade e intenção de compra - cenário presencial*

Um total de 197 consumidores regulares de carne de frango foram recrutados entre funcionários, estudantes, e visitantes a partir de dois diferentes Campus da Universidade Federal da Paraíba, localizado nas cidades de João Pessoa-PB e Bananeiras -PB. O estudo foi realizado em duas condições: 'antes da informação' e 'depois da informação'.

Na primeira condição, os participantes responderam ao questionário blindados (condição antes da informação): onde nenhuma informação acerca da miopatia foi fornecida. Na segunda condição, os participantes avaliaram inicialmente um questionário informado (condição depois da informação), onde os participantes foram convidados a ler informações sobre as características da miopatia WB, as causas, e os diferentes graus de severidade. Depois disso, eles preencheram um questionário, avaliando a qualidade dos peitos de frango N, WBM e WBS, observando-se que estas foram as mesmas amostras utilizadas no teste cego (primeiro teste).

Os filés foram obtidos em abatedouro com serviço de inspeção federal. Inicialmente

realizou-se uma pré-limpeza e cada filé foi disposto em bandeja e aleatoriamente codificado com um número de 3 dígitos. As amostras foram apresentadas aos participantes, simulando a compra em condições de um supermercado: filés crus resfriados expostos em uma bandeja de poliestireno expandido branca envoltos em um filme de polipropileno transparente.

O teste de aceitação do peito de frango foi aplicado usando uma escala hedônica de 5 pontos (1= Extremamente não gostei; 2= Moderadamente não gostei; 3= Nem gostei ou nem desgostei; 4= Gostei moderadamente; 5= Gostei extremamente).

A intenção de compra foi avaliada em uma escala de 5 pontos (1= Definitivamente não compraria; 2= Provavelmente não compraria; 3= Talvez compraria, talvez não compraria; 4= Provavelmente compraria; 5= Definitivamente compraria).

Depois cada teste (aceitação e intenção de compra), foi questionado aos participantes as razões que motivaram a cada resposta com a seguinte pergunta: “Explique brevemente: quais são as razões da sua decisão?”. As respostas foram analisadas individualmente e as respostas foram agrupados e avaliados de acordo com sua frequência (APÊNDICE B).

#### *Etapa II – Teste de aceitabilidade e intenção de compra – cenário online*

Um total de 200 consumidores regulares de carne de frango responderam ao questionário online administrado através da plataforma do Google Forms (Google LLC, Mountain View, Califórnia, EUA). Os participantes foram recrutados para participar da pesquisa através de lista de e-mail profissional de instituições públicas e privadas, de departamentos universitários, redes sociais de contatos pessoais e profissionais (Facebook© e WhatsApp©), incluindo um grupo geral de interesse com um perfil demográfico diverso – gênero sexual, idade, educação, compradores e consumidores de frango.

Assim como ocorreu na etapa I (presencial), o questionário foi dividido em duas condições: cega (antes da informação) e informada (depois da informação). Neste tipo de avaliação, os participantes avaliaram imagens de filés N, WBM e WBS aleatoriamente codificadas. As escalas e seus escores dos testes de aceitação e intenção de compra foram os mesmos utilizados para a etapa I, bem como os motivos que motivaram cada resposta (APÊNDICE C).

3.3 EXPERIMENTO 2 - DANOS OXIDATIVOS, PERFIL SENSORIAL E DE VOLÁTEIS EM PEITOS DE FRANGO COM MIOPATIA WB SEVERA ARMAZENADOS SOB REFRIGERAÇÃO ( $\pm 1$  °C) POR 14 DIAS E CONGELAMENTO ( $\pm -18$  °C) POR 90 DIAS.

### 3.3.1 Seleção de peitos de frango Wooden Breast Severo e Normal

Os peitos de frango Cobb® foram obtidos em abatedouro comercial, junto ao Serviço de Inspeção Federal (Brasil, 1998). Os peitos de frango foram classificados pela palpação e aparência visual do músculo em: Peito normal (N) como peito sem dureza e sem pontos de hemorragia (petéquias) na superfície; Peito amadeirado graus severo (WBS) como peito com parte das regiões do tecido endurecida e pontos de hemorragia, conforme descrito por Petracci et al. (2019).

Os peitos de frango após coleta, foram embalados em sacos Zip Lock, transportadas em caixa térmica com gelo e armazenados sob refrigeração comercial ( $\pm 1$  °C) por 0, 11 e 14 dias, e de congelamento ( $\pm -18$  °C) em freezer por 0, 45 e 90 dias.

Foram coletados ao todo 30 peitos (WBS=15 e N=15), sendo que para cada tempo foram reservados 3 peitos WBS e 3 peitos N. As amostras do tempo referente à “0 dia” foram usadas para as duas condições de armazenamento, isto é resfriamento e congelamento. A cada período de armazenamento, os peitos refrigerados e congelados foram analisados em relação aos parâmetros de caracterização físico-química, danos oxidativos, perfil sensorial e de voláteis.

### 3.3.2 Caracterização físico-química

As análises de umidade, pH, força de cisalhamento, oxidação lipídica, oxidação proteica e perfil de voláteis foram realizadas na amostra crua. Os peitos WB severo e N foram inicialmente triturados em Mixer (Modelo RI1364/0, Philips Walita - Linha Viva Collection - 400W, São Paulo/SP, Brasil), seguido de dosagem dos teores de proteína (AOAC, 2000), lipídios (Folch, Less, & Sloane Stanley, 1957), umidade (AOAC, 2000) e pH (Quimis Aparelhos Científicos Ltda., Modelo Q400 AS Diadema, SP, Brasil) segundo o método 981.12 da (AOAC, 2000).

A força de cisalhamento (FC) foi determinada na região cranial dos peitos WB e N. Os peitos crus foram cortados em dimensões 10 x 10 x 30 mm (largura, altura e comprimento) com a maior dimensão paralela à direção da fibra e analisados em

texturômetro (TA-TX2i texturometer, Stable Micro Systems, Godalming, Surrey, UK) com célula de carga de 50 kg, equipado com lâmina Warner-Bratzler (HDP/WBV) e regulado com velocidades de descida e penetração de 100 mm.min<sup>-1</sup>, profundidade de penetração de 20 mm e uma força de contato de 10 g. O resultado foi expresso em Newton (N).

A medida da cor instrumental foi realizada utilizando-se um colorímetro Konica Minolta (Modelo CR-400, Osaka, Japão), conforme descrito por CIE (1996). A leitura dos parâmetros L\* (luminosidade), a\* (intensidade de vermelho/verde) e b\* (intensidade de amarelo/azul), foi determinada em diferentes pontos na superfície cranial (cr) e caudal (ca) dos peitos de frango crus. Foram fixadas as seguintes condições: iluminante C, ângulo de visão 8°, ângulo. Antes da realização das leituras, o instrumento foi calibrado colocando o cabeçal do medidor verticalmente sobre o centro da placa de calibração branca (Iluminante C: Y= 92,84 X=0,3136, y=0,3201).

### 3.3.3 Dano oxidativo

A oxidação lipídica foi determinada nos peitos WBS e N crus e assados pelo ensaio de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) de acordo com Rosmini et al. (1996). As absorbâncias da amostra foram medidas espectrofotometricamente (Drawell, modelo DU-8200) a 532 nm. Para quantificação do teor de MDA (malondialdeído) foi usada uma curva padrão de 1,1,3,3 tetraetoxipropano, nas concentrações de  $2 \times 10^{-9}$  a  $6 \times 10^{-8}$  mol. Os resultados foram expressos como mg MDA.kg<sup>-1</sup> de amostra.

O aroma requeimado (WOF) foi determinado de acordo com Soares et al. (2004) com adaptações. As amostras foram assadas em forno convencional (conforme descrito anteriormente) foram armazenadas a 4 °C por 48 h sob luz fluorescente. Ao término deste período, as amostras foram reaquecidas em banho-maria a 85 °C por 15 min, sendo posteriormente resfriadas e analisadas através do ensaio de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico, conforme metodologia descrita por Rosmini et al. (1996).

Os níveis de oxidação proteica, foram determinados pela medida do teor de carbonilas totais conforme o método de dinitrofenilhidrazina (DNPH) descrito por Ganhão, Morcuende & Estévez (2010). Para cálculo da concentração de proteína foi usada uma curva padrão de albumina de soro bovino, com concentrações de 167 a 1500 µg/mL. A oxidação de proteínas foi expressa em nmoles de carbonilas.mg<sup>-1</sup> de proteínas.

### 3.3.4 Perfil volátil

A extração dos voláteis foi realizada através da técnica de micro extração em fase sólida (SPME), segundo metodologia de Madruga et al. (2009) com adaptações. A fibra utilizada foi de 65  $\mu\text{m}$  Polidimetilsiloxano/Divinilbenzeno (PDMS/DVB), ativada de acordo com as condições do fabricante (250 °C/30 minutos). Cerca de 2 g de amostra crua foi triturada e, posteriormente transferida para frascos de vidro de 20 mL hermeticamente fechados com tampa rosqueável, contendo septo revestido de teflon. Alíquota de 1,0  $\mu\text{l}$  de um padrão interno (1000 ng  $\mu\text{l}$  1,2-diclorobenzeno em metanol) foi adicionado a amostra, antes da coleta dos voláteis. A coluna capilar utilizada foi a VF-5MS, apolar, de sílica fundida, com dimensões de 30m x 0,25mm x 0,25  $\mu\text{m}$ .

Após atingir o equilíbrio (60 °C/5 minutos), a fibra foi exposta ao headspace por 60 minutos para extração dos voláteis. Em seguida o dispositivo de SPME foi movido do frasco da amostra e inserido diretamente na porta de injeção do cromatógrafo gasoso 7890B acoplado ao espectrômetro de massas (Agilent Technologies 5977B, Little Falls, DE, USA), responsáveis por separar e identificar os voláteis coletados pela SPME.

Foram utilizadas as seguintes condições analíticas no CG/EM: temperatura inicial do forno 40 °C/2 minutos, aumentando-se 4 °C  $\text{min}^{-1}$  até atingir 280 °C, permanecendo por 10 minutos, totalizando 72 minutos de corrida. A temperatura do injetor foi fixada em 250 °C. O hélio foi usado como gás de arraste na vazão de 1,0 mL/minuto, em sistema de injeção tipo split 1:10. A temperatura da linha de transferência foi de 170 °C. O espectrômetro de massas foi operado no modo impacto de elétrons (70 eV), com faixa de “scanning” de massa de 35 a 350 u.m.a a 3,33 scans/s.

A identificação dos compostos foi realizada pela análise dos padrões de fragmentação exibidos nos espectros de massas, sendo confirmada por comparação dos seus espectros de massas com aqueles presentes na base de dados fornecida pelo equipamento NIST (National Institute of Standards & Technology, EUA), bem como através dos seus índices de retenção linear com os de compostos conhecidos. As quantidades aproximadas dos voláteis foram estimadas por comparação de suas áreas de pico com a do padrão interno 1,2-diclorobenzeno, obtido a partir dos cromatogramas de íons totais, usando um fator de resposta 1. Os compostos voláteis foram agrupados em classes químicas, onde cada amostra foi injetada em triplicata.

### 3.3.5 Sensorial

Os perfis de aroma dos peitos de frango foram caracterizados por uma equipe sensorial treinada e habituada com o consumo de carne de frango. A análise realizada foi a análise descritiva quantitativa.

Os peitos de frango foram avaliados na condição crua. Os peitos de frango foram apresentados aos membros em porções iguais de aproximadamente 15 g de amostra, cortados em dimensões de 2 cm x 2 cm x 2 cm (largura x altura x comprimento). Estes foram servidos em um recipiente de acrílico (7 cm de diâmetro), transparente, inodoro, com tampa de mesmo material, condicionados com número de três dígitos. Cada amostra foi avaliada individualmente, tendo-se servido juntamente água (150 mL), para limpeza de olfato. Todas as amostras foram submetidas a testes microbiológicos para verificação dos parâmetros estabelecidos pela legislação brasileira (BRASIL 2019).

#### *Equipe sensorial*

Foram recrutados 11 julgadores entre estudantes e colaboradores do PPGCTA da Universidade Federal da Paraíba, previamente selecionados de acordo com a memória odorífera e capacidade discriminativa em avaliações sensoriais anteriores com matrizes cárneas (Madruga et al., 2019). Inicialmente a equipe foi apresentada ao Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), previamente aprovado por o Comitê de Ética e Pesquisa com Seres Humanos da UFPB (CAAE 26383519.3.0000.5188), atendendo as normas éticas e científicas requisitos da Resolução número 466, Nacional Conselho de Saúde (BRASIL, 2012).

#### *Perfil de aroma*

O perfil de aroma dos peitos de frango foram gerados comparativamente entre as amostras N e WB na condição crua, utilizando como referencia os fundamentos metodológicos da Análise Descritiva Quantitativa (Stone et al., 1974). Inicialmente, os julgadores, avaliaram o odor das amostras de peito de frango e descreveram as similaridades e diferenças entre elas. Em seguida, sob a supervisão de um líder, os termos que melhor descreviam as amostras foram consensualmente escolhidos, definidos, criando-se para cada um, referências que exemplificavam o aroma associado ao termo. Seis termos descritivos foram gerados, isto é: doce, frango cru, metálico, estranho, rançoso e aroma de peixe, como aqueles que melhor caracterizaram o perfil aromático

sensorial das amostras de peito de frango cru. Uma ficha de avaliação descritiva do aroma dos peitos de frango foi consensualmente gerada, associando-se a cada termo, uma escala não estruturada de 9 cm, ancorada nos extremos esquerdo e direito nos termos “nenhum” e “forte”, respectivamente (APÊNDICES D, E).

### 3.4 ANÁLISE ESTATÍSTICA

No experimento I, que envolveu os estudos de comportamento do consumidor, os dados foram analisados através do teste de normalidade Shapiro-Wilk ( $\alpha = 0,05$ ). ANOVA foi aplicada aos dados de cor e textura instrumentais normais, e as médias foram comparadas ao teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). O teste não paramétrico de Kruskal-Wallis ( $p < 0,05$ ) foi aplicado a dados sensoriais não normais para comparação de três ou mais amostras, e as médias foram comparadas por meio do teste de Dunn com  $\alpha = 0,05$  geral e U non de Mann-Whitney - teste paramétrico ( $p < 0,05$ ) foi aplicado a dados não normais para comparação de duas amostras. Os resultados dos testes de aceitabilidade e intenção de compra baseados na aparência visual da carne crua foram expressos em um histograma das respostas, indicando o percentual de avaliadores que assinalaram as alternativas apresentadas. Os resultados foram determinados usando XLSTAT 2014 (Addinsoft, Paris, França). As hipóteses foram especificadas antes da coleta dos dados, os analistas seguiram um plano analítico que foi pré-cadastrado antes da análise de dados.

No Experimento II, sobre efeito do armazenamento sob refrigeração e congelamento na qualidade aromática, sensorial e de danos oxidativos de peitos WBS, os dados resultantes foram avaliados pelo teste de normalidade Shapiro-Wilk ( $\alpha = 0,05$ ). Nos resultados das análises físico-químicas, para comparar duas amostras (WBS e N), foi utilizado o teste paramétrico de t-student ( $p < 0,05$ ). Para comparar cada amostra ao longo do armazenamento (tempos 0, 11 e 14 dias – resfriamento e 0, 45 e 90 dias - congelamento) foi aplicada ANOVA e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). As respostas sensoriais foram analisadas por meio de análise de variância univariada (ANOVA) para avaliar o efeito amostra com teste de média Tukey ( $p < 0,05$ ), e t-test (two-tailed) para a avaliação do efeito tempo do armazenamento ( $p \leq 0,05$ ), e Análise de Componentes Principais (ACP). Os dados foram analisados utilizando o software XLSTAT (versão 2014.5.03, Addinsoft, New York, USA).



## REFERÊNCIAS

- ABASHT, B.; MUTRYN, M. F.; MICHALEK, R. D.; LEE, W. R. Oxidative stress and metabolic perturbations in wooden breast disorder in chickens. **PloS one**. v.11, n.4, p.1-16, 2016.
- ABPA. **Associação Brasileira de Proteína Animal**. Relatório Anual da ABPA 2004. São Paulo, 2004.
- ABPA. **Associação Brasileira de Proteína Animal**. Relatório Anual da ABPA 2021. São Paulo, 2021.
- AGUIRRE, M. E.; OWENS, C. M.; MILLER, R. K.; & ALVARADO, C. Z. Descriptive sensory and instrumental texture profile analysis of woody breast in marinated chicken. **Poultry Science**. v.97, n. 4, p.1456–1461, 2018.
- ALAIMO, L. S., M. FIORE.; A. GALATI. How the COVID-19 pandemic is changing online food shopping human behaviour in Italy. **Sustainability**. v.12, n.22, p.1–18, 2020.
- ALNAHHAS, N.; BERRI, C.; CHABAULT, M.; CHARTRIN, P.; BOULAY, M.; BOURIN, M. C.; BIHAN-DUVAL, E. LE. Genetic parameters of white striping in relation to body weight, carcass composition, and meat quality traits in two broiler lines divergently selected for the ultimate pH of the pectoralis major muscle. **BMC Genetics**, v. 17, n. 1, p. 1–9, 2016.
- AOAC- Association of Official Analytical Chemists. Official methods of analysis the of AOAC International. 17<sup>th</sup> ed. Washington, USA, 2000.
- ANDRÉS, A. I.; PETRÓN, M. J.; DELGADO-ADAMEZ, A. J.; LÓPEZ, M.; TIMÓN, M. Effect of tomato pomace extracts on the shelf life of modified atmosphere packaged lamb meat. **Journal of Food Processing and Preservation**.v.41, n.4, p.1-11, 2017.
- ASSUNÇÃO, A. S. A.; KOMIYAMA, C. M.; LIMA, J. D. F. P.; GONÇALVES, N. S.; ANDRADE, A. C. F.; DE ANDRADE, E. A.; MABA, W. C.; BET, A. D. N. **Tratamento químico da cama de frango sobre as características sensoriais da carne de frango de corte**. In: Anais do IV Workshop de Pós-Graduação em Zootecnia e Ciência Animal do Estado de Mato Grosso do Sul-2017. Aquidauana, MS: 2017.
- AUGUSTYŃSKA-PREJSNAR, A., ORMIAN, M., & TOBIASZ-SALACH, R. (2019). Quality of broiler chicken meat during frozen storage. **Italian Journal of Food Science**, v. 31, n.3, p.531–541,2019.

AUGUSTYNSKA-PREJSNAR, A.; ORMIAN, M.; & SOKOŁOWICZ, Z. Physicochemical and Sensory Properties of Broiler Chicken Breast Meat Stored Frozen and Thawed Using Various Methods. **Journal of Food Quality** v.2018, p.1-9, Article ID 6754070, 2018.

BALDI, G.; SOGLIA, F.; LAGHI, L.; TAPPI, S.; ROCCULI, P.; TAVANIELLO, S.; PRIORIELLO, D.; MUCCI, R.; MAIORANO, G.; & PETRACCI, M. Comparison of quality traits among breast meat affected by current muscle abnormalities. **Food Research International**, v.115, p.369–376, 2019.

BASSI, N. S. S.; SILVA, C. L. DA. Oportunidades e desafios em pd&i na cadeia produtiva de frangos de corte. **Embrapa Suínos e Aves**, v. 10, n. 109, p. 11, 2017.

BENLI, H. Consumer attitudes toward storing and thawing chicken and effects of the common thawing practices on some quality characteristics of frozen chicken. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**. v.29, n.1, p.100–108, 2016.

BOERBOOM, G.; VAN KEMPEN, T.; NAVARRO-VILLA, A.; PÉREZ-BONILLA, A. Unraveling the cause of white striping in broilers using metabolomics. **Poultry Science**. v.97, p. 3977–3986, 2018.

BOWKER B.C.; MAXWELL A.D.; ZHUANG H.; ADHIKARI, K. Marination and cooking performance of portioned broiler breast fillets with the wooden breast condition. **Poultry Science**. v. 97, p.2966–2970, 2018.

BOWKER, B.; HAWKINS, S.; ZHUANG, H. Measurement of water-holding capacity in raw and freeze-dried broiler breast meat with visible and near-infrared spectroscopy. **Poultry Science**. v.93, n.8, p. 1834–1841, 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Portaria no 210, de 10 de novembro de 1998. **Aprova o regulamento técnico da inspeção tecnológico e higiênico-sanitária de carne de aves**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 1998.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Projeções do Agronegócio: Brasil 2019/20 a 2029/30 projeções de longo prazo** / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. – Brasília : MAPA, 2020.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Diretoria Colegiada. Instrução Normativa nº 60, de 23 de dezembro de 2019. **Estabelece as listas de padrões microbiológicos para alimentos**. Seção 1, p. 133. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2019.

BRASIL. Conselho Nacional de Saúde. **Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012.** Conselho Nacional de Saúde. Aprova as diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2012.

CARVALHO, L. M.; MADRUGA, M.S.; ESTÉVEZ, M.; BADARÓ, A. T.; BARBIN, D.F. Occurrence of wooden breast and white striping in Brazilian slaughtering plants and use of near-infrared spectroscopy and multivariate analysis to identify affected chicken breasts. **Journal of Food Science**, v. 85, n.10, p. 3102–3112, 2020.

CAVITT, L. C.; YOUM, G. W.; MEULLENET, J. F.; OWENS, C. M.; XIONG, R. Prediction of poultry meat tenderness using razor Blade Shear, Allo–Kramer Shear, and sarcomere length. **Journal of Food Science**, v.69, n.1, p.11-15, 2004.

CHATTERJEE, D.; ZHUANG, H, BOWKER, B. C.; RINCON, A. M.; SANCHEZ BRAMBILA, G. Instrumental texture characteristics of broiler pectoralis major with the wooden breast condition. **Poultry Science**. v.95, n.10, p.2449–2454, 2016.

CIE. **CIE Publication 15.2.** Vienna: Commission Internationale de l’Eclairage, 1986.

CORAZZIN, M.; BIANCO, S.; DEL, BOVOLENTA, PIASENTIER, E. More than Beef, Pork and Chicken – The Production, Processing, and Quality Traits of Other Sources of Meat for Human Diet. In **More than Beef, Pork and Chicken – The Production, Processing, and Quality Traits of Other Sources of Meat for Human Diet**, 2019.

DALGAARD, L. B; RASMUSSEN, M. K; BERTRAM, H. C; JENSEN, J. A; MOLLER, H. S; AASLYNG, M. D; HEJBOL, E. K; PEDERSEN, J. R; ELSSER-GRAVESEN, D; YOUNG, J.F. Classification of wooden breast myopathy in chicken pectoralis major by a standardised method and association with conventional quality assessments. **International Journal of Food Science and Technology**, Oxford, v. 53, n. 7, p. 1744 - 1752, 2018.

DALLE ZOTTE, A. How does “wooden breast” myodegeneration affect poultry meat quality? In: **International Congress of Meat Science and Technology**, 60, 2014, Punta del Leste. **Anais**. Uruguai, 2014.

DALLE ZOTTE, A.; TASONIERO, G.; PUOLANNE, E.; REMIGNON, H.; CECCHINATO, M.; CATELLI, E.; CULLERE, M. Effect of “Wooden Breast” Appearance on Poultry Meat Quality, Histological Traits, and Lesions Characterization. **Animal Science**. v.62, n.2, p.51–57, 2017.

DE BROT, S., PEREZ, S., SHIVAPRASAD, H., BAIKER, K., POLLEDO, L., CLARK, M., & GRAU-ROMA, L. Wooden breast lesions in broiler chickens in the UK. **Veterinary Record**, v. 178, n.6, p. 67-72. 2016.

FAO. (2021). OECD-FAO AGRICULTURAL OUTLOOK 2021-2030 .  
<https://www.fao.org/3/cb5332en/Meat.pdf>.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Statistical Databases. Livestock Primary. 2019. Disponível em:  
<<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QL>>. Acesso em Fev. 2021.

FERNANDES, R. T. V.; ARRUDA, A. M. V.; COSTA, M. K. O, LIMA, P.O.; SANTOS, L. O. G.; MELO, A.S.; MARINHO, J. B. M. Physicochemical and microbiological parameters of frozen and chilled chicken meat. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.45, n.7, p.417-421, 2016.

FOLCH, J.; LEES, M.; STANLEY, S. G. H. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. **Journal of Biological Chemistry**, v.226, n.1, p.497-509, 1957.

GAGAOUA, M.; MULLEN, A. M.; FRANCO, D.; WARNER, R. D.; LORENZO, J. M.; PURSLOW, P. P.; GERRARD, D.; HOPKINS, D. L.; TROY, D.; PICARD, B. Molecular signatures of beef tenderness: Underlying mechanisms based on integromics of protein biomarkers from multi-platform proteomics studies. **Meat Science**. v.172, p. 1-27, Article ID 108311, 2021.

GANHÃO, R.; MORCUENDE, D.; ESTÉVEZ, M. Protein oxidation in emulsified cooked burger patties with added fruit extracts: Influence on colour and texture deterioration during chill storage. **Meat Science**, v. 85, n. 3, p. 402–409, 2010.

GERONIMO, B. C.; PRUDENCIO, S. H.; SOARES, A. L. Biochemical and technological characteristics of wooden breast chicken fillets and their consumer acceptance. **Journal of Food Science and Technology**, v.59, n.3, p.1185-1192, 2022.

HE, K.; SUN, Q.; & TANG, X. Prediction of tenderness of chicken by using viscoelasticity based on airflow and optical technique. **Journal of Texture Studies**. v.53, n.1, p.133-145, 2021.

HENCHION, M. M.; MCCARTHY, M.; & RESCONI, V. C. Beef quality attributes: A systematic review of consumer perspectives. **Meat Science**, v.128, p.1-7, 2017.

HILLEN, J. Online food prices during the COVID-19 pandemic. **Agribusiness**, v. 37, n.1, p. 91–107, 2020.

ISMAIL, I.; JOO, S. T. Poultry Meat Quality in Relation to Muscle Growth and Muscle Fiber Characteristics. **Korean Journal for Food Science of Animal Resources**, v. 37, n. 6, p. 873–883, 2017.

JIMÉNEZ, S. M., SALSI, M. S., TIBURZI, M. C., RAFAGHELLI, R. C., TESSI, M. A., & COUTAZ, V. R. Spoilage microflora in fresh chicken breast stored at 4 ° C : influence of packaging methods. **Journal of Applied Microbiology**, v.83, n.5, p. 613–618, 1997.

JOINER, K. S.; HAMLIN, G. A.; LIEN, R. J. AND BILGILI, S. F. Evaluation of Capillary and Myofiber Density in the Pectoralis Major Muscles of Rapidly Growing, High-Yield Broiler Chickens During Increased Heat Stress. **Avian Diseases**, v. 58, n.3, p.377-82, 2014.

KANG, Z.; GAO, Z.. ZOU, X.; LI, Y.; MA, H. Effects of NaHCO<sub>3</sub> on the colour, tenderness, and water distribution of raw and cooked marinated beef. **Food Science and Technology**. v.42, e96521, p. 1-7, 2022.

KIM, E. J.; LEE, S. Y.; PARK, D. H.; KIM, H.; CHOI, M. J. Physicochemical properties of pork neck and chicken leg meat under various freezing temperatures in a deep freezer. **Food Science of Animal Resources**. v.40, n.3, p.444-460, 2020.

KOSOWSKA, M., A. MAJCHER, M., FORTUNA, T. Volatile compounds in meat and meat products. **Food Science Technology**, v. 37, n. 1, p. 1-7, 2017.

KUTTAPPAN, V. A., OWENS, C. M.; COON, C.; HARGIS, M.; VAZQUEZ-A NON M. Incidence of broiler breast myopathies at 2 different ages and its impact on selected raw meat quality parameters. **Poultry Science**, v.96, n.8, p. 3005-3009, 2017.

KUTTAPPAN, V. A.; SHIVAPRASAD, H. I.; SHAW, D. P.; VALENTINE, B. A.; HARGIS, B. M.; CLARK, F. D.; MCKEE, S. R.; OWENS, C. M. Pathological changes associated with white striping in broiler breast muscles. **Poultry Science**, v.92, n.2, p.331-338, 2013.

LATOU, E.; MEXIS, S.F.; BADEKA, A.V.; KONTAKOS, S.; & KONTOMINASAC, M.G. Combined effect of chitosan and modified atmosphere packaging for shelf life extension of chicken breast fillets. **LWT - Food Science and Technology**, v.55, n.1, 263-268, 2014.

LEITE, N. M; PEDRAO, M. R; KATO, T; INOUE, J. N; HASUNUMA, I. L. W; DIAS. L. F; SOUZA, R. B; CORÓ, F. A. G. Poultry breasts with white striping meat x impacts on technological properties. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, p, 1-13, 2020.

LUND, M. N.; HEINONEN, M.; BARON, C. P.; ESTÉVEZ, M. Protein oxidation in muscle foods: A review. **Molecular Nutrition Food Research**. v.55, n.1, p.83–95, 2011.

MACHUCA, M. C. G. **Melhoramento genético e linhagens de frango de corte no Brasil**. 33f. TCC (Graduação) - Curso de Zootecnia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

MADRUGA, M. S.; ROCHA, T. C.; CARVALHO, L. M.; SOUSA, A. M. B. L.; SOUSA NETO, A. C.; COUTINHO, D. G.; CARVALHO FERREIRA, A. S.; SOARES, A. J.; SOUSA GALVÃO, M., IDA, E. I., & ESTÉVEZ, M. The impaired quality of chicken affected by the wooden breast myopathy is counteracted in emulsion-type sausages. **Journal of Food Science and Technology**, v. 56, n.3, p.1380–1388, 2019.

MENDES, A. A.; KOMIYAMA, C. M. Estratégias de manejo de frangos de corte visando qualidade de carcaça e carne. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, p. 352-357, 2011.

MERA, J.D.R.; PINTO, J.S.S; & CASTILLO, C.J.C. Effect of ultimate pH and ageing on thermal denaturation of bovine muscle proteins. **Meat Science**. v.131, p.25-27, 2017.

MUDALAL S.; LORENZI, M.; SOGLIA, F.; CAVANI, C.; PETRACCI, M. Implications of White striping and Wooden breast abnormalities on quality traits of raw and marinated chicken meat. **Animal**. v.9, n.4, p.728-34, 2015.

MUTRYN, M. F.; BRANNICK, E. M.; FU, W.; LEE, W. R.; ABASHT, B. Characterization of a novel chicken muscle disorder through differential gene expression and pathway analysis using RNA-sequencing. **BMC Genomics**, v.16, n.399, p. 1-19, 2015.

OSÓRIO, J.; OSÓRIO, M.; FERNANDES, A.; VARGAS JUNIOR, F. M. Produção e qualidade de carne ovina. SELAIVE, AB; OSÓRIO, J.C.S. **Produção de ovinos no Brasil**. São Paulo: Roca, p.399-445, 2014.

PAN, X.; ZHANG, L.; XING, T.; LI, J.; GAO, F. The impaired redox status and activated nuclear factor-erythroid 2-related factor 2/antioxidant response element pathway in wooden breast myopathy in broiler chickens. **Animal Bioscience**, v.34, n.4, p.652-661, 2021.

PANDA, A. K.; G. CHERIAN. Role of vitamin E in counteracting oxidative stress in poultry. **Japan Poultry Science Association**. v.51, p.109-117, 2014.

PAPAH, M. B.; BRANNICK, E. M.; SCHMIDT, C. J.; ABASHT, B. Evidence and role of phlebitis and lipid infiltration in the onset and pathogenesis of Wooden breast disease in modern broiler chickens. **Avian Pathology**. v.46, n.6, p. 623–643, 2017.

PAPAH, M. B.; BRANNICK, E. M.; SCHMIDT, C. J.; ABASHT, B. Gene expression profiling of the early pathogenesis of wooden breast disease in commercial broiler chickens using RNA-sequencing. **Plos One**. v.13, n.12, p.1–25, 2018.

PEREIRA, L. L.; FIALHO, A.; REZENDE, A. R.; JACON, M. A. M.; FILHO, J. G.; MENDES, R. G.; COUTINHO, E. S.; FADIM JÚNIOR, J. E. Uso de composteiras na

produção de aves de corte. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 10, p. 17372–17381, 2019.

PEREZ-ALVAREZ, J. A.; SENDRA-NADAL, E.; SANCHEZ-ZAPATA, J.; M. VIUDA-MARTOS. Poultry flavour: General aspects and applications. In: **Handbook of Poultry Science and Technology**. v. 2: Secondary Processing (Ed. I. Guerrero-Legarreta and Y. H. Hui). John Wiley and Sons Inc, New Jersey. p. 339-357, 2010.

PETRACCI, M.; C. CAVANI. Muscle growth and poultry meat quality issues. **Nutrients**. v. 4, n.1, p.1–12, 2012.

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

PETRACCI, M.; SOGLIA, F.; BERRI, C. Muscle metabolism and meat quality abnormalities. In M. PETRACCI, M; BERRI, C. (Eds.), **Poultry quality evaluation. Quality attributes and consumer values** (p. 51–75). Duxford, UK: Woodhead Publishing, 2017.

PETRACCI, M.; SOGLIA, F.; MADRUGA, M., CARVALHO, L.; IDA, E.; ESTÉVEZ M. Wooden-Breast, White Striping, and Spaghetti Meat: Causes, Consequences and Consumer Perception of Emerging Broiler Meat Abnormalities. **Comprehensive Review Food Science in Food Safety**, v.18, n.2, p.565–583, 2019.

RAMOS, E. M.; & GOMIDE, L. A. M. **Avaliação da qualidade de carnes: fundamento e metodologias**. (2a ed.), UFV, 2017.

ROCHA, T. C.; CARVALHO, L. M.; SOARES, A. J.; COUTINHO, D. G.; OLEGARIO, L. S.; GALVÃO, M. S., ESTÉVEZ, M.; MADRUGA, M. S. Impact of chicken wooden breast on quality and oxidative stability of raw and cooked sausages subjected to frozen storage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.100, n.6, p. 2630–2637, 2020.

RODRIGUES, W. O. P.; GARCIA, R. G.; NAAS, I. A.; ROSA, C. O.; CALDARELLI, C. E. Evolução da avicultura de corte no Brasil. **Enciclopédia Biosfera**, v.10, n.18, p.1666–1684, 2014.

ROSMINI, M. R.; PERLO, F.; PÉREZ-ALVAREZ, J. A.; PAGIN-MORENO, M. J.; GAGO-GAGE, A.; LOPEZ-SANTOVEIL, F.; ARANDA-CATA, V. TBA Test byan Extractive Method Applied to ‘Paté. **Meat Science**, v. 42, n.1, p.103-110, 1996.

SANCHEZ BRAMBILA, G.; CHATTERJEE, D.; BOWKER, B.; ZHUANG, H. Descriptive texture analyses of cooked patties made of chicken breast with the woody breast condition. **Poultry Science**, v.96, n.9, p.3489-3494, 2017.

SARABIA, J. L. B.; LINARES, C. P.; & RINCÓN, F. G. R. Practicas de manejo previo a la matanza en ovinos y su efecto en la calidad de la carne. **Nacameh**, v.7, n.1, 1–16, 2013.

SCHILLING, M. W., SUMAN, S. P., ZHANG, X., CIARAMELLA, M. A., ALLEN, P. J., NAIR, M. N., CAI, K. Proteomic approach to characterize biochemistry of meat quality defects. **Meat Science**, v.132, p.131–138, 2017.

SCHMIDT, N. S.; SILVA, C. L. DA. Pesquisa e desenvolvimento na cadeia produtiva de frangos de corte no Brasil. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 56, n. 3, p. 467–482, 2018.

SIHVO, H. K.; AIRAS, N.; LINDÉN, J.; PUOLANNE, E. Pectoral vessel density and early ultrastructural changes in broiler chicken wooden breast myopathy. **Journal of Comparative Pathology**. v.161, p. 1–10, 2018.

SIHVO, H. K.; IMMONEN, K.; PUOLANNE E. Myodegeneration with fibrosis and regeneration in the pectoralis major muscle of broilers. **Veterinary Pathology**, v.51, n.3, p. 619-623, 2014.

SIHVO, H. K.; LINDÉN, J.; AIRAS, N.; IMMONEN, K.; VALAJA, J.; PUOLANNE, E. Wooden Breast Myodegeneration of Pectoralis Major Muscle Over the Growth Period in Broilers. **Veterinary Pathology**, v. 54, n. 1, p. 119–128, 2017.

SOARES, A. L.; OLIVO, R.; SHIMOKOMAKI, M.;IDA, E. I. Synergism between dietary vitamin E and exogenous phytic acid in prevention of warmed-over flavour development in chicken breast meat, Pectoralis major m. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 47, n.1, p.57-62, 2004.

SOGLIA, F.; LAGHI, L.; CANONICO, L.; C. CAVANI, C.; PETRACCI, M. Functional property issues in broiler breast meat related to emerging muscle abnormalities. **Food Research International**, v.89, n. 3, p.1071-1076, 2016a.

SOGLIA, F.; MUDALAL, S.; BARBINI, E.; DI NUNZIO, M.; MAZZONI, M.; SIRRI, F.; CAVANI, C. PETRACCI, M. Histology, composition, and quality traits of chicken Pectoralis major muscle affected by *wooden breast* abnormality. **Poultry Science**, v.95, n. 3, p.651-659, 2016b.

SOGLIA, F.; MAZZONI, M.; PETRACCI, M. Spotlight on avian pathology: current growth-related breast meat Spotlight on avian pathology : current growth- related breast meat abnormalities in broilers. **Avian Pathology**, v.48, n.1, p.1–3, 2018.

SOGLIA, F.; SILVA, A. K.; LIÃO, L.M.; LAGHI, L.; PETRACCI, M.; Effect of broiler breast abnormality and freezing on meat quality and metabolites assessed by 1 H-NMR spectroscopy, **Poultry Science**,v.98, n.12, p. 7139-7150, 2019.

SORJ, B.; POMPERMAYER, M. J.; CORADINI, O, L. Camponeses e agroindústria:transformação social e representação política na avicultura brasileira [online]. Rio de Janeiro: **Centro Edelstein de Pesquisas Sociais**, p.102, 2008.

SOULTOS, N.; TZIKAS, Z.; ABRAHIM, A.; GEORGANTELIS, D.; AMBROSIADIS, I. Chitosan effects on quality properties of Greek style fresh pork sausages. **Meat Science**, v.80, n.4, p.1150-1156, 2008.

SREERAM, A.; A. KESHARWANI.; S. DESAI. Factors affecting satisfaction and loyalty in online grocery shopping: an integrated model. **Journal of Indian Business Research**, v. 9, n.2, p.107–132, 2017.

STONE, H.; SIDEL, J. Sensory evaluation practices. **New York: Academic Press**, 1974.

STONEHOUSE, G. G., & EVANS, J. A. The use of supercooling for fresh foods : A review. **Journal of Food Engineering**, v.148, p.74-79, 2014.

TASONIERO, G.; BERTRAM, H. C.; YOUNG, J. F.; DALLE ZOTTE, A.; PUOLANNE, E. Relationship between hardness and myowater properties in Wooden Breast affected chicken meat: A nuclear magnetic resonance study. **LWT - Food Science and Technology**, v.86, p. 20-24, 2017.

TAUB, A. I., & SINGH, R. P. **Food Storage Stability**. (1st ed.). CRC Press,1998.

THANATSANG, K.V.; MALILA, Y.; ARAYAMETHAKORN, S.; SRIMARUT, Y.; TATIYABORWORNTHAM, N.; UENGWETWANIT, T.; PANYA, A.; RUNGRASSAMEE, W.; VISESSANGUAN, W. Nutritional Properties and Oxidative Indices of Broiler Breast Meat Affected by Wooden Breast Abnormality. **Animals**, v.10, p.1-16, Article ID 2272, 2020.

TIJARE, V.V.; YANG, F. L.; KUTTAPPAN, V.A.; ALVARADO, C. Z.; COON C.N.; OWENS CM. Meat quality of broiler breast fillets with white striping and woody breast muscle myopathies. **Poultry Science**, v. 95, n. 9, p.2167–2173, 2016.

VAYEGO, S. A.; DIONELLO, N. J. L.; FIGUEIREDO, E. A. P. Direct and indirect selection and index selection in broiler line. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 35, n. 4, p. 2107-2116, 2014.

VELLEMAN, S. G., CLARK, D. L.; TONNIGES, J. R. Fibrillar collagen organization associated with broiler Wooden Breast fibrotic myopathy. **Avian Disease**. v.61, n.4, p.481-490, 2017.

VELLEMAN, S. G.; ANDERSON, J. W.; COY, C. S.; NESTOR, K. E. Effect of selection for growth rate on muscle damage during turkey breast muscle development. **Poultry Science**. v.82, n.7, p. 1069-1074, 2003.

VELLEMAN, S. G.; CLARK, D. L. Histopathologic and Myogenic Gene Expression Changes Associated with Wooden Breast in Broiler Breast Muscles. **Avian Diseases**, v.59, n.3, p.410-418, 2015.

VELLEMAN, S.; CLARK, D. L.; TONNIGES, J. The effect of the Wooden Breast myopathy on sarcomere structure and organization. **Avian Diseases**. v.62, n.1, p. 28-35, 2018.

VOLJČ, M.; FRANKIČ, T.; LEVART, A.; NEMEC, M.; SALOBIR, J. Evaluation of different vitamin E recommendations and bioactivity of  $\alpha$ -tocopherol isomers in broiler nutrition by measuring oxidative stress in vivo and the oxidative stability of meat. **Poultry Science**. v. 90, n.7, p. 1478-1488, 2011.

WEI, R., WANG, P., HAN, M., CHEN, T., XU, X., & ZHOU, G. (2017). Effect of freezing on electrical properties and quality of thawed chicken breast meat. **Asian-Australasian Journal of Animal Sciences**, v.30, n.4, p.569-575, 2017.

WOLD, J. P.; VEISETH-KENT, E.; HØST, V.; LØVLAND, A. Rapid on-line detection and grading of wooden breast myopathy in chicken fillets by near-infrared spectroscopy. **PLoS ONE**. v. 12, n.3, p.1-16, 2017.

XING, T., X. ZHAO, L. ZHANG, J. L. LI, G. H. ZHOU, X. L. XU.; F. GAO. (2020). Characteristics and incidence of broiler chicken wooden breast meat under commercial conditions in China. **Poultry Science**. v.99, n.1, p.620–628, 2020.

XING, T.; PAN, X.; ZHANG, L.; & GAO, F. Hepatic Oxidative Stress, Apoptosis , and Inflammation in Broiler Chickens With Wooden Breast Myopathy. **Frontiers in Physiology**, v.12, p.1-11, Article ID 659777, 2021.

XU, Y., HUANG, J.; HUANG, M.; XU, B.; & ZHOU, G. The effects of different chilling methods on meat quality and calpain activity of pork muscle longissimus dorsi. **Journal of Food Science**, v.77, n.1, p.27-32, 2011.

ZAMBONELLI, P.; ZAPATERRA, M.; SOGLIA, F.; PETRACCI, M.; SIRRI, F.; CAVANI, C.; DAVOLI, R. Detection of differentially expressed genes in broiler pectoralis major muscle affected by White Striping – Wooden Breast myopathies. **Poultry Science**. v.95, n.12, p. 2771–2785, 2016.

ZANETTI, M. A., D. C. TEDESCO, T. SCHNEIDER, S. T. F. TEIXEIRA, L. DAROIT, F. PILOTTO, E. L. DICKEL, S. P. SANTOS.; L. R. SANTOS. Economic losses associated with Wooden Breast and White Striping in broilers. **Semina: Ciências Agrárias**. v.39, n.2, p.887–891, 2018.

ZEN, S. DE; IGUNA, M. D.; ORTELAN, C. B.; SANTOS, V. H. S. DOS; FELLI, C. B. Evolução da avicultura no Brasil . **Informativo Cepea**, p. 1–3, 2014.

ZUIDHOF, M. J.; SCHNEIDER, B. L.; CARNEY, V. L.; KORVER, D. R.;ROBINSON, F. E. Growth, efficiency, and yield of commercial broilers from 1957, 1978, and 2005. **Poultry Science**, v. 93, n. 12, p. 2970–2982, 2014.

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e discussão do presente estudo foram formatados em três artigos científicos, em atendimento às normas do Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (PPGCTA).

**ARTIGO 1:** Consumer behaviour towards chicken breasts affected with myopathy (Wooden Breast): Face-To-Face vs Online Tests.

O artigo foi publicado no periódico **International Journal of Food Science and Technology** . (Fator de impacto: 3.612) (<https://doi.org/10.1111/ijfs.15892>)

**ARTIGO 2:** Effect of refrigeration and freezing on the oxidative stability of WB chicken breast

Submetido no periódico **LWT - Food Science and Technology (Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie)**.

**ARTIGO 3:** Effect of cold on the quality aromatic of breast meat in affected broilers by Wooden Breast myopathy

A ser submetido.

## Original article

## Consumer behaviour towards chicken breasts affected with myopathy (Wooden Breast): face-to-face vs. online tests

Thayse C. da Rocha,<sup>1</sup>  Lary S. Olegario,<sup>1</sup>  Leila M. de Carvalho,<sup>1</sup>  Deyse A. Pereira,<sup>1</sup>   
 Alberto González-Mohino,<sup>2</sup>  Sonia Ventanas,<sup>2</sup>  Mario Estévez<sup>2</sup>  & Marta Suely Madruga<sup>1\*</sup> 

<sup>1</sup> Post-Graduate Program in Food Science and Technology, Department of Food Engineering, Technology Centre, Federal University of Paraíba, 58051-900, João Pessoa, Paraíba, Brazil

<sup>2</sup> IPROCAR Research Institute, TECAL Research Group, University of Extremadura, 10003, Cáceres, Spain

(Received 4 March 2022; Accepted in revised form 3 June 2022)

**Summary** The incidence of the Wooden Breast myopathy (WB) in the meat industry is increasingly high and causes economic losses. This work seeks to study the impact of this myopathy on consumer perception. The aim of this study was to evaluate consumers' degree of knowledge, acceptability and purchase intention of chicken breasts affected by the WB. In face-to-face scenario, 197 participants evaluated samples of Normal (N), Moderate (WBM) and Severe WB (WBS) breasts fillet, whereas in the online scenario 200 participants analysed the photographic images of the samples. Participants' perceptions did not show differences among informed conditions, conversely to the scenario. N samples show higher scores in both tests in the face-to-face scenario, but this was not the case for the samples evaluated in the online scenario, where WBM samples were better accepted and did not present differences compared with N breast samples regarding purchase intention. This work shed light on the importance of the scenario for consumer perception and the necessity of reformulated objectives and experimental designs in the current pandemic context.

**Keywords** Appearance, consumer preference, face-to-face scenario, online scenario, poultry myopathy, sensory evaluation.

### Introduction

As a result of improvements in the characteristics of growth, yield and size of the pectoral muscle in chickens, myopathies arose in broilers, with changes in the appearance and functionality of the breast fillet, which led to economic losses for the global poultry industry (Maharjan *et al.*, 2020; Xing *et al.*, 2020). White Striping—WS, Wooden Breasts—WB and Spaghetti Meat—SM have been regarded as the recent problems detected in the quality of chicken meat raised in intensive systems (Petracci *et al.*, 2019).

In recent years, the incidence of WB myopathy has shown a high rate, ranging from 13.6% to 95% as the age of slaughter birds increases (De Carvalho *et al.*, 2020b). This condition has been identified as an emerging quality defect (Sihvo *et al.*, 2017; Petracci *et al.*, 2019), characterised by palpably hard protuberances at the caudal end, together with clear viscous liquid and minor bleeding, and often accompanied by white lists (Sihvo *et al.*, 2017; Xing *et al.*, 2020).

Depending on the degree of severity, the WB myopathy impacts the quality and appearance of breast filets, causing rejection at the inspection stage still at the slaughterhouse or during processing. According to (Kuttappan *et al.*, 2016), the economic losses decurately of this myopathy exceed US \$ 200 million annually only in USA. The formulation of meat products with good consumer's acceptance such as sausages and patties using wooden breasts can be an option to overcome the economic impact generated by this myopathy (da Rocha *et al.*, 2020; Santos *et al.*, 2021).

Changes in the lipid content and composition in chicken WB have been reported to cause to high levels of oxidation and rancidity (Soglia *et al.*, 2016; Gratta *et al.*, 2019). Other studies have reported differences in the collagen content between WB breasts and normal (N) counterparts (Soglia *et al.*, 2016), which is manifested in high compression and shear strength values in chicken breasts affected by the WB myopathy (Trocin *et al.*, 2015). The metabolite profile of WB affected samples showed higher leucine, valine, alanine, glutamate, lysine, lactate, succinate, taurine, glucose and 5'-IMP levels, but lower histidine,  $\beta$ -alanine,

\*Correspondent: E-mail: msmadruga@uol.com.br

acetate, creatine, creatinine, anserine and nicotinamide adenine dinucleotide levels, and these authors suggest a relationship between that the WB condition and oxidative stress (Wang *et al.*, 2020). The myodegeneration of WB results in changes in the visual appearance, the texture and consequently in the sensory perception and consumers' purchase intention (Zanetti *et al.*, 2018; Petracci *et al.*, 2019). de Carvalho *et al.* (2020a) carried out a study with chicken breasts affected by the WS myopathy where acceptability and purchase intention of raw breasts were evaluated. The findings of this work show the white stripes reduce the visual acceptability and purchase intention of these chicken breasts. However, the results were affected by the access to information about the myopathy by the consumers, which described the samples as 'non-normal appearance' or 'fatty breast meat', providing these arguments as reasons for explaining their rejection of fat deposition on the surface. Hence, the awareness of consumers on the occurrence of myopathy seems to play a role in its acceptance. Xing *et al.* (2020) evaluated the acceptability of raw WB chicken breasts, and as a result, the moderate and severe grades obtained lower scores for visual appearance. However, there are still few studies on hedonic responses to WB chicken breast and the impact of consumers' awareness (Geronimo *et al.*, 2021) on this myopathy is ignored.

Changes in lifestyle, boosted in recent years due to the COVID-19 pandemic, have drastically changed economic activities, and thus, there was a great demand from the online food purchasing sector (Alaimo *et al.*, 2020; Hillen, 2020). The factors that affect purchasing behaviours and decisions in online purchases of food products are different to those in conventional on site purchasing (Sreeram *et al.*, 2017). The observation of these changes in shopping habits and food choice requires an update in research approaches with the inclusion of online research, bringing answers from these new perspectives.

This research aims to study the hedonic acceptability and purchase intention of consumers of chicken breasts affected by WB myopathy. Responses were recorded before and after being informed of the occurrence of WB myopathy in the samples to be assessed. Additionally, participants' responses were recorded in two scenarios: face-to-face and online.

## Materials and methods

### Samples selection

Cobb<sup>®</sup> chicken breasts (male and female, aged between 36 and 44 days) were obtained from a slaughterhouse under the Federal Inspection Service (Brasil, 1998). Chicken breasts were classified by

palpation and visual appearance in: Normal breast (N)—breast without any hardness and without exudate on the surface; Moderate-degree woody breast (WBM)—breast with part of the tissue hardened regions and some bleeding points and Severe woody breast (WBS)—chest showing extreme stiffness and bleeding points on the surface. This classification was made by using the criteria published by Petracci *et al.* (2019).

### Instrumental colour and texture characterisation

The colour values of lightness, redness and yellowness  $L^*$ ,  $a^*$  and  $b^*$  were measured from different locations on the surface at the fresh chicken breasts: cranial (cr), medial (me) and caudal (ca). The colour was measured with Konica Minolta (Model CR-400, Osaka, Japan) following the procedure determined by CIE (1996): C illuminate, 8° viewing angle, 10° observer standard angle and specular included. This analysis was performed in five replicates. Shear force and texture profile analysis were carried out according to Madruga *et al.* (2019) performed in triplicate and using the software Texture Expert for Windows 1.20 (Stable Micro Systems\TE32 L\version 6.1.4.0, UK). This analysis was performed in ten replicates.

### Sensory procedures to consumer behaviour

To investigate the acceptability of consumers and the purchase intention of N, WBM and WBS raw chicken breast, the research methodology was developed in two stages. In the first stage, a face-to-face scenario was settled prior to the social restrictions adopted in Brazil due to the COVID-19 pandemic. The second stage took place during the pandemic restriction period. Participants were invited to participate *via* social networks and e-mails to complete an online questionnaire. All participants were informed of the purpose of the research, and the voluntary nature of participation, and read the free and informed consent form to participate in the study. This research was previously approved by the ethics committee of the Federal University of Paraiba (CAAE: 26383519.3.0000.5188).

Demographics data related to gender, age, studies level, chicken meat consumption and knowledge of myopathy were collected in all sessions, representing different population groups. The answers collected in both steps will provide information that allows comparing consumer behaviour with two different perspectives, face-to-face and online.

The demographic evaluation of consumers considered a distribution of sex, age, education level, buyers of chicken meat, and whether they had knowledge about myopathy (in the AI condition). The distribution between male and female was balanced in both scenarios, with participants between 18 and 51 years

old. More than 90% of the participants in both questionnaires had an education level above high school. A percentage of 93.4% reported making purchases of this type of chicken meat when the scenario was face-to-face and was 98.0% when the scenario was online. In the AI condition for both tests, consumers answered about their knowledge about WB myopathy, where 87.8% (face-to-face) and 77.0% (online) said they had no knowledge of this pathology. Therefore, these results showed that the awareness of WB myopathy is not widespread among the Brazilian buyers and consumers of chicken meat which is in agreement with the study carried out by De Carvalho *et al.* (2020b) with Spanish consumers who assessed white striping myopathy in commercial chicken breasts.

#### *Stage I—acceptability test and purchasing decision—Face-to-face scenario*

A total of 197 regular chicken breast consumers answered the questionnaire. They were recruited from among employees, students and visitors from two different University Campus of the Federal University of Paraíba, located in the cities of João Pessoa-PB and Bananeiras-PB. The session was carried out in sensory evaluation rooms on tables (with a distance of 1 meter between each panellist) under white light, with adequate ventilation and with a temperature of 21–22 °C.

The study was carried out under two conditions: 'before information' (BI) and 'after information' (AI). In the first condition, participants answered the questionnaire blindly (BI condition): no information about myopathy was provided. In the second condition, the participants evaluated an informed questionnaire (AI condition): participants were invited to read information about the characteristics of the WB myopathy, causes and degrees of severity. Thereafter, they filled out a questionnaire presented on paper about N, WBM and WBS chicken breast (same samples from the blind test). Each fillet was randomly coded with a 3-digit number. Samples were presented to participants, simulating the purchase conditions in a supermarket: exposed cooled on a white expanded polystyrene tray wrapped in a transparent polypropylene film. The chicken breast acceptance test was applied using the 5-point hedonic scale (1 = Extremely disliked; 2 = Moderately disliked; 3 = Neither liked or disliked; 4 = Moderately liked; 5 = Extremely liked), and the purchase intention was assessed by the 5-point attitude scale (1 = Definitely would not buy it; 2 = Probably would not buy it; 3 = Might would buy it; 4 = Probably would buy it; 5 = Definitely would buy it). After each of these tests (acceptance and purchase intention), participants were asked to indicate the reasons that motivated each answer with the following question 'Briefly explain: what are the reasons for your decision?'. The responses were analysed

individually and similar terms were grouped and evaluated according to their frequency.

#### *Stage II—Acceptability test and purchasing decision—online scenario*

Nowadays, consumption studies based on online sensory analysis tests are applied as an alternative to face-to-face studies, showing satisfactory results (Olegario *et al.*, 2021). This kind of test is the most suitable methodology in the social context of COVID-19, as other authors have explored (Ben Hassen *et al.*, 2020; Richards & Rickard, 2020; Sidor & Rzymiski, 2020). Participants were recruited to respond to the survey through a professional email list from public and private institutions and University departments or social networks of personal and professional contacts (Facebook and WhatsApp) including a general interest group with a diverse demographic profile—gender, age, education, buyers and consumers of chicken meat. A total of 200 regular chicken breast consumers responded to the online questionnaire administered through the Google Form platform (Google L.L.C., Mountain View, CA, USA).

As occurred in stage I (face-to-face), the questionnaire was divided into two conditions: blind (BI) and informed (AI) conditions. In this type of evaluation, the participants evaluated images of the N, WBM and WBS breasts (Fig. 1) randomly encoded. An image of a single sample of each chicken breast was displayed on a white tray, in order to avoid visual interferences (images with a minimum resolution of 300 dpi). The scales and their ranges for acceptance and purchase intention tests were the same as for stage I, as well the reasons that motivated each answer.

#### **Statistical analyses**

In this study, a Shapiro–Wilk normality test ( $\alpha = 0.05$ ) was performed. ANOVA was applied to the normal instrumental colour and texture data, and the means were compared with Tukey test ( $P < 0.05$ ). The Kruskal–Wallis non-parametric test ( $P < 0.05$ ) was applied to non-normal sensory data for comparing three or more samples, and the means were compared through the Dunn's test at an overall  $\alpha = 0.05$ , and Mann–Whitney *U* non-parametric test ( $P < 0.05$ ) was applied to non-normal data for comparing two samples. The results of acceptability and purchase intention tests based on the visual appearance of raw meat were expressed in a histogram of the responses, indicating the percentage of assessors that marked the alternatives presented. The results were determined using XLSTAT 2014 (Addinsoft, Paris, France). Hypotheses were specified before the data were collected, and we followed an analytic plan that was pre-registered before data analysis.



Figure 1 Coded images used for online questionnaires.

## Results and discussion

### Instrumental colour and texture results

The results of instrumental colour and texture are shown in Table 1. The  $L^*$  colour parameter in the medial breast region has significantly higher values for the chest with severe myopathy. This characteristic is similar to that determined by studies carried out by Dalle Zotte *et al.* (2017) when they evaluated the colour of Wooden Breasts in different regions and

Table 1 Instrumental colour and texture results of N and WB chicken breasts

Parameters	N	WBM	WBS
$L^*$ cr	58.17 ± 4.43	61.09 ± 3.13	60.43 ± 1.71
$L^*$ me	55.87 ± 4.14 <sup>b</sup>	58.72 ± 1.75 <sup>ab</sup>	62.83 ± 1.31 <sup>a</sup>
$L^*$ ca	57.73 ± 2.72	58.21 ± 3.26	60.81 ± 1.68
$a^*$ cr	2.01 ± 0.62 <sup>b</sup>	3.96 ± 1.56 <sup>Ab</sup>	3.52 ± 0.62 <sup>Ab</sup>
$a^*$ me	1.25 ± 0.75 <sup>b</sup>	1.40 ± 0.31 <sup>ab</sup>	2.52 ± 0.36 <sup>Ab</sup>
$a^*$ ca	1.09 ± 0.97	1.19 ± 0.55 <sup>b</sup>	1.60 ± 1.23 <sup>b</sup>
$b^*$ cr	5.26 ± 1.45	7.82 ± 2.41 <sup>A</sup>	5.36 ± 1.58 <sup>A</sup>
$b^*$ me	3.49 ± 1.87	2.74 ± 1.56 <sup>b</sup>	3.44 ± 1.72 <sup>Ab</sup>
$b^*$ ca	4.84 ± 2.60	3.17 ± 1.51 <sup>b</sup>	2.89 ± 0.67 <sup>b</sup>
Shear force (N)	19.91 ± 2.37 <sup>c</sup>	29.92 ± 4.12 <sup>b</sup>	42.56 ± 8.21 <sup>a</sup>
Hardness (N)	44.24 ± 7.56 <sup>c</sup>	55.69 ± 8.98 <sup>b</sup>	65.85 ± 8.83 <sup>a</sup>
Adhesiveness (g s <sup>-1</sup> )	-59.17 ± 18.11 <sup>b</sup>	-38.42 ± 9.90 <sup>a</sup>	-41.45 ± 6.76 <sup>a</sup>
Cohesiveness	0.30 ± 0.09	0.26 ± 0.06	0.31 ± 0.08
Gumminess	17.88 ± 5.26	19.13 ± 3.81	21.22 ± 4.94
Resilience	0.19 ± 0.08	0.17 ± 0.05	0.18 ± 0.04

ca, caudal; Cr, cranial; me, medial; N, normal breast; WBM, Moderate-degree woody breast; WBS, Severe woody breast.

<sup>ab</sup>Averages with different superscripts (lowercase letters) on the same line differ significantly by the Tukey test ( $P < 0.05$ ). <sup>A,B</sup>Averages with different superscripts (capital letters) in the same column for colour results differ significantly by Tukey's test ( $P < 0.05$ ).

observed higher values of  $L^*$  in all regions compared with the breast without myopathy. WB breasts exhibited higher CIE  $a^*$  values than N breasts in the cranial and medial positions. According to Mutryn *et al.* (2015), small fibre (the process of myofibrils regeneration results in myofibrils with smaller than normal diameter) in regeneration usually occurs in the WB condition, leading to high expression of myoglobin genes which can result in redder muscles and consequently higher  $a^*$  values. The differences found, when comparing the measurement regions of the colour parameters, were for WBM breasts that presented higher values of  $a^*$  and  $b^*$  in the cranial region and for WBS breasts in the cranial and medial region. This increase in  $a^*$  and  $b^*$  may be a consequence of lipidosis and fibrosis that occur in WB meat (Dalle Zotte *et al.*, 2017). This suggests that with increasing severity these abnormalities extend to the medial region, as detected for WBS.

The three groups of samples presented significant differences between them regarding shear force and hardness (Table 1). The lowest shear force was observed in N samples, and the highest was measured in WBS fillets. This result could be explained by the occurrence of fibrosis in chicken samples affected by the WB myopathy (Soglia *et al.*, 2016). Regarding texture profile, as expected, hardness showed the highest values for WBS, followed by WBM, and finally N breasts, with lower values. Soglia *et al.* (2018) reported that the rigidity and hardness of the muscle fibre bundle associated with WB mainly affect the cranial upper part of the breast fillet.

### Acceptability and purchase intention results

Table 2 shows the acceptability and purchase intention mean values of the three types of raw chicken breast (N, WBM and WBS) with different conditions (BI and

AI) and scenarios (face-to-face and online). Significant differences ( $P < 0.0001$ ) were found for the type of chicken breast and the scenario, while no differences were found for the condition of the test. The level of information about myopathy did not influence acceptability and purchase intention tests. Hubert & Athrey (2020) reported that the population is misinformed about the origin of the characteristics of WB and its connection with intensive production systems or with genetically modified organisms. However, even without information about the influence of a myopathy in the samples, participants perceived differences that influenced both acceptability and purchase intention tests. As reported by Hubert & Athrey (2020), as consumers become aware of this myopathy, the rejection of WB meat was increasing, particularly due to the colour of these breasts. Colour was a fundamental parameter for participant responses in this study. The discoloration and abnormal marbling, etc., which give the appearance of 'altered meat' to WB negatively influence these parameters and is one of the main reasons that lead consumers to reject the product according to previous studies (Campo *et al.*, 2020). This result was expected as colour is an important meat trait that drives consumer choice especially in raw chicken meat (Kuttappan *et al.*, 2016).

Generally, N samples obtained higher scores in both conditions and scenarios for acceptability and purchase intent. Likewise, the values of N samples were higher in face-to-face scenarios than online ones. The degree of severity influenced the consumer's response, as WBM samples obtained higher values than WBS ones, regardless of different tests, conditions and scenario combinations. For the face-to-face scenario, in

both tests, the same score trend was obtained, that is, N breasts received higher marks than WBM ones, and these latter samples higher than WBS. In the online scenario, the acceptability level was significantly higher for WBM samples, followed by N and WBS. Regarding purchase intention, the highest values were showed N and WBM samples, which differed significantly from the WBS. Geronimo *et al.* (2021) evaluated an online scenario with WB chicken fillets and observed that there was a significant reduction in overall acceptance (40.72%), a result that directly and significantly affected low purchase intent. In the present study, a consumer rejection is also identified when the degree of severity of the myopathy is higher.

Likewise, in the online scenario N breasts presented higher values than WBS samples for acceptability and purchase intent. According to purchase intention in online questionnaires, N and WBM samples did not show differences among them, with WBS breasts being the ones which presented significant lowers values.

#### Frequency hedonic distribution

Figure 2 displays frequency distribution histogram of acceptability for the three samples.

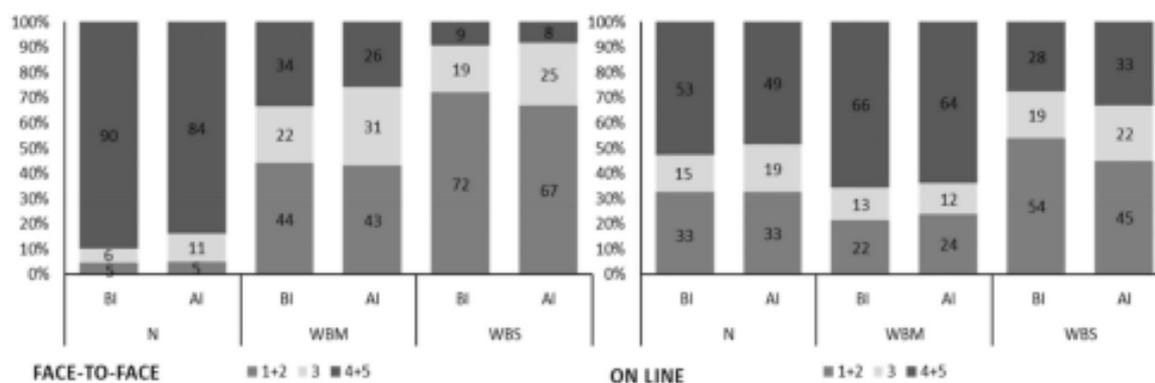
In the face-to-face scenario, most of the participants scored 4 and 5 on hedonic scale for N breasts; therefore, they 'liked' this sample with 90% and 84% of acceptability in the BI and the AI conditions, respectively. The level of acceptability was lower in the online scenario: 53% and 49% in the BI and AI conditions, respectively. WBM meats received a greater extent of rejection in the face-to-face scenario, being similar with other studies in the literature (Cavallo

**Table 2** Acceptability and purchase intention results for BI and AI conditions for the different types of chicken breasts and scenarios

Parameter		Poultry breast meat			P-value
		N	WBM	WBS	
Acceptability					
Face-to-face	Before information	4.28 ± 0.85 <sup>ab</sup>	2.88 ± 1.13 <sup>cd</sup>	2.06 ± 0.99 <sup>cd</sup>	<0.0001
	After information	4.19 ± 0.90 <sup>ab</sup>	2.77 ± 1.06 <sup>cd</sup>	2.16 ± 0.93 <sup>cd</sup>	<0.0001
Online Questionnaire	Before information	3.33 ± 1.31 <sup>cd</sup>	3.64 ± 1.30 <sup>ab</sup>	2.63 ± 1.21 <sup>cd</sup>	<0.0001
	After information	3.27 ± 1.32 <sup>cd</sup>	3.61 ± 1.36 <sup>ab</sup>	2.78 ± 1.18 <sup>cd</sup>	<0.0001
P-value		<0.0001	<0.0001	<0.0001	
Purchase intention					
Face-to-face	Before information	4.29 ± 0.82 <sup>ab</sup>	2.80 ± 1.17 <sup>cd</sup>	2.04 ± 1.05 <sup>cd</sup>	<0.0001
	After information	4.16 ± 0.99 <sup>ab</sup>	2.73 ± 1.09 <sup>cd</sup>	2.33 ± 1.10 <sup>cd</sup>	<0.0001
Online Questionnaire	Before information	3.39 ± 1.38 <sup>cd</sup>	3.65 ± 1.39 <sup>ab</sup>	2.72 ± 1.25 <sup>cd</sup>	<0.0001
	After information	3.36 ± 1.31 <sup>cd</sup>	3.65 ± 1.33 <sup>ab</sup>	2.85 ± 1.26 <sup>cd</sup>	<0.0001
P-value		<0.0001	<0.0001	<0.0001	

N, Normal breast; WBM, Moderate-degree woody breast; WBS, Severe woody breast of chicken breasts and scenarios.

<sup>a,b</sup>Averages with different superscripts (lowercase letters) on the same line differ significantly by the Mann-Whitney U test ( $P < 0.05$ ). <sup>A,B,C</sup>Means with different superscripts (capital letters) in the same column differ significantly by the Mann-Whitney U test ( $P < 0.05$ ).



**Figure 2** Frequency distribution histogram of acceptability for N, WBM and WBS chicken breasts. Face-to-face—BI—before information; face-to-face—AI—after information; online—BI—before information; and online AI—after information. 1 + 2 = extremely dislike + moderately disliked; 3 = neither liked or disliked; 4 + 5 = moderately liked + extremely liked. N = Normal breast; WBM = Moderate-degree woody breast; WBS = Severe woody breast.

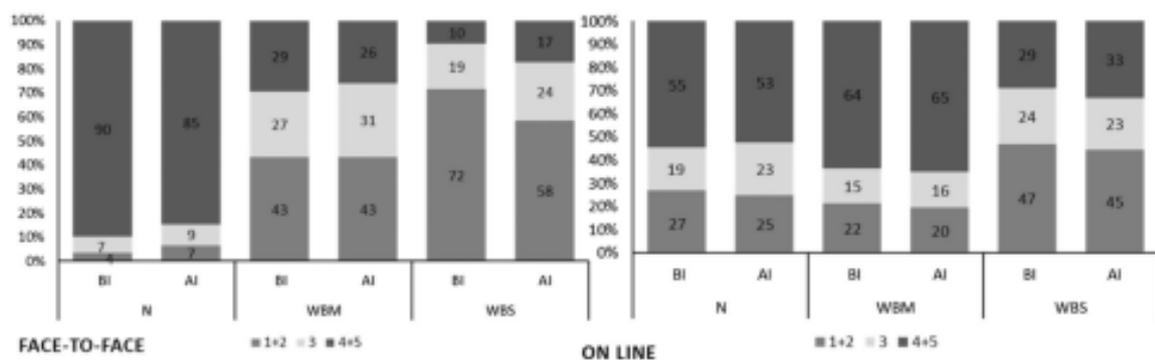
*et al.*, 2020). Meanwhile in the online scenario, opposite results were obtained as more than 50% of assessors liked this type of meat. WBS presented the higher rejection percentages (1 + 2), obtaining in face-to-face scenario the percentages of 72% for BI and 67% for AI, and 54% and 45% for BI and AI respectively, in the online scenario. Participants reported that colour hue, colour uniformity and overall appearance of this meat had a decisive impact in their rejection decision.

Figure 3 shows frequency distribution histogram of purchase intention for the three samples. Most participants reported that they have the intention to purchase N chicken breasts in both scenarios. The responses obtained in the face-to-face scenario indicated that less than 30% of the participants would buy meat with WBM. While in the online scenario

approximately 65% of participants indicated that they would buy in the condition before and after the information. For the WBS sample, most participants would not buy chicken breasts with this level of myopathy, having a rejection percentage above 68% in both condition scenarios (BI and AI). This trend is similar to that found for acceptability in this study and also in previous works with chicken breast affected with another myopathy (White Striping) in a severe degree (de Carvalho *et al.*, 2020a).

#### Comparison among scenarios: face-to-face vs. online

As aforementioned, the emergence of the pandemic associated with COVID-19 seriously affected several sectors, including the meat industry (Hobbs, 2021).



**Figure 3** Frequency distribution histogram of purchase intention for N, WBM and WBS chicken breasts. Face-to-face—BI—before information; face-to-face—AI—after information; online—BI—before information; and online AI—after information. 1 + 2 = definitely would not buy it + probably would not buy it; 3 = might would buy it; 4 + 5 = probably would buy it + definitely would buy it. N = Normal breast; WBM = Moderate-degree woody breast; WBS = Severe woody breast.

This worldwide crisis has also influenced food choice and consumption (Cavallo *et al.*, 2020; Shen *et al.*, 2020; Marty *et al.*, 2021). Sensory evaluation of food, in the industry and the academia, has also been highly influenced by this pandemic since several sensory techniques require a face-to-face approach.

As previously reported, face-to-face and online scenarios showed significant differences among them in both tests. Particularly, these differences were found for the perception of N and WBM samples. Considering the comparison between the scenarios (face-to-face and online), N samples showed higher acceptability values in the face-to-face scenario in both after (AI) and before informed (BI) conditions. Conversely, WBM was benefited in the online scenario, as they received higher acceptability scores, and no differences were found among N and WBM samples for the purchase intention. Thus, two possibilities could occur: (i) the sensory aspects that negatively influence the acceptability and purchase intention of WB were not perceived by the consumer in the online scenario, or (ii) as reported by previous studies (McKenna *et al.*, 2002), the online context facilitates 'true' responses. These results are coherent with literature because the online interaction favours the positive judgements of the participants in comparison with face-to-face scenarios (Okdie *et al.*, 2011). However, if the severity of myopathy increased (WBS), it was significantly less accepted and purchased, regardless of the scenario of assessment.

The responses in the face-to-face scenario showed that participants had the ability to discriminate the three groups of samples in a logical order. Meanwhile, the results of the online scenario showed that the WBM samples were better accepted by consumers with no differences between these samples and the N ones. Face-to-face interaction presents a more realistic approach due to the simulation of purchase conditions in a supermarket, and as can be seen in this study, it had an important influence on participants' responses. On the contrary, in an online scenario, participants only had images to evaluate the tests and therefore cannot replicate the context of purchase in a market where the consumer can see the samples from different view perspectives.

Considering the results of this study and those from previous works, it seems obvious that the online scenario has certain limitations in comparison with the face-to-face scenario. However, the online scenario is already an alternative that could replace conventional methods, depending on the type of test. This fact has been supported by the restrictions associated with the pandemic; therefore, it is necessary to know the advantages and disadvantages that provide the online scenario and to reformulate the scopes and aims that can be achieved by applying non-face-to-face sensory techniques.

## Conclusions

The presence and level of severity of myopathy influence the colour and instrumental texture characteristics of chicken breast. Sensorially, the levels of acceptability and purchase intention regarding the appearance of the samples were not influenced by the participants' awareness of myopathy; however, differences were found between samples and scenarios. Normal chicken breasts were better valued in both tests in the face-to-face scenario, while moderate-degree woody samples obtained better scores in the online scenario. This dissonance shows the difference in the participant's sensory perception depending on the context and scenario. Further sensory studies should consider the present results to reformulate objectives and techniques when the online assessment of foods is to be carried out. Thus, the results of the present work clarify the impact of the scenario on consumer perception and explore different strategies that can be implemented by the chicken industry to understand consumer insights.

## Acknowledgments

The authors would like to thank Guaraves Guarabira Aves Ltda for the donation of the study samples. They also would like to thank CNPq for the grant awarded to students TCR, LMC and LSO and support through projects 401 167/2014-3 and 3 430 832/2016-8. Finally, the authors declare that the present study was financed in part by the Brazilian Federal Agency for the Support and Evaluation of Graduate Education (CAPES) —Finance Code 001.

## Author contributions

**Thayse C. da Rocha:** Conceptualization (equal); data curation (equal); formal analysis (equal); investigation (equal); methodology (equal); validation (equal); writing – original draft (equal); writing – review and editing (equal). **Lary S. Olegário:** Conceptualization (equal); data curation (equal); formal analysis (equal); investigation (equal); methodology (equal); supervision (equal); validation (equal); writing – original draft (equal); writing – review and editing (equal). **Leila M. de Carvalho:** Data curation (equal); formal analysis (equal); investigation (equal); methodology (equal); validation (equal). **Deyse A. Pereira:** Formal analysis (equal); investigation (equal). **Alberto González-Mohino Jiménez:** Data curation (equal); investigation (equal); methodology (equal); validation (equal); writing – original draft (equal); writing – review and editing (equal). **Sonia Ventanas:** Supervision (equal); validation (equal); writing – original draft (equal); writing – review and editing (equal). **Mario Estevez:** Supervision

(equal); validation (equal); writing – original draft (equal); writing – review and editing (equal). **Marta Madruga:** Conceptualization (equal); funding acquisition (equal); project administration (equal); supervision (equal); validation (equal); writing – review and editing (equal).

### Conflict of interest

The authors declare that they have no conflict of interest.

### Ethical approval

All procedures performed in this study involving human participants were previously approved by the ethics committee of the Federal University of Paraíba (CAAE: 26383519.3.0000.5188) in accordance with the Declaration of Helsinki.

### Peer review

The peer review history for this article is available at <https://publons.com/publon/10.1111/ijfs.15892>.

### Data availability statement

The data that support the findings of this study are available from the corresponding author upon reasonable request.

### References

- Alaimo, L.S., Fiore, M. & Galati, A. (2020). How the COVID-19 pandemic is changing online food shopping human behaviour in Italy. *Sustainability*, **12**, 1–18.
- Brasil. 1998. Portaria Nº 210 De 10 De Novembro De 1998.
- Campo, M.D.M., Mur, L., Guerrero, A. et al. (2020). Differentiating breast myopathies through color and texture analyses in broiler. *Food*, **9**, 1–12.
- de Carvalho, L. M., M. S. Madruga, M. Estévez, A. T. Badaró, and D. F. Barbin. 2020a. Occurrence of wooden breast and white striping in Brazilian slaughtering plants and use of near-infrared spectroscopy and multivariate analysis to identify affected chicken breasts. *Journal of Food Science* **85**:3102–3112.
- de Carvalho, L. M., S. Ventanas, L. S. Olegario, M. S. Madruga, and M. Estévez. 2020b. Consumers awareness of white-striping as a chicken breast myopathy affects their purchasing decision and emotional responses. *LWT* **131**:109809.
- Cavallo, C., Sacchi, G. & Carfora, V. (2020). Resilience effects in food consumption behaviour at the time of Covid-19: perspectives from Italy. *Heliyon*, **6**, e05676.
- CIE. 1996. CIE/International Commission on Illumination/Comision internationale de l'Eclairage/Internationale Beleuchtungskommission.
- Dalle Zotte, A., Tasoniero, G., Puolanne, E. et al. (2017). Effect of "wooden breast" appearance on poultry meat quality, histological traits, and lesions characterization. *Czech Journal of Animal Science*, **62**, 51–57.
- Geronimo, B.C., Prudencio, S.H. & Soares, A.L. (2021). Biochemical and technological characteristics of wooden breast chicken filets

- and their consumer acceptance. *Journal of Food Science and Technology*, **59**, 1185–1192.
- Gratta, F., Fasolato, L., Birolo, M. et al. (2019). Effect of breast myopathies on quality and microbial shelf life of broiler meat. *Poultry Science*, **98**, 2641–2651.
- Ben Hassen, T., El Bilali, H. & Allahyari, M.S. (2020). Impact of covid-19 on food behavior and consumption in Qatar. *Sustainability*, **12**, 1–18.
- Hillen, J. (2020). Online food prices during the COVID-19 pandemic. *Agribusiness*, **37**, 91–107.
- Hobbs, J.E. (2021). The Covid-19 pandemic and meat supply chains. *Meat Science*, **181**, 1–6.
- Hubert, S.M. & Athrey, G. (2020). Energy metabolism and sources of oxidative stress in wooden breast – a review. *Food Research*, **9**, 319.
- Kuttappan, V.A., Hargis, B.M. & Owens, C.M. (2016). White striping and woody breast myopathies in the modern poultry industry: a review. *Poultry Science*, **95**, 2724–2733.
- Madruga, M. S., T. C. da Rocha, L. M. de Carvalho, A. M. B. L. Sousa, A. C. de Sousa Neto, D. G. Coutinho, A. S. de Carvalho Ferreira, A. J. Soares, M. de Sousa Galvão, E. I. Ida, and M. Estévez. 2019. The impaired quality of chicken affected by the wooden breast myopathy is counteracted in emulsion-type sausages. *Journal of Food Science and Technology* **56**:1380–1388.
- Maharjan, P., Owens, C.M. & Coon, C. (2020). In-vivo intramuscular collagen synthesis, muscle fiber growth and histomorphology of pectoralis major of a fast-growing broiler strain Gallus gallus domesticus. *Frontiers in Veterinary Science*, **6**, 1–11.
- Marty, L., de Lauzon-Guilain, B., Labesse, M. & Nicklaus, S. (2021). Food choice motives and the nutritional quality of diet during the COVID-19 lockdown in France. *Appetite*, **157**, 105005.
- McKenna, K.Y.A., Green, A.S. & Gleason, M.E.J. (2002). Relationship formation on the internet: what's the big attraction? *Journal of Social Issues*, **58**, 9–31.
- Mutryn, M.F., Brannick, E.M., Fu, W., Lee, W.R. & Abasht, B. (2015). Characterization of a novel chicken muscle disorder through differential gene expression and pathway analysis using RNA-sequencing. *BMC Genomics*, **16**, 1–19.
- Oldie, B.M., Guadagno, R.E., Bernieri, F.J., Geers, A.L. & McLarney-Vesotski, A.R. (2011). Getting to know you: face-to-face versus online interactions. *Computers in Human Behavior*, **27**, 153–159.
- Olegario, L. S., M. Estévez, G.-M. Alberto, M. S. Madruga, and S. Ventanas. 2021. Cross-cultural emotional response to food stimuli: influence of consumption context, 142.
- Petracci, M., F. Soglià, M. Madruga, L. Carvalho, E. Ida, and M. Estévez. 2019. Wooden-breast, white striping, and spaghetti meat: causes, consequences and consumer perception of emerging broiler meat abnormalities. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety* **18**:565–583.
- Richards, T.J. & Rickard, B. (2020). COVID-19 impact on fruit and vegetable markets. *Canadian Journal of Agricultural Economics*, **68**, 189–194.
- da Rocha, T.C., de Carvalho, L.M., Soares, A.J. et al. (2020). Impact of chicken wooden breast on quality and oxidative stability of raw and cooked sausages subjected to frozen storage. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, **100**, 2630–2637.
- Santos, M.M.F., Lima, D.A.S., da Silva Araújo, Í.B., Madruga, M.S. & da Silva, F.A.P. (2021). Effect of wooden breast myopathy on texture and acceptability of emulsified chicken patties. *Journal of Food Science and Technology*, **58**, 4062–4067.
- Shen, W., Long, L.M., Shih, C.H. & Ludy, M.J. (2020). A humanities-based explanation for the effects of emotional eating and perceived stress on food choice motives during the COVID-19 pandemic. *Nutrients*, **12**, 1–18.
- Sidor, A. & Rzymiski, P. (2020). Dietary choices and habits during COVID-19 lockdown: experience from Poland. *Nutrients*, **12**, 1–13.

- Silvo, H.K., Lindén, J., Airas, N., Immonen, K., Valaja, J. & Puolanne, E. (2017). Wooden breast myodegeneration of pectoralis major muscle over the growth period in broilers. *Veterinary Pathology*, **54**, 119–128.
- Soglia, F., Mazzoni, M. & Petracci, M. (2019). Spotlight on avian pathology: current growth-related breast meat spotlight on avian pathology: current growth-related breast meat abnormalities in broilers. *Avian Pathology*, **48**, 1–3.
- Soglia, F., Mudalal, S., Babini, E. et al. (2016). Histology, composition, and quality traits of chicken pectoralis major muscle affected by wooden breast abnormality. *Poultry Science*, **95**, 651–659.
- Sreeram, A., Kesharwani, A. & Desai, S. (2017). Factors affecting satisfaction and loyalty in online grocery shopping: an integrated model. *Journal of Indian Business Research*, **9**, 107–132.
- Trocino, A., Piccirillo, A., Birolo, M. et al. (2015). Effect of genotype, gender and feed restriction on growth, meat quality and the occurrence of white striping and wooden breast in broiler chickens. *Poultry Science*, **94**, 2996–3004.
- Wang, Y., Yang, Y., Pan, D. et al. (2020). Metabolite profile based on <sup>1</sup>H NMR of broiler chicken breasts affected by wooden breast myodegeneration. *Food Chemistry*, **310**, 1–7.
- Xing, T., Zhao, X., Zhang, L. et al. (2020). Characteristics and incidence of broiler chicken wooden breast meat under commercial conditions in China. *Poultry Science*, **99**, 620–628.
- Zanetti, M.A., Tedesco, D.C., Schneider, T. et al. (2018). Economic losses associated with wooden breast and white striping in broilers. *Seminars: Clinical Agrarias*, **39**, 887–891.



Contents lists available at ScienceDirect

LWT

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/lwt](http://www.elsevier.com/locate/lwt)

## Effect of refrigeration and freezing on the oxidative stability of WB chicken breast

Thayse Cavalcante da Rocha<sup>a</sup>, Djalma Vitorino Costa Filho<sup>a</sup>, Leila Moreira de Carvalho<sup>a</sup>,  
Jéssica Moreira de Carvalho<sup>a</sup>, Mario Estévez<sup>b</sup>, Marta Suely Madruga<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup> Post-Graduate Program in Food Science and Technology, Department of Food Engineering, Technology Centre, Federal University of Paraíba, 58051-900, João Pessoa, Paraíba, Brazil

<sup>b</sup> IROCAR Research Institute, Total Research Group, Universidad de Extremadura, 10003, Cáceres, Spain

### ARTICLE INFO

**Keywords:**  
Chicken breast  
Myopathy  
Oxidation  
Shelf-life  
Chilled storage

### ABSTRACT

Wooden Breast (WB) myopathy has been observed in fast growing birds and is characterized by partial or full hardness of the Pectoralis major muscle. The aim of this study was to investigate the effect of cold storage (refrigeration and freezing) of severe WB chicken breasts (WBS) on lipid and protein oxidative reactions. A total of 15 WBS chicken breasts and 15 normal chicken breasts (N), with no myopathy, were used in this study. Chicken breasts were stored under refrigeration ( $1 \pm 2$  °C) for 0, 11 and 14 days, and freezing ( $-18 \pm 2$  °C) for 0, 45 and 90 days, with 3 chicken breasts per sample being sampled for each time, except for day 0, with samples being the same for both storage conditions. WBS chicken breasts exhibited lower protein content and higher lipid and moisture content compared to N samples. Regarding storage type, freezing did not impact lipid oxidation of WBS chicken breasts; however, refrigerated storage reduced TBARS and WOF levels. Total protein carbonyl content was significantly impacted by refrigerated storage (30% increase) and freezing (140% increase). Regardless of storage type, WBS samples were more oxidized (lipids and proteins) compared to normal samples (N).

### 1. Introduction

Commercial broilers have incorporated notable economic gains in meat production as a result of proper management and breeding programs in poultry farming (Lake, Dekkers, & Abasht, 2021). However, these high production rates and fast growths are thought to be responsible for the onset of some serious abnormalities that directly influence chicken meat quality (Huang & Ahn, 2018). Among these abnormalities, WB stands out as a myopathy in which pectoralis major muscle presents hardened regions, with a surface covered by a turbid and viscous liquid, which may present hemorrhages in the most severe cases (Silvo, Immonen, & Poślanne, 2014; Tijare et al., 2016).

According to the myopathy degree, WB chicken breast can be marketed as fresh raw meat for direct consumption, used as raw meat for the production of processed meats, or used for production of non-food products (Brazil, 2019).

Meat products, in general, have the specific characteristic of reduced shelf life (Benli, 2016); consequently, most chicken meat is offered for culinary purposes in domestic markets, refrigerated or frozen.

Traditional refrigeration temperatures are usually between 0 °C and 7 °C (Latou, Mexis, Badeka, Kontakos, & Kontominas, 2014; Xu, Huang, Huang, Xu, & Zhou, 2011); while in freeze storage, temperature is  $-18$  °C. Cold storage extends the shelf life of chicken meat by approximately one week (Jiménez et al., 1997), while frozen chicken meat stored at  $-18$  °C has shelf life of 7–18 months (Augustyńska-Prejsnar, Ormian, & Sokolowicz, 2018; Taub & Singh, 1998). However, the consumer preference for refrigerated chicken meat is much greater than for frozen meats, since in the former, it is perceived as a fresher, less processed and more convenient product for cooking purposes (Stonehouse & Evans, 2014). Shelf life extension under refrigeration/freezing conditions results from the reduction in the rate of chemical reactions and decrease in the activity of enzymes, as well as deceleration of the growth of microorganisms (Stonehouse & Evans, 2014).

Studies have been carried out focusing on the impact of the refrigeration and freezing process on chicken meat quality (Augustyńska-Prejsnar et al., 2018; Augustyńska-Prejsnar, Ormian, & Tobiasz-Salach, 2019; Wei et al., 2017), and results indicated increased moisture loss and oxidation of lipids and proteins, protein denaturation, and color changes (Wei et al., 2017). Furthermore, it is known that chicken

\* Corresponding author. Department of Food Engineering, Technology Center, Federal University of Paraíba, 58051-900, João Pessoa, Paraíba, Brazil.  
E-mail address: [msmadruga@uol.com.br](mailto:msmadruga@uol.com.br) (M.S. Madruga).

<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.114108>

Received 30 May 2022; Received in revised form 11 October 2022; Accepted 18 October 2022

Available online 19 October 2022

0023-6438/© 2022 The Authors. Published by Elsevier Ltd. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

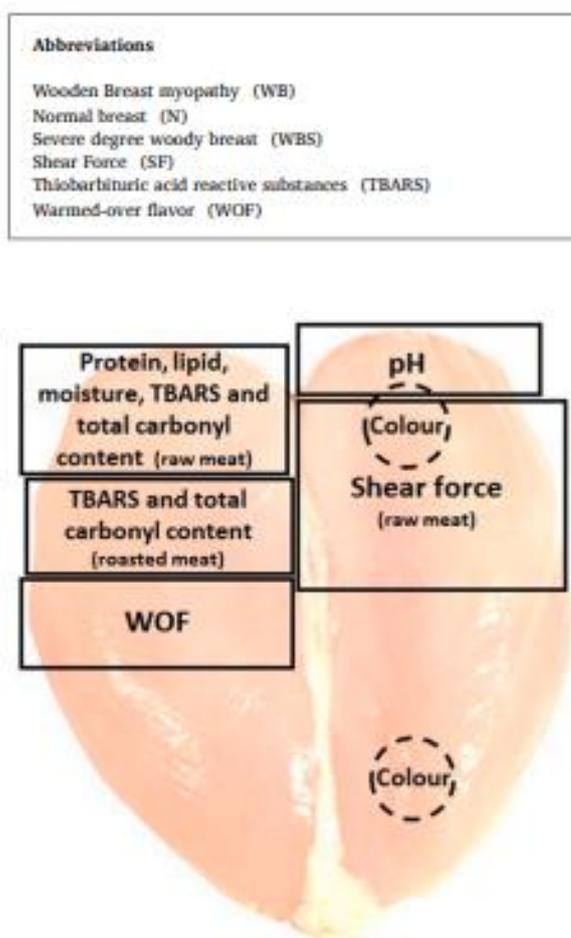


Fig. 1. Pectoralis major muscle sampling sites.

muscles affected by myopathies such as WB, are particularly sensitive to oxidative reactions (Petracci et al., 2019). Soglia, Mazzeoni, and Petracci (2018) and King, Pan, Zhang, and Gao (2021) observed that muscles affected by WB myopathy exhibited higher lipid oxidation values while Thanatsang et al. (2020), Pan, Zhang, Xing, Li, and Gao (2021) and Xing et al. (2021) observed higher protein oxidation in WB meats. Some other previous studies have provided information on changes in the quality of chicken meat with myopathy under freezing and refrigeration conditions. Sun, Koltes, Coon, Chen, and Owens (2018) observed a smoothing effect of the strength-compression aspects of WB meat during 8 days of post-mortem time stored under refrigeration.

Protein and lipid oxidation in WB meats have been reported (Soglia, Laghi, Canonico, Cavani, & Petracci, 2016; Thanatsang et al., 2020); however, studies on oxidation in refrigerated and frozen WB meat have been largely ignored, being necessary to understand the impact of cold on the oxidation of lipids and proteins and indicate a better use of WB meat. Therefore, this study aimed to establish to what extent the quality of severe WB chicken breast is affected by storage under refrigeration ( $\pm 1$  °C) and freezing ( $\pm -18$  °C) conditions, focusing on aspects of lipid and protein oxidation.

## 2. Materials and methods

### 2.1. Samples, identification and classification

Cobb lineage birds, slaughter age of 43 days old and average live weight of 2.892 kg, were used in this research. Chicken breasts (Pectoralis major muscle) were collected from Brazilian commercial plant, after the following steps: electrical stunning, bleeding, scalding, feather removal, evisceration, inspection, carcass immersion chilling and cutting. The breasts were selected in the cutting sector after approximately 1 h and 30 min of slaughter. The identification of myopathies in the poultry breasts were carried out by visual examination and palpation of Pectoralis major muscle (Petracci et al., 2019). WB (severe degree) was classified as breast with extreme and diffuse hardness and presence of hemorrhage points on their surface (petechiae), and N breast was classified as free from myopathies, that is, without substantial muscle hardness and without hemorrhage points on their surface (Carvalho, Madruga, Esteves, Badurá, & Barbin, 2020). The weight of WB and N breasts were  $287.9 \pm 10.9$  g and  $222.1 \pm 9.3$  g, respectively.

After collection, chicken breasts were packed in Zip Lock bags, stored under commercial refrigeration ( $\pm 1$  °C) for 11 and 14 days, and freeze storage ( $\pm -18$  °C) for 45 and 90 days. The day 0 is equivalent to the sample analyzed 6 h post-mortem (sample temperature  $\leq 4$  °C), moments before they were submitted to the storage procedure (refrigeration or frozen). A total of 30 breasts (15 WBS and 15 N) were collected, and for each keeping time, 3 WBS chicken breasts and 3 N breasts were used, and samples from day 0 were used for both storage conditions. At each storage time, refrigerated and frozen breasts were analyzed in relation to physicochemical characterization and oxidative damage parameters. The samples that were stored frozen, initially submitted to slow freezing (24 h at  $-20$  °C), and 24 h before being analyzed, they were thawed in an incubator at 4 °C. The Pectoralis major muscle was cut according to Fig. 1, for physicochemical and oxidative damage characterization.

### 2.2. Physicochemical characterization

Protein (AOAC, 2000), lipid (Folch, Lees, & Sloane Stanley, 1957), moisture content (AOAC, 2000) and pH (Quimis Equipamentos Científicos Ltda., Model Q400 AS Diadema, SP, Brazil) were determined in severe WB and N meats according to the 981.12 method (AOAC, 2000). Instrumental color was also measured at two points on the ventral surface of chicken breasts (cranial and caudal ends) using Konica Minolta colorimeter (Chroma Meter CR-400, Minolta Co., Osaka, Japan). Shear force (SF) was determined in the cranial region (right side of P. major muscle) of raw samples cut in  $10 \times 10 \times 30$  mm dimensions (width, height and length) with the largest dimension parallel to the fiber direction and analyzed in TA-TX2i Texturometer (Texturometer Stable Micro Systems, Godalming, Surrey, UK) with 50 kg load cell, equipped with Warner-Bratzler blade (HDP/WBV) and regulated with descent and penetration speeds of  $100 \text{ mm min}^{-1}$ , penetration depth of 20 mm and contact force of 10 g. Shear force was expressed in newtons (N). Protein and lipid contents were determined only at day zero, the other parameters at all times.

### 2.3. Oxidative damage

Lipid and protein oxidation levels were evaluated in both raw and roasted (ready-to-eat) N and WBS meats. Meats were roasted in conventional oven until internal temperature reached 75 °C.

Lipid oxidation was determined by the thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) assay, according to Roumjal et al. (1996). To quantify the MDA content (malondialdehyde), a standard curve of 1,1,3,3-tetraethoxypropane (concentrations from  $2 \times 10^{-9}$  to  $6 \times 10^{-8}$  mol) was used. Results were expressed as  $\text{mg MDA kg}^{-1}$  of sample. The warmed-over flavor (WOF) was determined as described by Soares,

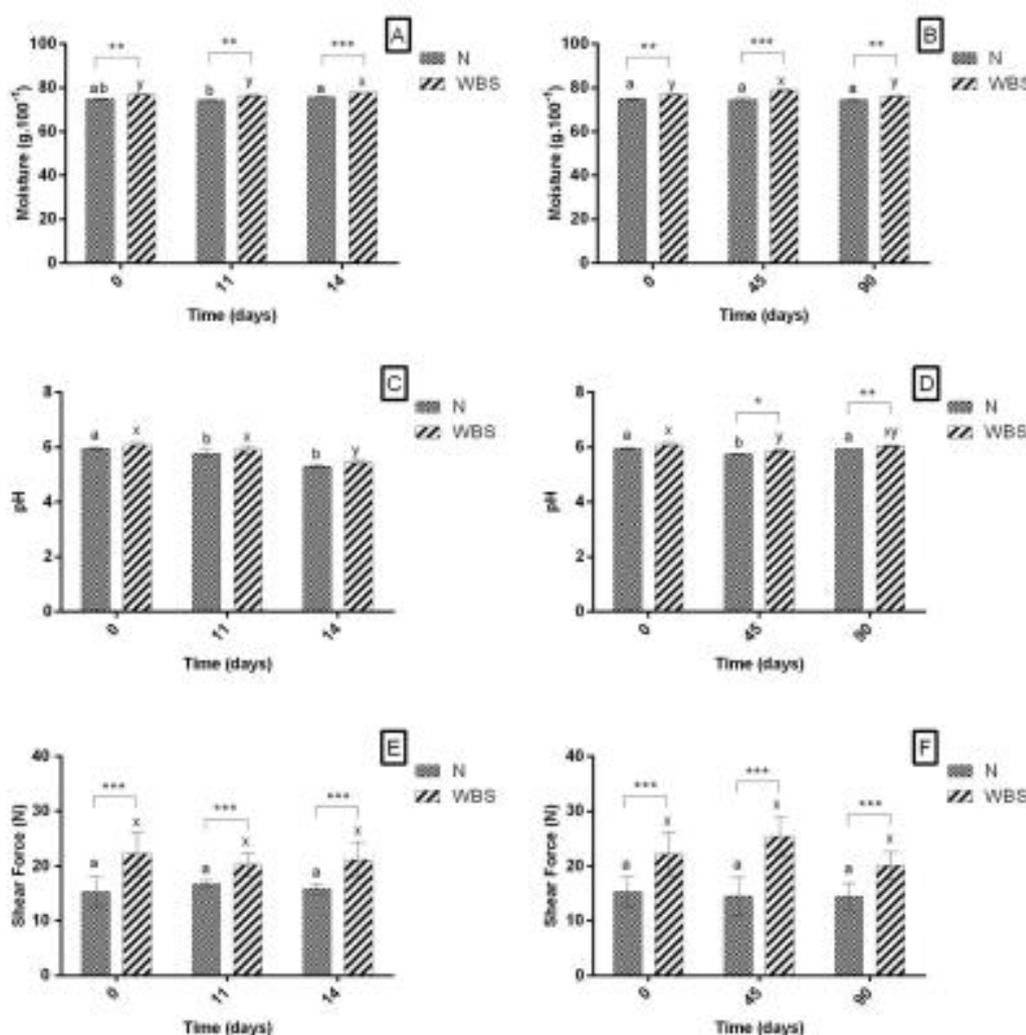


Fig. 2. Changes on moisture (A, B), pH (C, D) and shear force (E, F) contents during cold storage (refrigeration and freezing) of WBS and N chicken breasts. Note: A, C and E – samples under refrigeration; B, D and F – samples under freezing. a,b,c Different letters for Normal meat differ statistically by Tukey's test ( $p < 0.05$ ). x,y,z Different letters for WB meat, differ statistically by Tukey's test ( $p < 0.05$ ). Different symbols differ statistically by the t-student test: \* $p < 0.05$ ; \*\* $p < 0.01$ ; \*\*\* $p < 0.001$ .

Oliva, Shmokonuki, and Ida (2004), with adaptations. Breasts were roasted and then stored at 4 °C for 48 h under fluorescent light. After this period, chicken breasts were reheated in water bath at 85 °C for 15 min, cooled and analyzed for the TBARS content (Rouminal et al., 1996).

Protein oxidation levels were determined by measuring the total carbonyl content according to the dinitrophenylhydrazine (DNPH) method described by Ganhuo, Maccuende, and Estévez (2010). To calculate the protein concentration, a standard curve of bovine serum albumin (concentrations from 167 to 1500 µg/mL) was used. Protein oxidation was expressed in  $\mu\text{moles of carbonyl} \cdot \text{mg}^{-1}$  of proteins.

#### 2.4. Statistics

The Shapiro-Wilk normality test ( $\alpha = 0.05$ ) was applied. To compare two samples (WBS and N), the parametric t-student test was used ( $p < 0.05$ ). To verify the effect of the storage time (refrigerated or frozen) on each sample, ANOVA was applied and means were compared by the

Tukey's test ( $p < 0.05$ ). Data were analyzed using the XLSTAT software (version 2014.5.03, Addinsoft, New York, USA).

### 3. Results and discussion

#### 3.1. Physicochemical characterization of refrigerated and frozen WBS and N chicken meats

WBS chicken breasts presented significantly ( $p < 0.05$ ) lower protein content ( $20.26 \text{ g} \cdot 100^{-1}$ ) and higher lipid content ( $2.44 \text{ g} \cdot 100^{-1}$ ) compared to N breasts ( $21.97 \text{ g} \cdot 100^{-1}$  and  $1.44 \text{ g} \cdot 100^{-1}$ , respectively). These are typical features of chicken breast muscles affected by the WB myopathy. The variation in protein content is related to degeneration and atrophy of muscle fibers, while the lipid content is related to lipolysis, that is, abnormal accretion of lipids as a result of tissue injury (Carvalho et al., 2020). WBS chicken breasts showed higher moisture content (from  $76.16$  to  $78.77 \text{ g} \cdot 100^{-1}$ ) than N chicken breasts (from

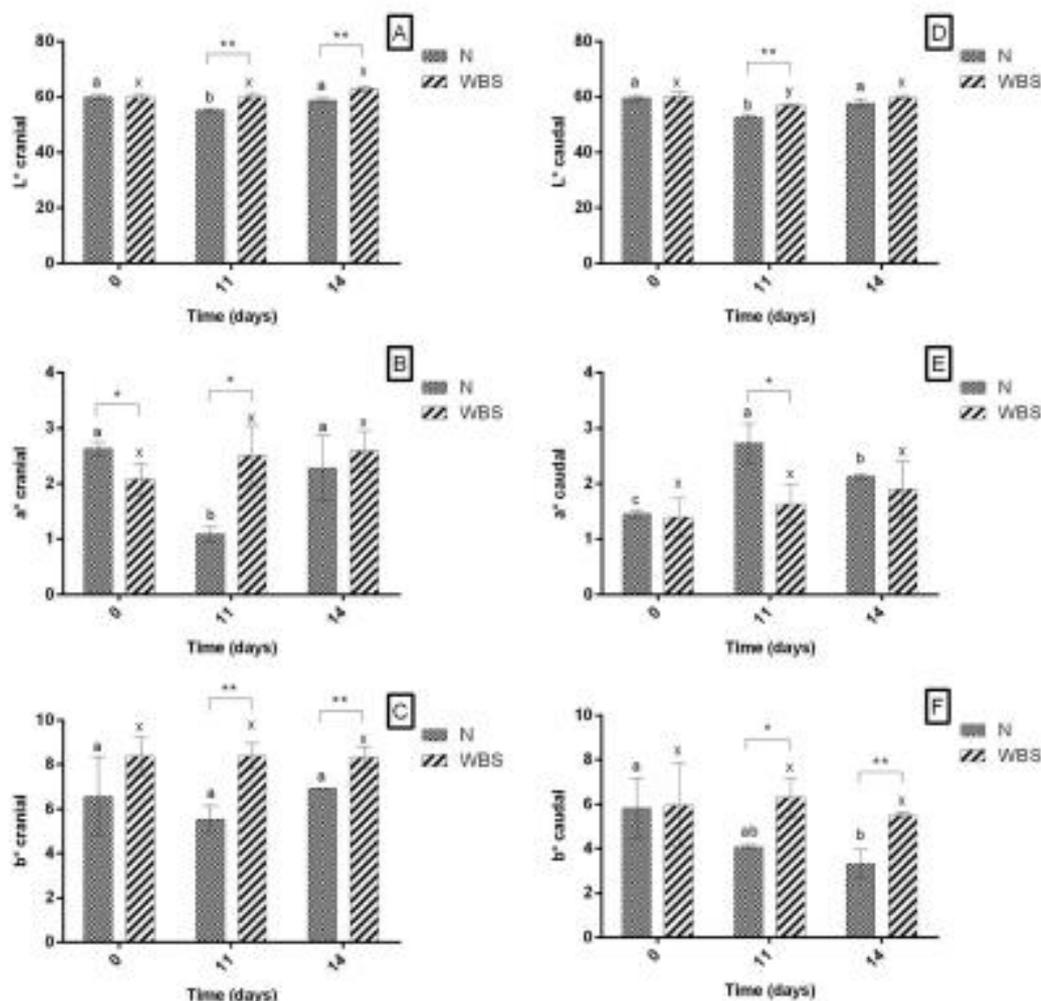


Fig. 3. Evolution of instrumental lightness ( $L^*$ ), redness ( $a^*$ ) and yellowness ( $b^*$ ) of cranial (A, B, C) and caudal (D, E, F) regions during cold storage under refrigeration of WBS and N chicken breasts. Note: A, B, C, D, E and F - samples under refrigeration; a,b,c Different letters for Normal meat differ statistically by Tukey's test ( $p < 0.05$ ). x,y,z Different letters for WB meat, differ statistically by Tukey's test ( $p < 0.05$ ). Different symbols differ statistically by the t-student test: \* $p < 0.05$ ; \*\* $p < 0.01$ ; \*\*\* $p < 0.001$ .

74.35 to 75.61  $\text{g}\cdot 100^{-1}$ ). The higher moisture content in meats with myopathy is probably due to the presence of edema/water resulting from inflammatory processes (Soglia, Mudalal, et al., 2016). The moisture content of WBS meats showed variation over the refrigerated (Fig. 2A) and frozen (Fig. 2B) storage period, a behavior not observed for normal chicken breasts. In the frozen storage (Fig. 2B), WB meat presented higher moisture at 45 days of storage.

Refrigerated WBS and N meats, when compared to each other, did not show significant difference ( $p > 0.05$ ) in the pH value at any of the evaluated storage times (Fig. 2C). During refrigerated storage, WBS and N meats showed significant reduction ( $p < 0.05$ ) in pH values only after 14 days of storage, with variations from 6.08 to 5.43 and from 5.95 to 5.31, respectively. The pH decrease at 14 days of storage may have occurred due to the metabolite accumulation produced by lactic acid bacteria (LAB) and meat spoilage. According to Iulietto, Sechi, Borgogni, and Craci-Goga (2015), LAB are responsible for off-flavors production, discoloration, pH decrease and slime formation in meat, being indicative of product spoilage and consequently reduction in shelf-life.

Additionally, the pH of N and WBS meats, in relation to frozen

storage (Fig. 2D), did not differ at time 0. However, they showed significant differences ( $p < 0.05$ ) at 45 and 90 days of freezing, with higher values for WBS meats, a fact that can be explained by the subsequent release of exudate that can cause increase in solute concentration, resulting in decrease in the pH of the thawed meat (Leygonie, Britz, & Hoffman, 2012). Some studies report high pH in WB meat compared to N meat (Mudalal, Lorenzi, Soglia, Cavani, & Petracci, 2015; Petracci et al., 2019), corroborating the results found. WB are known to have less glycogen content that would explain a higher final pH as already reported by Dalle Zotte et al. (2017). The higher oxidative stress in WB meat could be, in fact, the manifestation of mitochondrial disturbance and the impairment of postmortem muscle energy supply which is reflected in limited glucose degradation and hence, in a higher final pH (Silveo, 2019).

As expected, SF values were significantly higher ( $p < 0.05$ ) in WBS meats compared to N meats for all refrigerated or frozen storage times (Fig. 2E and F). In both conditions, the SF value of WBS chicken breast was always greater than 20 N, while the SF value of N chicken breast remained below 17 N. These results confirm the observations of Tijare

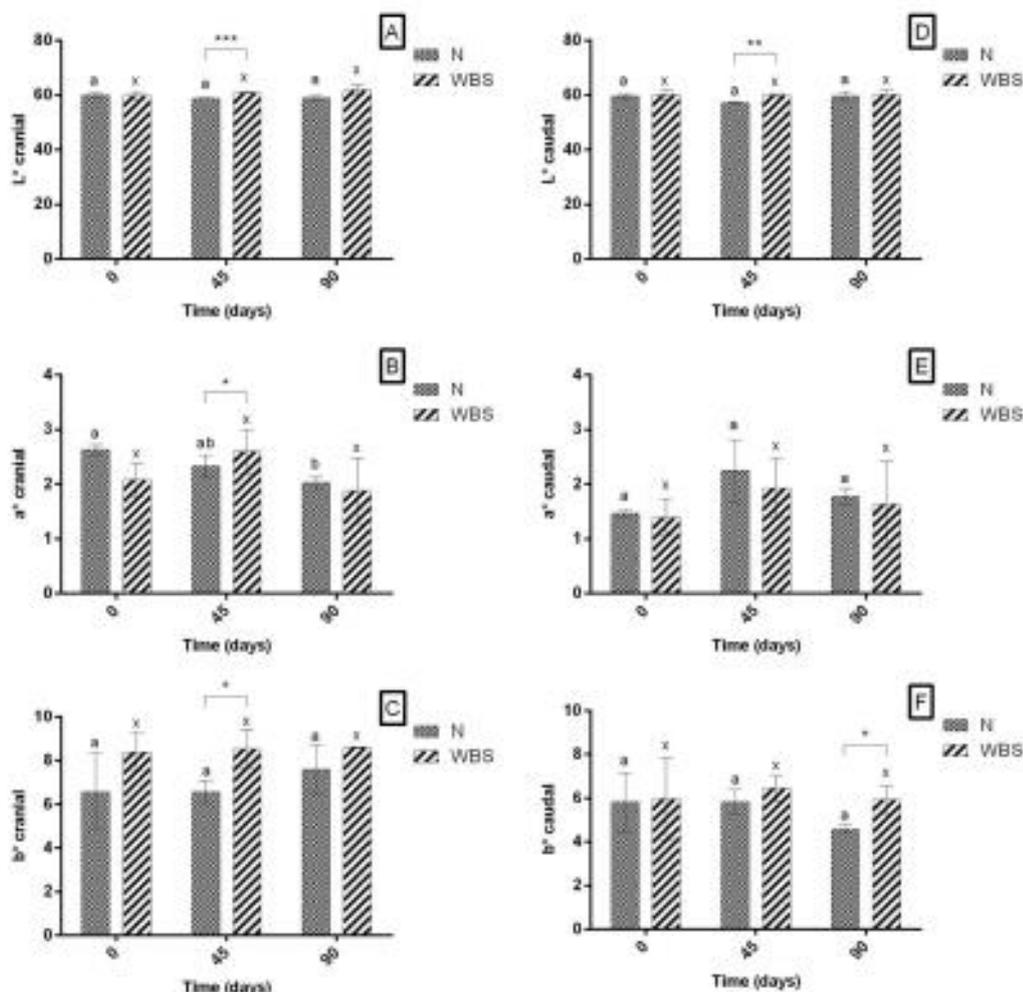


Fig. 4. Evolution of instrumental lightness ( $L^*$ ), redness ( $a^*$ ) and yellowness ( $b^*$ ) of cranial (A, B, C) and caudal (D, E, F) regions during frozen storage of WBS and N chicken breasts. Note: A, B, C, D, E and F – samples under freezing; a,b,c Different letters for Normal meat differ statistically by Tukey's test ( $p < 0.05$ ). x,y,z Different letters for WB meat, differ statistically by Tukey's test ( $p < 0.05$ ). Different symbols differ statistically by the t-student test: \* $p < 0.05$ ; \*\* $p < 0.01$ ; \*\*\* $p < 0.001$ .

et al. (2016), who reported higher shear force values in WB chicken breast fillets. The higher SF observed in WBS chicken breasts can be explained by the fibrosis (Sihvo et al., 2014). According to Tunniges, Clark, and Velleman (2019), excessive collagen deposition can increase meat hardness.

However, no effect of storage time on the SF value of meats was observed, both for those kept under refrigeration (Fig. 2E) and for those submitted to freezing (Fig. 3F). These results corroborate the findings of Byron et al. (2020) for severe WB meat, who found no effect of storage time on the SF value of WB meat. In general, the shear force of chicken meat tends to reduce with storage under refrigeration (Jung et al., 2022; Kim et al., 2020). Meat tenderness is associated with pH due to its influence on proteolytic activity (Antonello et al., 2020). However, in the present study, the pH of WB meat did not show great variation during the period of refrigerated storage, which may explain the result found for the shear force.

### 3.2 Instrumental color ( $L^*$ , $a^*$ , $b^*$ ) of refrigerated and frozen WB and N chicken meats

Instrumental color parameters ( $L^*$ ,  $a^*$ ,  $b^*$ ) showed differences ( $p < 0.05$ ) both in the cranial (Fig. 3A, B, 3C) and caudal (Fig. 3D, E, 3F) regions in refrigerated samples. WBS meat showed a tendency towards higher values of instrumental color parameters ( $p < 0.05$ ) during refrigerated storage in the cranial region of the breast. In particular greater lightness ( $L^*$ ) was observed at 11 and 14 days of storage, greater red intensity ( $a^*$ ) at 11 days, and greater yellow intensity ( $b^*$ ) at 11 and 14 days of storage in WBS chicken breasts compared to the N counterparts (Fig. 3A, B and 3C). Higher  $b^*$  value indicates that the muscles are more yellowish, and this is explained by the degeneration that occurred and the influence of the higher fat content of these samples (Mudalal et al., 2015), which was noticeable in this study. For the caudal region (Fig. 3D, E and 3F), WBS meat presented significant difference for  $L^*$  and  $a^*$  parameters at 11 days of storage, and 11 and 14 days of storage for  $b^*$  parameter compared to N meat.

When the freezing effect was evaluated in WB meats, the  $L^*$

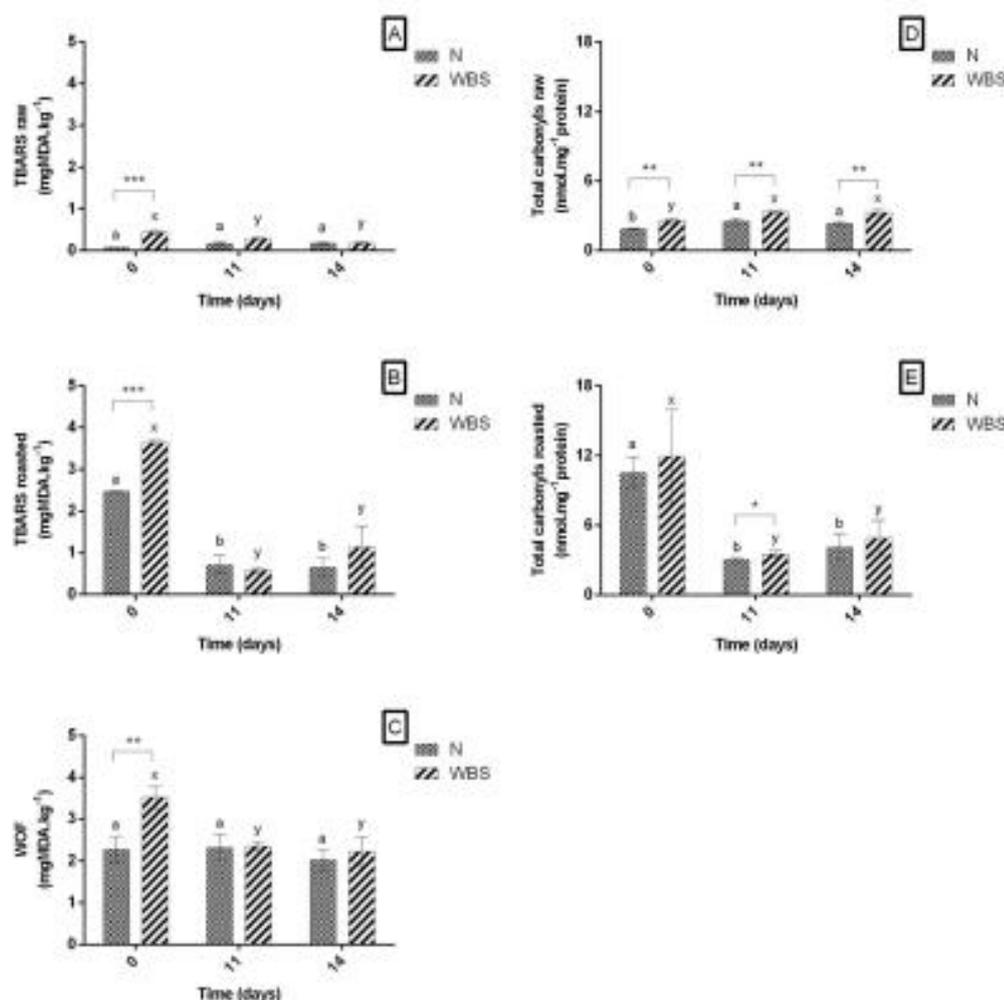


Fig. 5. Evolution of lipid (A, B, C) and protein (D, E) oxidation during cold storage under refrigeration of WBS and N chicken breasts. Note: A, B and C – lipid oxidation; D and E – protein oxidation; a,b,c Different letters for Normal meat differ statistically by Tukey's test ( $p < 0.05$ ). x,y,z Different letters for WBS meat, differ statistically by Tukey's test ( $p < 0.05$ ). Different symbols differ statistically by the t-student test: \* $p < 0.05$ ; \*\* $p < 0.01$ ; \*\*\* $p < 0.001$ .

parameter in both cranial and caudal regions showed differences at 45 days of storage (Fig. 4A and D, respectively). The higher lightness in WBS could respond to increased light scattering as a result of the higher moisture content and redistribution of water molecules towards the extra-myofibrillar compartment (Soglia, Mudalal, et al., 2016). Additionally, the inflammatory process occurred in muscles with myopathy could have also affected lightness, as the fiber structure is more important than pH in the formation of color at this stage, contributing to greater meat lightness (Campo et al., 2020).

The  $a^*$  parameter (Fig. 4B) in the cranial region showed difference between WBS and N meats only on day 0 of storage. The  $b^*$  parameter showed difference at 45 days of storage in the cranial region and at 90 days in the caudal region. Observing the  $b^*$  values (Fig. 3C, F, 4C and 4F) in both storage conditions, greater intensity is observed in WBS samples compared to N samples, which can possibly be explained due to the higher concentration of connective tissue in the muscle due to severe fibrosis (Zambonelli et al., 2016).

### 3.3. Oxidative damage of refrigerated and frozen WB and N chicken meats

TBARS (raw and roasted) and WOF values were higher ( $p < 0.05$ ) in WBS chicken breasts than in N chicken breasts, indicating higher level of lipid oxidation in WBS meats, a fact also reported by Soglia, Laghi, et al., 2016. The higher oxidation of WB breasts may be related to the higher lipid content ( $2.44 \pm 0.40 \text{ g} \cdot 100^{-1}$  for WB meat and  $1.44 \pm 0.16 \text{ g} \cdot 100^{-1}$  for N meat) observed in this investigation and also to the higher oxidative instability of muscles affected by myopathies compared to normal chicken breasts (Estévez, 2015).

During the period of storage under refrigeration, the levels of lipid oxidation were reduced in raw, roasted and reheated WBS meats (Fig. 5A, B and 5C, respectively). However, only in roasted N meat, TBARS value had reduction at 11 and 14 days of refrigerated storage. Considering the entire period of refrigerated storage (Fig. 5A–C), a 31% reduction in malondialdehyde (MDA) formation was observed for raw WBS meat, 40% for roast meat and 63% for reheated meat. Soglia, Silva, Liko, Laghi, and Petracci (2019) also observed a decrease in

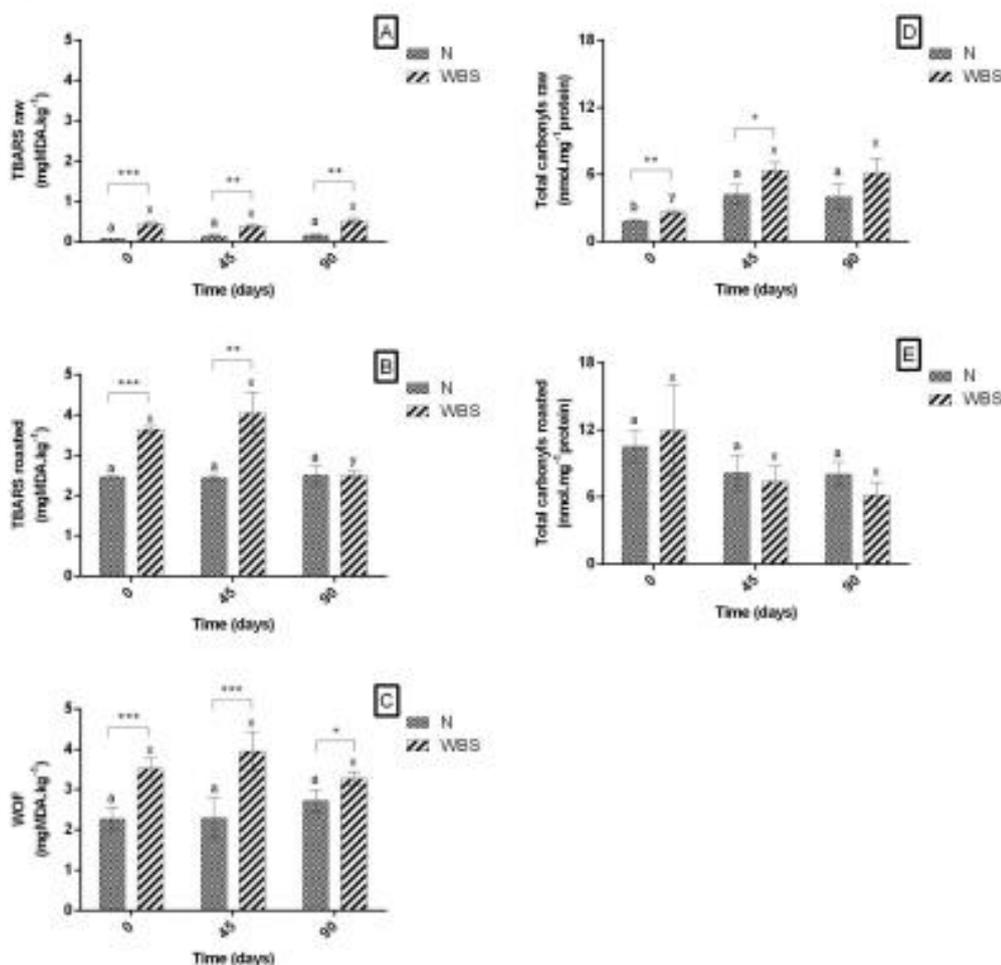


Fig. 6. Evolution of lipid (A, B, C) and protein (D, E) oxidation during frozen storage of WBS and N chicken breasts. Note: A, B and C - lipid oxidation; D and E - protein oxidation; a,b,c Different letters for Normal meat differ statistically by Tukey's test ( $p < 0.05$ ). x,y,z Different letters for WB meat, differ statistically by Tukey's test ( $p < 0.05$ ). Different symbols differ statistically by the t-student test: \* $p < 0.05$ ; \*\* $p < 0.01$ ; \*\*\* $p < 0.001$ .

malondialdehyde formation in WB meat during refrigerated storage. This reduction can probably be attributed to the occurrence of additional reactions between secondary lipid oxidation products or to the formation of other oxidation products that were not detected (other than the MDA compound), as well as to the reaction of MDA with other compounds present in muscle tissue like proteins (Estévez et al., 2019). The storage and particularly the high temperatures during heating may have actually contributed to the reactivity, and eventual loss, of the existing MDA rather to the generation of further lipid carbonyls.

MDA values in roasted (mean  $1.53 \text{ mg MDA.kg}^{-1}$ ) and reheated (mean  $2.45 \text{ mg MDA.kg}^{-1}$ ) meats were higher when compared to values observed for raw meat (mean  $0.22 \text{ mg MDA.kg}^{-1}$ ), regardless of sample type. This is probably because heating the sample exposed phospholipids to oxygen, promoted the release of non-heme iron, and provided reduced activation energy for the oxidation and breakdown of hydroperoxide into free radicals (Amaral, Silva, & Lannes, 2018).

When the effect of freezing on lipid oxidation was evaluated (Fig. 6A–C), it was observed that lipid oxidation was reduced only in roasted WBS meats (Fig. 6B), with no variation ( $p > 0.05$ ) in the TBARS values of raw meat (Fig. 6A) and WOF values (Fig. 6C) either in meats

with myopathy or N over the 90 days of storage.

Frozen WBS meat showed higher lipid oxidation levels (TBARS) ( $p < 0.05$ ) than N samples in all storage periods. This variation is due to the greater amount of fat present in samples affected by myopathy, which results in greater lipid oxidation or may have been caused by the collapse of endogenous antioxidant defenses (Petrucci et al., 2019). During refrigerated or frozen storage, oxidative reactions are only delayed but not stopped; thus, meat is susceptible to deterioration of its chemical, sensory and physical quality (texture) due to the oxidation process (Adabi & Soncu, 2019). These authors reported that even under freezing conditions ( $> -20 \text{ }^\circ\text{C}$ ), a small amount of water can participate in reactions and generate primary lipid oxidation products in the frozen state (Adabi & Soncu, 2019). Furthermore, lipid oxidation can be intensified throughout the thawing process, where primary products lead to the formation of secondary products (Adabi & Soncu, 2019).

As in the refrigerated storage, the lipid oxidation of roasted (mean TBARS of  $2.93 \text{ mg MDA.kg}^{-1}$ ) and reheated (mean WOF of  $3.00 \text{ mg MDA.kg}^{-1}$ ) meats was higher when compared to values observed for raw meat (average of  $0.29 \text{ mg MDA.kg}^{-1}$ ), regardless of sample type. These values draw attention, considering that according to Campo et al.

(2006), values from 2.0 mg of MDA.kg<sup>-1</sup> provide the perception of rancidity in meat. This index was verified from day 0 of freezing for roasted and reheated WB and N meats. However, for the raw meat, the highest value was 0.52 mg MDA.kg<sup>-1</sup> of WBS meat with 90 days of storage.

Raw WBS meat (Figs. 5D and 6D), regardless of storage type, contained significantly higher protein carbonyl content compared to N meat ( $p < 0.05$ ). These results indicated higher degree of protein oxidation in WB meats, corroborating results described by Pan et al. (2021), Thanatsang et al. (2020) and Xing et al. (2021). In addition, it was possible to observe that the protein carbonyl content was significantly impacted by storage time under refrigeration. During 14 days of storage (Fig. 5D), the total carbonyl content ranged from 2.57 to 3.28 nmol mg protein<sup>-1</sup> and from 1.86 to 2.36 nmol mg protein<sup>-1</sup> in WBS and N chicken breasts, respectively, which represented average increase of about 20% in relation to time 0. These results are consistent with those reported by other authors, who showed increased levels of protein oxidation in meat and meat products during storage (Estévez, Ventanas, Heinonen, & Puolanne, 2011; Silva et al., 2018). Carbonylation is one of the most striking chemical modifications observed in oxidized proteins (Estévez et al., 2019). The formation of carbonyls in proteins usually occurs as a result of the attack of reactive oxygen species (ROS) on the side chains of susceptible amino acids, such as lysine, arginine and proline (Estévez, 2011). As it has higher contents of amino acid lysine (Thanatsang et al., 2020), WB meat may be more susceptible to carbonylation, which may explain the higher total carbonyl content observed for this meat in the present study. Furthermore, the decline in the pH of WB and N meats during storage (Fig. 2C) may also influence the susceptibility of proteins to carbonylation. As described by Estévez et al. (2011), the decline in pH during the conversion of muscle into meat results in aggregation, denaturation and decreased solubility of muscle proteins and favors the oxidation process.

Regarding the total carbonyl content of roasted meats (Fig. 5E) stored under refrigeration, only at 11 days of storage, it was possible to observe significant difference ( $p < 0.05$ ) between WBS and N meats. In addition, contrary to what was observed for raw meats, both WB and N meats showed significant decrease ( $p < 0.05$ ) in the total carbonyl content at 11 and 14 days of storage. This result suggests that protein carbonyls may be involved in other reactions. Specific protein carbonylation products (such as allysine) may be involved in crosslinking via Schiff base formation, in which the aldehyde group of these products may be involved in reactions with free amino acids (Utrera, Rodríguez-Carpena, Morcuende, & Estévez, 2012).

With regard to freezing, raw WBS meats (Fig. 6D), regardless of storage time, contained significantly higher protein carbonyl contents compared to N meat ( $p < 0.05$ ). Likewise, Soglia et al. (2019) reported higher protein carbonyl contents in frozen WB samples when compared to N samples. At the end of frozen storage, the total carbonyl content in raw WBS samples ranged from 2.57 to 6.14, which represented increase of about 140% in relation to time 0. In fact, during freezing, the formation of ice crystals leads to the disruption of cell organelles and exposes myofibrillar proteins to oxidative enzymes and pro-oxidant molecules, resulting in increase in the protein oxidation (Soglia et al., 2019; Xing et al., 2021). Evaluating the carbonylation level in roasted frozen samples (Fig. 6E), no significant difference ( $p < 0.05$ ) between WBS and N meats was observed.

#### 4. Conclusions

This study identified the negative impact of WB on the states of protein and lipid oxidation, and the impact was intensified during frozen storage. Future studies are needed to evaluate the loss/degradation of lipids and proteins due to oxidation, in addition to the formation of other products derived from protein and lipid oxidation.

#### CRediT authorship contribution statement

Thayse Cavalcante da Rocha: Investigation, Methodology, Data curation, Writing – original draft. Djalma Vitorino Costa Filho: Investigation. Leila Moreira de Carvalho: Formal analysis, Writing – review & editing. Jéssica Moreira de Carvalho: Visualization, Investigation. Mario Estévez: Supervision, Writing – review & editing. Marta Suely Madruga: Conceptualization, Project administration, Funding acquisition.

#### Declaration of competing interest

The authors declare that they have no known competing financial interests or personal relationships that could have appeared to influence the work reported in this paper.

#### Data availability

No data was used for the research described in the article.

#### Acknowledgments

This work was financially supported by the Federal University of Paraíba (project number: PIF13530-2020). We also thank the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (CAPES) and the National Council for Scientific and Technological Development (CNPq).

#### References

- Adabi, S. G., & Soncu, E. D. (2019). White striping prevalence and its effect on meat quality of broiler breast fillets under commercial conditions. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*, 103(4), 1060–1069. <https://doi.org/10.1111/jpn.13092>
- Amaral, A. B., Silva, M. Y. da, & Lannes, S. C. da S. (2018). Lipid oxidation in meat: Mechanisms and protective factors - a review. *Food Science and Technology (Brazil)*, 38(Suppl. 1), 1–15. <https://doi.org/10.1590/bs12518>
- Antonelo, D. S., Gómez, J. F. M., González, N. R. B., Bellini, M., Colnagro, L. A., Schilling, M. W., et al. (2020). Metabolites and metabolic pathways correlated with beef tenderness. *Meat and Muscle Biology*, 4(1), 1–9. <https://doi.org/10.22175/mmb.10854>
- AOAC. (2000). *Official methods of analysis* (17th ed.). Gaithersburg, MD, USA: The Association of Official Analytical Chemists.
- Augustynska-Przejmar, A., Ormian, M., & Sokolowicz, Z. (2018). Physicochemical and sensory properties of broiler chicken breast meat stored frozen and thawed using various methods. *Journal of Food Quality*, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2018/6754070>. Article ID 6754070.
- Augustynska-Przejmar, A., Ormian, M., & Tobiasz-Salach, R. (2019). Quality of broiler chicken meat during frozen storage. *Italian Journal of Food Science*, 31(3), 531–541. <https://doi.org/10.14674/IJFS-1291>
- Beall, H. (2016). Consumer attitudes toward storing and thawing chicken and effects of the common thawing practices on some quality characteristics of frozen chicken. *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences (AAJAS)*, 29(1), 100–108. <https://doi.org/10.5713/ajas.15.0904>
- Brazil. (2019). Ministry of agriculture, livestock, and food supply. Official notice number 17/2019/CGI/DEPGA/DAS/MAFA.
- Byron, M., Zhang, X., Von Staden, M., Jarvis, T., Crist, C., Zhai, W., et al. (2020). Impact of refrigerated storage time on woody broiler breast severity and instrumental quality. *Meat and Muscle Biology*, 4(1), 1–12. <https://doi.org/10.22175/mmb.9477>
- Campo, M. del M., Mur, L., Guerrero, A., Bembana, M., Resconi, V. C., Magalhães, D. R., et al. (2020). Differentiating breast myopathies through color and texture analysis in broiler. *Food*, 9(6), 1–12. <https://doi.org/10.3390/foods9060824>
- Campo, M. M., Nute, G. R., Hughes, S. L., Enser, M., Wood, J. D., & Richardson, R. I. (2006). Flavour perception of oxidation in beef. *Meat Science*, 72(2), 303–311. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.07.015>
- Carvalho, L. M., Madruga, M. S., Estévez, M., Baduró, A. T., & Barbis, D. F. (2020). Occurrence of wooden breast and white striping in Brazilian slaughtering plants and use of near-infrared spectroscopy and multivariate analysis to identify affected chicken breasts. *Journal of Food Science*, 85(10), 3102–3112. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.15465>
- Dalle Zotte, A., Tassinero, G., Paoletto, E., Remignon, H., Cecchinato, M., Castell, E., et al. (2017). Effect of “Wooden Breast” appearance on poultry meat quality, histological traits, and lesions characterization. *Czech Journal of Animal Science*, 62(2), 51–57. <https://doi.org/10.17221/54/2016-CJAS>
- Estévez, M. (2011). Protein carbonyls in meat systems: A review. *Meat Science*, 89(3), 259–279. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.04.025>

- Estévez, M. (2015). Oxidative damage to poultry: From farm to fork. *Poultry Science*, 94(6), 1366–1378. <https://doi.org/10.3382/ps/pev094>
- Estévez, M., Fadilla, F., Carvalho, L., Martín, L., Carrapio, A., & Delgado, J. (2019). Malondialdehyde isomers with the formation and detection of primary carboxylic in oxidized proteins. *Redox Biology*, 26, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.redox.2019.101277>. Article ID 101277.
- Estévez, M., Ventanas, S., Heinonen, M., & Puolanne, E. (2011). Protein carbonylation and water-holding capacity of pork subjected to frozen storage: Effect of muscle type, pinning, and packaging. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(10), 5435–5441. <https://doi.org/10.1021/jf104995z>
- Fulch, J., Lee, M., & Skene Stanley, G. H. (1957). A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry*, 226(1), 497–509. [https://doi.org/10.1016/S0021-9258\(18\)64849-5](https://doi.org/10.1016/S0021-9258(18)64849-5)
- Ganhão, R., Morcuende, D., & Estévez, M. (2010). Protein oxidation in emulsified cooked burger patties with added fruit extracts: Influence on colour and texture deterioration during chill storage. *Meat Science*, 85(3), 402–409. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.02.008>
- Hwang, X., & Ahn, D. U. (2018). The incidence of muscle abnormalities in broiler breast meat - a review. *Korean Journal for Food Science of Animal Resources*, 38(5), 835–850. <https://doi.org/10.5851/kasfa.2018.42>
- Julietta, M. F., Sechi, P., Borgogni, E., & Craci-Goga, B. T. (2005). Meat spoilage: A critical review of a neglected alteration due to copy slime producing bacteria. *Bulletin Journal of Animal Science*, 14, 316–326. <https://doi.org/10.4081/bjas.2015.4011>
- Jaramer, S. M., Sali, M. S., Tiburzi, M. C., Rabighelli, R. C., Tosi, M. A., & Costaz, V. R. (1997). Spoilage microflora in fresh chicken breast stored at 4 °C: Influence of packaging methods. *Journal of Applied Microbiology*, 83(5), 613–618. <https://doi.org/10.1046/j.1365-2672.1997.00276.x>
- Jang, D. Y., Lee, D., Lee, H. J., Kim, H.-J., Jung, J. H., Jang, A., et al. (2022). Comparison of chicken breast quality characteristics and metabolites due to different rearing environments and refrigerated storage. *Poultry Science*, 101(7), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.psc.2022.101953>. Article ID 101953.
- Kim, H.-J., Kim, H.-J., Jeon, J., Nam, K.-C., Shim, K.-S., Jung, J.-H., et al. (2020). Comparison of the quality characteristics of chicken breast meat from conventional and animal welfare farms under refrigerated storage. *Poultry Science*, 99(3), 1788–1796. <https://doi.org/10.1016/j.psc.2019.12.009>
- Lake, J. A., Dekkers, J. C. M., & Ahnert, B. (2021). Genetic basis and identification of candidate genes for wooden breast and white striping in commercial broiler chickens. *Scientific Reports*, 11, 1–13. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-86176-4>
- Lator, E., Mexis, S. F., Badoek, A. V., Koutakos, S., & Koutomiras, M. G. (2014). Combined effect of chitosan and modified atmosphere packaging for shelf life extension of chicken breast fillets. *LWT - Food Science and Technology*, 55(1), 263–268. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.09.010>
- Leygonie, C., Britz, T. J., & Hoffman, L. C. (2012). Impact of freezing and thawing on the quality of meat: Review. *Meat Science*, 91(2), 93–98. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.01.011>
- Madalá, S., Lorenzi, M., Soglia, F., Cavani, C., & Petracchi, M. (2015). Implications of white striping and wooden breast abnormalities on quality traits of raw and marinated chicken meat. *Animal*, 9(4), 728–734. <https://doi.org/10.1017/S175317331400295X>
- Pan, X., Zhang, L., Xiang, T., Li, J., & Guo, F. (2021). The impaired redox status and activated nuclear factor-erythroid 2-related factor 2/antioxidant response element pathway in wooden breast myopathy in broiler chickens. *Animal Research*, 34(4), 652–661. <https://doi.org/10.5713/ajas.21.0953>
- Petracchi, M., Soglia, F., Madruga, M., Carvalho, L., Ida, E., & Estévez, M. (2019). Wooden-breast, white striping, and spaghetti meat: Causes, consequences and consumer perception of emerging broiler meat abnormalities. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 18(2), 565–583. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12431>
- Rozmini, M. R., Ferla, F., Pérez-Abramo, J. A., Pagán-Morera, M. J., Gago-Gago, A., López-Santoveña, F., et al. (1996). TBA test by an extractive method applied to "Pain". *Meat Science*, 42(1), 103–110. [https://doi.org/10.1016/0269-3740\(95\)00050-0](https://doi.org/10.1016/0269-3740(95)00050-0)
- Silva, H.-K. (2019). Pathology of wooden breast myopathy in broiler chickens. [Doctoral dissertation, University of Helsinki. Publisher Helsinki Yliopisto <http://um.fi/URN:ISBN:978-951-51-4768-4>].
- Silva, H.-K., Irmanson, K., & Paalanne, E. (2014). Myodegeneration with fibrosis and regeneration in the pectoralis major muscle of broilers. *Veterinary Pathology*, 52(3), 619–623. <https://doi.org/10.1177/0300985813497488>
- Silva, F. A. P., Estévez, M., Ferreira, V. C. S., Silva, S. A., Lemos, L. T. M., Ida, E. I., et al. (2008). Protein and lipid oxidation in jerky chicken and consequences on sensory quality. *Lebensmittel-Wissenschaft & Technologie*, 97, 341–348. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.07.022>
- Souza, A. L., Olive, R., Shimokozumi, M., & Ida, E. I. (2004). Synergism between dietary vitamin E and exogenous phytic acid in prevention of warmed-over flavor development in chicken breast meat, Pectoralis major M. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 47(1), 57–62. <https://doi.org/10.1590/s1516-89112004000100008>
- Soglia, F., Lagi, L., Canonico, L., Cavani, C., & Petracchi, M. (2016). Functional property losses in broiler breast meat related to emerging muscle abnormalities. *Food Research International*, 89(3), 1071–1076. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.04.042>
- Soglia, F., Muzzoni, M., & Petracchi, M. (2018). Spotlight on avian pathology: Current growth-related breast meat spotlight on avian pathology: Current growth-related breast meat abnormalities in broilers. *Asian Pathology*, 48(1), 1–3. <https://doi.org/10.1080/03079457.2018.1508821>
- Soglia, F., Madalá, S., Eshini, E., De Nardis, M., Muzzoni, M., Sirti, F., et al. (2016). Histology, composition, and quality traits of chicken Pectoralis major muscle affected by wooden breast abnormality. *Poultry Science*, 95(3), 651–659. <https://doi.org/10.3382/ps/pev053>
- Soglia, F., Silva, A. K., Lillo, L. M., Lagi, L., & Petracchi, M. (2019). Effect of broiler breast abnormality and freezing on meat quality and metabolites assessed by 1 H-NMR spectroscopy. *Poultry Science*, 98(12), 7139–7150. <https://doi.org/10.3382/ps/pev514>
- Stonehouse, G. G., & Evans, J. A. (2014). The use of supercooling for fresh foods: A review. *Journal of Food Engineering*, 146, 74–79. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2014.08.007>
- Sun, X., Koles, D. A., Coon, C. N., Chen, K., & Owens, C. M. (2018). Instrumental compression force and meat attribute changes in woody broiler breast fillets during short-term storage. *Poultry Science*, 97(7), 2600–2606. <https://doi.org/10.3382/ps/pey107>
- Tank, A. L., & Singh, R. P. (1998). *Food storage stability* (1st ed.). CRC Press.
- Theerasing, K. V., Mallik, Y., Arayamethakorn, S., Srinarat, Y., Tattiyachornvitham, N., Ungwongwanit, T., et al. (2020). Nutritional properties and oxidative indices of broiler breast meat affected by wooden breast abnormality. *Animal*, 10(12), 1–16. <https://doi.org/10.3390/ani10122272>
- Tijun, V. V., Yang, F. L., Rattappan, V. A., Alvarado, C. Z., Coon, C. N., & Owens, C. M. (2016). Meat quality of broiler breast fillets with white striping and woody breast muscle myopathies. *Poultry Science*, 95(9), 2167–2173. <https://doi.org/10.3382/ps/pev129>
- Tourelges, J. R., Clark, D. L., & Velleman, S. G. (2019). The effect of the wooden breast fibrotic myopathy in broilers on fibrillar collagen organization and decorin-collagen binding. *Avian Diseases*, 63(1), 48–60. <https://doi.org/10.1637/11945-102218-Rpt.1>
- Ulves, M., Rodríguez-Carpena, J. G., Morcuende, D., & Estévez, M. (2012). Formation of lysine-derived oxidation products and loss of tryptophan during processing of porcine patties with added ascocole byproducts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 60(15), 3917–3926. <https://doi.org/10.1021/jf3001313>
- Wei, R., Wang, P., Han, M., Chen, T., Xu, X., & Zhou, G. (2017). Effect of freezing on electrical properties and quality of thawed chicken breast meat. *Asian-Australian Journal of Animal Science*, 30(4), 569–575. <https://doi.org/10.5713/ajas.16.0435>
- Xing, T., Pan, X., Zhang, L., & Guo, F. (2021). Hepatic oxidative stress, apoptosis, and inflammation in broiler chickens with wooden breast myopathy. *Frontiers in Physiology*, 12, Article 659777. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.659777>, 1–11.
- Xu, Y., Huang, J.-C., Huang, M., Xu, B.-C., & Zhou, G.-H. (2011). The effects of different chilling methods on meat quality and calpain activity of pork muscle Longissimus Dorsi. *Journal of Food Science*, 77(1), 27–32. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3847.2011.02440.x>
- Zambonelli, P., Zappaterra, M., Soglia, F., Petracchi, M., Sirti, F., Cavani, C., et al. (2016). Detection of differentially expressed genes in broiler pectoralis major muscle affected by White Striping - wooden breast myopathies. *Poultry Science*, 95(12), 2771–2785. <https://doi.org/10.3382/ps/pev268>

## ARTIGO 3

### Effect of cold on the aromatic quality of Wooden Breast meat

#### Resumo

A miopatia Wooden Breast (WB) tem sido observada em aves de crescimento rápido, sendo caracterizada por uma dureza parcial ou integral do músculo *Pectoralis major*. O objetivo desse estudo foi investigar o efeito do armazenamento sob refrigeração e congelamento no perfil de voláteis e na qualidade sensorial de peito de frango WB. Frangos abatidos em planta comercial brasileira apresentando miopatia WB severa (WBS) foram coletados, submetidos ao armazenamento sob refrigeração e congelamento e analisados, juntamente com amostras de peito N, amostras controles. O perfil de voláteis foi determinado utilizando-se metodologia de HS-SPME-CG-EM. No perfil de aroma dos peitos de frango WB e N utilizou-se a metodologia de ADQ. Maior efeito no perfil de voláteis foi observado em peitos WBS armazenados sob refrigeração e congelamento, juntamente com decréscimo na intensidade do aroma de “frango fresco” ao término do armazenamento sob frio. Aroma descritos negativamente como “estranho”, “rançoso” e “aroma de peixe”, não afetaram a qualidade dos filé de frango WBS e N ao longo do armazenamento por 11 dias sob refrigeração e 90 dias sob congelamento. Os compostos voláteis mais expressivos foram os aldeídos, independentemente do tipo de filé analisado e condição de armazenamento.

**Palavras-chave:** compostos voláteis. avaliação sensorial; miopatia, peito amadeirado,

## 1. Introdução

A demanda por carne de frango é crescente com expressivo consumo, decorrente de avanços na produção resultante de melhoramentos genéticos, aumentos na taxa de crescimento e rendimento de frangos comerciais (Petracci et al., 2019; Sun et al., 2021). Em decorrência destas melhorias surgiram as miopatias, com alterações na aparência e funcionalidade do filé de peito, que tem levado à perdas econômicas para a avicultura mundial (Maharjan et al., 2020; Xing et al., 2020). Dentre as miopatias, cita-se a Wooden Breast (WB), que é caracterizada por áreas extremamente endurecidas, pálidas, salientes, superfície ocasionalmente coberta por líquido viscoso claro, petéquias espalhadas ou listras brancas (Sihvo et al., 2014).

A incidência do Wooden Breast é causada por múltiplos fatores que afetam negativamente a qualidade da carne de peito de frango, pois altera suas propriedades funcionais com diminuição do teor de proteína e aumento teor de gordura e tecido conjuntivo (Sihvo et al., 2014; Soglia et al., 2016a). Acredita-se que o estresse oxidativo seja um dos principais fatores para o desenvolvimento do distúrbio do peito amadeirado. O acúmulo de espécies reativas de oxigênio (EROs) e outros produtos oxidantes são responsáveis por produzirem componentes de odor que podem alterar a qualidade aromática da carne de frango (Zhao et al., 2021).

Hidrocarbonetos, aldeídos, cetonas, compostos contendo enxofre e heterociclos (furanos, pirróis, pirazinas, tiazóis, tiofenos, oxazoles e piridinas) são os principais compostos identificados como aroma de sabor encontrado em carnes de frango (Ayseli, Filik e Selli, 2014). As notas aromáticas e os sabores característicos responsáveis pelo desenvolvimento do sabor da carne são formados principalmente pelos compostos voláteis originados por reações complexas induzidas pelo calor entre os componentes não voláteis de tecidos magros e gordurosos principalmente durante o processo de cocção (Mottram, 1998).

Comparada à carne de outras espécies, a carne de aves é caracterizada por um maior teor de ácidos graxos insaturados e pela presença de microrganismos deteriorantes, conseqüentemente a maioria da carne de frango é ofertada para fins culinários refrigerada ou congelada. Beltrán e Bellés (2018) reportaram a refrigeração ou congelamento como uma das melhores técnicas de conservação da carne de frango *in natura*.

O armazenamento refrigerado estende a vida útil da carne de frango em aproximadamente uma semana (Jiménez et al., 1997), enquanto a carne de frango

congelada, armazenada a  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ , tem uma vida útil de 7-18 meses (Augustynska-Prejsnar, Ormian, & Sokolowicz, 2018; Taub & Singh, 1998).

Pesquisas anteriores têm fornecido informações enfocando as mudanças na qualidade de frango com miopatias sob congelamento e refrigeração. Sun, Koltés, Coon, Chen, & Owens (2018) observaram um efeito de suavização dos aspectos de compressão de força da carne WB durante o tempo de 8 dias pós-morte armazenado sob refrigeração. Pereira et al. (2021) estudaram o armazenamento da carne de frango com miopatia White Striping sob congelamento e observaram que o período de congelamento proporcionou maior comprimento de sarcômero e aumentaram o índice de fragmentação miofibrilar, resultando em maior maciez, sugerindo que o processo de congelamento por ser de grande importância para a avicultura, especialmente nos casos de miopatias. No entanto, poucos são os estudos que discutem os mecanismos envolvidos nas mudanças do perfil de voláteis e sensorial de peito de frango WB.

Portanto, este estudo teve como objetivo estabelecer o efeito do armazenamento sob refrigeração ( $\pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) e congelamento ( $\pm -18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) na qualidade aromática e sensorial da carne de peito de frango WB severo.

## **2. Material e métodos**

### *2.1. Seleção de peitos de frango*

Os peitos de frango Cobb® foram obtidos em abatedouro comercial, junto ao Serviço de Inspeção Federal (Brasil, 1998). Os peitos de frango com WB severo (WBS) e Normal (N) foram classificados pela palpação e aparência do músculo. Sendo peito N aqueles sem dureza e sem pontos de hemorragia (petéquias) na superfície; o peito WBS foram aqueles com dureza extrema por toda superfície e pontos de hemorragia. Após coleta, os peitos de frango foram embalados em sacos Zip Lock, armazenados sob refrigeração ( $-1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) comercial por 0, 11 e 14 dias, e congelamento ( $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) em freezer por 0, 45 e 90 dias. Foram coletados ao todo 30 peitos, sendo que para cada tempo foi reservado 3 peitos WBS e 3 peitos N. As amostras do tempo 0 foram usadas para os dois tipos de armazenamento.

## 2.2. Perfil de voláteis

A extração dos compostos voláteis foi realizada através da técnica de microextração em fase sólida (HS-SPME), em filés de peitos de frango com WBS e N crus, armazenados sob refrigeração e congelamento, segundo metodologia de Madruga et al. (2009) com adaptações. A fibra utilizada foi de 65  $\mu\text{m}$  Polidimetilsiloxano/Divinilbenzeno (PDMS/DVB), ativada de acordo com as condições do fabricante (250 °C/30 minutos). Cerca de 2 g de cada amostra foi triturada (crua), onde posteriormente foi transferida para frascos de vidro de 20 mL hermeticamente fechados com tampa rosqueável, contendo septo revestido de teflon. Alíquota de 1,0  $\mu\text{l}$  de um padrão interno (1000 ng  $\mu\text{l}$  1,2-diclorobenzeno em metanol) foi adicionado a amostra, antes da coleta dos voláteis.

Após atingir o equilíbrio (60 °C/5 minutos), a fibra foi exposta ao headspace por 60 minutos para extração dos voláteis. Em seguida o dispositivo de SPME foi movido do frasco da amostra e inserido diretamente na porta de injeção do cromatógrafo gasoso 7890B acoplado ao espectrômetro de massas (Agilent Technologies 5977B, Little Falls, DE, USA), responsáveis por separar e identificar os voláteis coletados pela SPME.

Foram utilizadas as seguintes condições analíticas no CG/EM: temperatura inicial do forno 40 °C/2 minutos, aumentando-se 4 °C  $\text{min}^{-1}$  até atingir 280 °C, permanecendo por 10 minutos, totalizando 72 minutos de corrida. A temperatura do injetor foi fixada em 250 °C. O hélio foi usado como gás de arraste na vazão de 1,0 mL/minuto, em sistema de injeção tipo split 1:10. A temperatura da linha de transferência foi de 170 °C. O espectrômetro de massas foi operado no modo impacto de elétrons (70 eV), com faixa de “scanning” de massa de 35 a 350 u.m.a a 3,33 scans/s.

A identificação dos compostos foi realizada pela análise dos padrões de fragmentação exibidos nos espectros de massas, sendo confirmada por comparação dos seus espectros de massas com aqueles presentes na base de dados fornecida pelo equipamento NIST (National Institute of Standards & Technology, E.U.A), bem como através dos seus índices de retenção linear com os de compostos conhecidos. As quantidades aproximadas dos voláteis (ng) foram estimadas por comparação de suas áreas de pico com a do padrão interno 1,2-diclorobenzeno, obtido a partir dos cromatogramas de íons totais, usando um fator de resposta 1. Os compostos voláteis foram agrupados em classes químicas, onde cada amostra foi injetada em triplicata.

### *2.3. Avaliação Sensorial*

O perfil sensorial de aroma dos filés de peitos de frango WBS e N foi caracterizado por uma equipe, 11 julgadores, treinada e habituada a realizar avaliação sensorial com carne de frango, utilizando a técnica de Análise descritiva quantitativa (ADQ). As amostras foram codificadas com algarismos de três dígitos, juntamente com as fichas geradas com os termos descritores, e analisadas em cabines individuais, no Laboratório de Análise Sensorial da Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, Brasil.

Os filés de peitos de frango WBS e N foram avaliados na condição crua, pois foi feito apenas o perfil de aromas, sem consumo da carne. Os filés de peito de frango foram apresentados aos membros da equipe em porções iguais com dimensões de 2 cm largura x 2 cm de altura x 2 cm de comprimento, em um recipiente de material acrílico de 7 cm de diâmetro, transparente, inodoro, com tampa de mesmo material, e acondicionadas com número de três dígitos. Cada amostra foi avaliada individualmente, juntamente com um copo de água (150 mL), para limpeza de olfato. Todas as amostras foram submetidas a análises microbiológicas para garantir a segurança do julgador e atender os parâmetros estabelecidos pela legislação brasileira (Brasil, 2019).

Antes do início das avaliações, foi apresentada a equipe o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), previamente aprovado por o Comitê de Ética e Pesquisa com Seres Humanos da UFPB (CAAE 26383519.3.0000.5188), atendendo as normas éticas e científicas requisitos da Resolução número 466, do Conselho Nacional de Saúde (Brasil, 2012).

O perfil de aroma dos filés crus de peitos de frango foi gerado comparando amostras armazenadas em 0 e 11 dias sob refrigeração (-1°C), e em 0 e 90 dias sob congelamento (-18 °C). Inicialmente, os julgadores avaliaram o odor das amostras de peito de frango e descreveram as similaridades e diferenças entre ambas amostras. Em seguida, sob a supervisão de um líder, os termos que melhor descreviam as amostras foram consensualmente escolhidos, definidos, criando-se para cada um, as referências que exemplificavam o aroma associado ao termo. Seis termos descritivos de aroma foram gerados, isto é aroma: doce, de frango cru, metálico, estranho, rançoso e de peixe, como aqueles que melhor caracterizaram o perfil aromático sensorial das amostras de peito de frango cru. Uma escala não estruturada de 9 cm, ancorada nos extremos esquerdo e direito nos termos “nenhum” e “forte”, respectivamente, foi utilizada para cada atributo. Por fim,

foi realizado teste final com amostras codificadas apresentadas em ordem randomizada entre os julgadores em três repetições.

#### 2.4. Estatística

Os dados resultantes foram avaliados pelo teste de normalidade Shapiro-Wilk ( $\alpha = 0,05$ ). Para comparar duas amostras (WBS e N) foi utilizado o teste paramétrico de t-student ( $p < 0,05$ ). Para comparar cada amostra ao longo do armazenamento (tempos 0, 11 e 14 dias – resfriamento e 0, 45 e 90 dias - congelamento) foi aplicada ANOVA e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). As respostas sensoriais foram analisadas por meio de análise de variância univariada (ANOVA) para avaliar o efeito da amostra com teste de média Tukey ( $p < 0,05$ ), e t-test (two-tailed) para a avaliação do efeito tempo do armazenamento ( $p \leq 0,05$ ). Análises multivariadas (componentes principais ( $p < 0,05$ ), análise hierárquica de cluster e mapa de cor) foram realizadas com o software XLSTAT versão 5.03 (Addinsoft, New York, USA, 2014).

### 3. Results and discussion

#### 3.1. Perfil de voláteis de filés de frango WBS e N crus submetido ao armazenamento resfriado e congelado

Um total de 54 compostos caracterizou o perfil de voláteis das amostras de filés de peito de frango crus WBS e Normal armazenados sob refrigeração e congelamento (Tabelas 1, 2, 3). Os compostos voláteis foram identificados e agrupados em diferentes categorias químicas, sendo estas álcoois, aldeídos, aromáticos, ésteres, furanos, hidrocarbonetos, cetonas, fenóis, piridina, composto sulfurado e terpenos.

O armazenamento sob refrigeração influenciou a concentração total de voláteis nos peitos de frango WBS e N. Observou-se um aumento de 200% na concentração volátil dos peitos WBS aos 11 dias de armazenamento, enquanto para os peitos N este aumento foi de 30% na concentração volátil em relação à concentração inicial. Aos 14 dias de refrigeração um comportamento inverso foi identificado, com uma perda de 70% na concentração de voláteis para WBS, e de 40% para os peitos N, em relação ao tempo 0. Diante deste comportamento, evidencia-se que o perfil de volátil de peitos WBS e N

sofrem influência direta do armazenamento refrigerado, observando-se a formação de compostos voláteis ao longo do armazenamento, associada a uma perda considerável destes voláteis ao final.

No tempo inicial (Tabela 1) foram identificados 21 voláteis na amostra N, havendo um aumento para 29 voláteis aos 11 dias refrigerado e um decréscimo ao final do armazenamento resultando em 25 compostos. Um comportamento semelhante ocorreu para a amostra WBS, no entanto, com um número maior de compostos identificados (25 voláteis/tempo inicial, 49 voláteis/ tempo 11 dias, e 28 voláteis/ tempo 14 dias).

As alterações da concentração dos compostos voláteis ao longo do armazenamento sob congelamento apresentou comportamento semelhante ao detectado nos peitos sob resfriamento (Tabela 1). Os filés de frango WBS e N mostraram uma tendência crescente de produção de voláteis aos 45 dias de congelamento, seguido de decréscimo ao final do tempo de congelamento. Observou-se um aumento superior a 4X na concentração de voláteis do peito WBS e de 2X no N aos 45 dias de congelamento; no período final de armazenamento houve uma redução de 68 % e 48% dos voláteis nos peitos WBS e N (Tabela 1).

No presente estudo as classes de aldeídos e álcoois se destacaram como os compostos que apresentaram os maiores teores nos filés WBS e N. Pesquisas mostraram que os aldeídos podem ser produtos de decomposição da oxidação lipídica (Qi et al., 2018). Em ambas as condições de armazenamento os aldeídos identificados majoritariamente em ambas às amostras de filés foram: pentanal, hexanal, heptanal, octanal, (E)-2-octenal e nonanal (Tabelas 2 e 3). Nas amostras WBS houve maior concentração de álcoois nos tempos 11 e 14 sob refrigeração, e aos 45 e 90 dias sob congelamento em relação a carne N.

Dentre os aldeídos observou-se destaque, com os maiores percentuais ao longo do tempo de armazenamentos os aldeídos octanal, seguido do hexanal e nonanal. Casaburi et al. (2015) apontaram que os aldeídos podem ser formados via hidrólise dos triglicerídeos e do metabolismo dos ácidos graxos. O hexanal, por exemplo, é um composto gerado preferentemente a partir da oxidação de ácido graxo, principalmente ácido  $\alpha$ -linolênico (Del Pulgar et al., 2011); enquanto octanal e nonanal são gerados a partir da oxidação do ácido oleico (Watanabe et al., 2015). Estes três compostos são comumente encontrados em carnes cruas durante o armazenamento (Casaburi et al., 2015), o que corrobora com os resultados obtidos no presente estudo. O Hexanal é

relatado como o composto que mais contribui para qualidade do sabor de frangos de corte (Luo et al., 2022; Jin et al., 2021).

O principal componente da classe dos álcoois foi o 1-octen-3-ol em ambas as condições e amostras (Tabelas 2 e 3). Esse composto tem sido relatado por ter um efeito significativo sobre a carne em geral, aumentando o sabor gorduroso, por ser um produto da oxidação lipídica (Zhang et al., 2021, Santos et al., 2021). A presença do octanol em ambas as amostras pode ter impacto no aroma “gorduroso” do peito de frango (Zhou, Li e Wang, 2022). Outros autores afirmam que os aminoácidos são os principais precursores de 1-octen-3-ol, (E,E)-2, 4- na carne de frango (Luo et al., 2022). Uma explicação mais simplificada da rota de formação do 1-octen-3-ol, é que é formado principalmente quando aminoácidos e ribose interagem em a via de oxidação lipídica, uma vez que esse composto surge principalmente do ácido linoleico (Elmore, Campo, Enser & Mottram, 2002; Van Ba, Amna & Hwang, 2013).

Observou-se um maior teor de octanol (10.07 ng.100g<sup>-1</sup>) para WB aos 11 dias sob refrigeração, voltando aos níveis iniciais ao final do armazenamento; enquanto sob congelamento o teor foi crescente, chegando ao final do armazenamento com um teor de 8.96 ng.100g<sup>-1</sup>. Outras classes de compostos foram identificadas em números e concentrações muito inferiores, porém não são menos importantes.

**Tabela 1.** Classes de compostos voláteis (ng.100g-1)\* em carne de peito de frango Normal (N) e Wooden Breast Severo (WBS) crua armazenada sob refrigeração e congelamento.

Classe	Breast	Refrigeração			Congelamento			<i>p</i>
		T0	T11	T14	T0	T45	T90	
Number	<b>N</b>	21	29	25	21	24	30	
volatiles	<b>WB</b>	25	49	28	25	51	46	
Volatile concentration	<b>N</b>	78.45±2.81	99.17±3.73	60.19±4.92	78.45±2.81	137.05±6.41	67.62±2.34	
	<b>WB</b>	51.50±4.88	157.95±1.12	47.68±1.86	51.50±4.88	227.91±9.03	154.77±7.03	<i>p</i>
<b>Alcohol</b>	<b>N</b>	5.57±0.55 <sup>ca</sup>	15.90±0.26 <sup>ab</sup>	7.80±0.38 <sup>bb</sup>	5.57±0.55 <sup>ba</sup>	6.08±0.14 <sup>bb</sup>	9.18±0.68 <sup>ab</sup>	0.0003
	<b>WB</b>	5.10±0.42 <sup>za</sup>	48.60±2.11 <sup>xa</sup>	10.50±0.71 <sup>ya</sup>	5.10±0.42 <sup>za</sup>	59.82±3.70 <sup>xa</sup>	47.32±2.95 <sup>ya</sup>	<0.0001
	<i>p</i>	0.3088	<0.0001	0.0043	0.3088	<0.0001	<0.0001	
<b>Aldehyde</b>	<b>N</b>	68.80±3.39 <sup>ba</sup>	79.88±3.98 <sup>ab</sup>	44.46±5.54 <sup>ca</sup>	68.80±3.39 <sup>ba</sup>	124.82±5.94 <sup>ab</sup>	55.68±2.81 <sup>cb</sup>	<0.0001
	<b>WB</b>	43.04±4.75 <sup>yB</sup>	96.83±2.43 <sup>xa</sup>	27.95±0.90 <sup>zB</sup>	43.04±4.75 <sup>zB</sup>	154.34±5.17 <sup>xa</sup>	100.50±3.67 <sup>ya</sup>	<0.0001
	<i>p</i>	0.0016	0.0033	0.0070	0.0016	0.0029	<0.0001	
<b>Aromatic</b>	<b>N</b>	-	-	6.92±0.85 <sup>A</sup>	-	0.90±0.01 <sup>A</sup>	0.09±0.02 <sup>B</sup>	-
	<b>WB</b>	0.53±0.04 <sup>z</sup>	4.88±0.33 <sup>y</sup>	7.97±0.24 <sup>xA</sup>	0.53±0.04 <sup>y</sup>	0.76±0.00 <sup>xB</sup>	0.12±0.01 <sup>zA</sup>	<0.0001
	<i>p</i>	-	-	0.10762	-	<0.0001	0.1057	
<b>Ester</b>	<b>N</b>	-	0.09±0.03 <sup>A</sup>	-	-	-	-	-
	<b>WB</b>	-	0.11±0.02 <sup>A</sup>	-	-	0.07±0.02	0.09±0.01	-

	<i>p</i>	-	0.4364	-		-	-		
<b>Furan</b>	<b>N</b>	0.10±0.04 <sup>bA</sup>	0.31±0.04 <sup>aB</sup>	0.10±0.04 <sup>bA</sup>	0.0009	0.10±0.04 <sup>bA</sup>	0.41±0.04 <sup>aB</sup>	0.17±0.02 <sup>bB</sup>	<0.0001
	<b>WB</b>	0.09±0.02 <sup>yA</sup>	1.11±0.05 <sup>xA</sup>	0.12±0.04 <sup>yA</sup>	<0.0001	0.09±0.02 <sup>zA</sup>	2.33±0.40 <sup>xA</sup>	0.99±0.18 <sup>yA</sup>	0.0001
	<i>p</i>	0.5872	<0.0001	0.5078		0.5872	0.0011	0.0014	
<b>Hydrocarbon</b>	<b>N</b>	-	0.05±0.01 <sup>A</sup>	-	-	-	-	0.02±0.01	-
	<b>WB</b>	-	0.08±0.02 <sup>A</sup>	-	-	-	0.23±0.01	0.13±0.02	-
	<i>p</i>	-	0.0928	-	-	-	-	0.0005	-
<b>Ketone</b>	<b>N</b>	1.49±0.14 <sup>aA</sup>	1.21±0.13 <sup>bB</sup>	0.48±0.01 <sup>cB</sup>	<0.0001	1.49±0.14 <sup>aA</sup>	1.35±0.10 <sup>aB</sup>	1.25±0.03 <sup>aB</sup>	0.0686
	<b>WB</b>	0.71±0.05 <sup>yB</sup>	5.33±0.49 <sup>xA</sup>	0.74±0.14 <sup>yA</sup>	<0.0001	0.71±0.05 <sup>zB</sup>	8.84±0.69 <sup>xA</sup>	5.48±0.99 <sup>yA</sup>	<0.0001
	<i>p</i>	0.0008	0.0002	0.0332		0.0008	<0.0001	0.0018	
<b>Phenol</b>	<b>N</b>	1.90±0.23 <sup>aA</sup>	1.27±0.25 <sup>bA</sup>	0.04±0.00 <sup>c</sup>	<0.0001	1.90±0.23 <sup>bA</sup>	3.49±0.49 <sup>aA</sup>	1.22±0.23 <sup>bA</sup>	0.0005
	<b>WB</b>	1.51±0.13 <sup>A</sup>	0.36±0.14 <sup>B</sup>	-	-	1.51±0.13 <sup>xA</sup>	1.07±0.06 <sup>yB</sup>	0.14±0.02 <sup>zB</sup>	<0.0001
	<i>p</i>	0.0652	0.0054	-		0.0652	0.0011	0.0012	
<b>Pyridine</b>	<b>N</b>	-	-	-	-	-	-	-	-
	<b>WB</b>	-	0.17±0.01	-	-	-	0.31±0.00	-	-
	<i>p</i>	-	-	-		-	-	-	
<b>Sulfur</b>	<b>N</b>	-	-	0.04±0.00 <sup>B</sup>	-	-	-	-	-
	<b>WB</b>	-	0.05±0.00	0.05±0.00 <sup>A</sup>	-	-	-	-	-
	<i>p</i>	-	-	0.0303		-	-	-	
<b>Terpene</b>	<b>N</b>	0.58±0.02 <sup>aA</sup>	0.45±0.01 <sup>bA</sup>	0.36±0.06 <sup>cA</sup>	0.0006	0.58±0.02 <sup>A</sup>	-	-	-

<b>WB</b>	0.52±0.10 <sup>x</sup> <sup>A</sup>	0.44±0.02 <sup>xy</sup> <sup>A</sup>	0.35±0.06 <sup>y</sup> <sup>A</sup>	0.0517	0.52±0.10 <sup>A</sup>	0.13±0.04	-	-
<i>p</i>	0.3698	0.4638	0.7849		0.3698	-	-	

---

N: Normal meat. WB: Wooden Breast myopathy. <sup>A,B</sup> Letras diferentes para carne Normal e Wooden Breast diferem estatisticamente pelo teste teste t-student: (p<0,05); <sup>a,b,c</sup> Letras diferentes para carne Normal, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p<0,05); <sup>x,y,z</sup> Letras diferentes para carne WB, diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p<0, 05)

**Tabela 2.** Perfil de compostos voláteis (ng.100g-1)\* em carne de peito de frango Normal (N) e Wooden Breast Severo (WBS) crua armazenada sob refrigeração.

Class/Compound	LRI	N			WBS		
		T0	T11	T14	T0	T11	T14
<b>Alcohol</b>							
3-Methyl-1-butanol	<800	-	-	0.39±0.07	-	-	3.60±0.20
Pentanol	<800	0.82±0.13	2.11±0.13	1.31±0.14	0.65±0.03	3.50±0.22	0.68±0.08
Hexanol	867	0.19±0.03	0.47±0.09	0.22±0.05	0.19±0.03	1.12±0.08	0.72±0.08
Heptanol	970	0.40±0.03	1.23±0.06	0.31±0.02	0.53±0.07	4.56±0.15	0.42±0.04
1-Octen-3-ol	980	2.51±0.35	9.13±0.09	2.60±0.34	2.07±0.25	23.14±2.14	2.35±0.35
3-Octanol	997	-	-	-	-	-	0.03±0.01
4-Ethylcyclohexanol	998	-	-	-	0.05±0.01	0.37±0.05	0.04±0.01
2-Ethyl-1-hexanol	1030	1.07±0.11	-	1.72±0.11	0.97±0.09	-	1.58±0.16
3,5-Octadien-2-ol	1039	-	-	-	-	0.03±0.00	-
(E)-2-Octen-1-ol	1069	0.16±0.02	0.69±0.09	0.40±0.05	0.05±0.01	3.92±0.21	0.36±0.07

Octanol	1071	0.41±0.07	2.18±0.07	0.80±0.11	0.60±0.10	10.07±0.48	0.72±0.05
1-Nonen-4-ol	1095	-	-	-	-	0.95±0.09	-
(E)-3-Nonen-1-ol	1136	-	-	-	-	0.10±0.04	-
Nonanol	1172	-	0.10±0.02	-	-	0.37±0.02	-
Decanol	1266	-	-	0.03±0.02	-	0.30±0.03	-
(E)-2-Decen-1-ol	1282	-	-	-	-	0.12±0.02	-
2-Butyloctanol	1272	-	-	-	-	0.04±0.00	-
<b>Aldehyde</b>							
Pentanal	<800	0.95±0.14	1.09±0.15	0.80±0.06	0.48±0.03	1.81±0.41	1.35±0.14
Hexanal	800	12.42±0.36	32.89±1.53	7.85±0.52	8.75±1.08	36.54±0.36	5.83±0.67
Heptanal	901	0.64±0.08	1.46±0.17	0.50±0.02	0.54±0.02	3.09±0.12	0.26±0.07
(Z)-2-Heptenal	955	0.09±0.02	0.37±0.02	0.03±0.01	0.09±0.03	0.57±0.01	0.05±0.02
Benzaldehyde	958	-	-	-	1.62±0.21	0.40±0.06	0.61±0.04
Octanal	1003	52.49±3.95	38.28±2.03	33.09±4.85	29.56±3.33	28.31±1.98	18.58±0.34

Benzeneacetaldehyde	1043	-	0.11±0.02	-	-	0.50±0.03	0.06±0.01
(E)-2-Octenal	1057	0.09±0.01	0.30±0.06	0.06±0.02	0.10±0.01	1.57±0.17	0.06±0.02
Nonanal	1105	2.11±0.27	4.62±0.55	2.02±0.23	1.78±0.33	18.02±0.87	1.12±0.19
3-Ethylbenzaldehyde	1162	-	0.13±0.05	-	-	0.62±0.07	-
(Z)-4-Decen-1-al	1194	-	-	-	-	0.23±0.02	-
Decanal	1205	-	0.41±0.05	0.08±0.02	0.08±0.02	1.30±0.16	0.05±0.01
2,4-Nonadienal	1214	-	-	-	-	0.39±0.01	-
(E)-2-Decenal	1262	-	0.10±0.03	0.02±0.01	0.04±0.01	0.69±0.03	-
Undecanal	1307	-	-	-	-	0.16±0.03	-
2,4-Decadienal	1317	-	-	-	-	0.75±0.06	-
2-Undecenal	1364	-	-	-	-	0.66±0.02	-
Dodecanal	1409	-	0.14±0.04	-	-	0.44±0.05	-
Tridecanal	1511	-	-	-	-	0.24±0.03	-
Tetradecanal	1613	-	-	-	-	0.25±0.04	-

Pentadecanal	1715	-	-	-	-	0.28±0.05	-
<b>Aromatic</b>							
Naphthalene	1181	-	-	6.92±0.85	0.53±0.04	4.88±0.33	7.97±0.24
<b>Ester</b>		-	0.09±0.03	-	-	0.11±0.02	-
Methyl octanoate	1125	-	-	-	-	0.11±0.02	-
Methyl salicylate	1194	-	0.09±0.03	-	-	-	-
<b>Furan</b>							
2-Pentylfuran	991	0.10±0.04	0.19±0.04	0.10±0.04	0.09±0.02	0.79±0.06	0.07±0.04
2-Octylfuran	1294	-	0.12±0.01	-	-	0.31±0.03	0.05±0.00
<b>Hydrocarbon</b>							
Tridecane	1300	-	0.05±0.01	-	-	0.08±0.02	-
<b>Ketone</b>							
2-Heptanone	890	0.17±0.02	0.15±0.02	0.08±0.01	-	0.29±0.01	0.05±0.02
2,5-Octanedione	985	0.72±0.09	0.84±0.12	0.40±0.01	0.43±0.07	4.40±0.52	0.64±0.13

3-Dodecanone	1400	0.61±0.04	0.22±0.05	-	0.27±0.05	0.18±0.02	0.04±0.01
3-Undecanone	1283				-	0.08±0.02	-
3-Decen-5-one	1344				-	0.39±0.07	-
<b>Phenol</b>							
2,4-di-t-Butylphenol	1513	1.90±0.23	1.27±0.25	0.04±0.00	1.51±0.13	0.36±0.14	-
<b>Pyridine</b>							
2-Pentylpyridine	1197	-	-	-	-	0.17±0.01	-
<b>Sulfur</b>							
Benzothiophene	1188	-	-	0.04±0.00	-	0.05±0.00	0.05±0.00
<b>Terpene</b>							
o-Cymene	1023	0.08±0.02	0.06±0.01	-	0.05±0.01	-	-
Limonene	1027	0.50±0.04	0.39±0.01	0.36±0.06	0.48±0.09	0.44±0.02	0.35±0.06

\* Data expressed as Mean±SD. LRI: Linear retention index. N: Normal meat. WB: Wooden Breast myopathy. T0= 0 dias; T11= 11 dias; T14= 14 dias. (-) não detetctado.

**Tabela 3.** Perfil de compostos voláteis (ng.100g<sup>-1</sup>)\* em carne de peito de frango Normal (N) e Wooden Breast Severo (WBS) crua armazenada sob congelamento.

Class/Compound	LRI	N			WBS		
		T0	T45	T90	T0	T45	T90
<b>Alcohol</b>							
Pentanol	<800	0.82±0.13	0.84±0.09	1.19±0.11	0.65±0.03	1.80±0.21	2.84±0.05
Hexanol	867	0.19±0.03	0.18±0.04	0.27±0.06	0.19±0.03	2.12±0.09	1.41±0.07
Heptanol	970	0.40±0.03	0.55±0.02	0.89±0.09	0.53±0.07	2.66±0.24	3.01±0.00
1-Octen-3-ol	980	2.51±0.35	2.65±0.09	4.97±0.34	2.07±0.25	32.88±1.89	24.68±2.96
3-Octanol	997	-	-	-	-	-	0.46±0.08
4-Ethylcyclohexanol	998	-	-	-	0.05±0.01	0.27±0.00	-
2-Ethyl-1-hexanol	1030	1.07±0.11	1.23±0.03	-	0.97±0.09	-	-
(Z)-3-Octen-1-ol	1047	-	-	-	-	0.13±0.05	0.05±0.03
(E)-2-Octen-1-ol	1069	0.16±0.02	0.09±0.03	0.48±0.05	0.05±0.01	8.20±0.18	4.47±0.16

Octanol	1071	0.41±0.07	0.54±0.02	1.35±0.12	0.60±0.10	8.23±0.65	8.96±0.58
1-Nonen-4-ol	1095	-	-	-	-	1.81±1.12	0.69±0.01
2-Nonen-1-ol	1109	-	-	-	-	0.06±0.04	0.06±0.01
Nonanol	1172	-	-	0.03±0.01	-	0.46±0.08	0.27±0.07
Decanol	1266	-	-	-	-	1.17±0.20	0.38±0.07
2-Butyloctanol	1272	-	-	-	-	0.12±0.05	0.05±0.02
<b>Aldehyde</b>							
Pentanal	<800	0.95±0.14	0.94±0.04	0.96±0.09	0.48±0.03	2.21±1.29	-
Hexanal	800	12.42±0.36	14.42±1.28	11.48±1.43	8.75±1.08	44.22±3.18	32.48±1.58
(E)-2-Hexenal	851	-	-	-	-	0.13±0.01	-
Heptanal	901	0.64±0.08	0.74±0.05	0.91±0.14	0.54±0.02	2.26±0.24	2.83±0.37
(Z)-2-Heptenal	955	0.09±0.02	-	0.20±0.03	0.09±0.03	1.01±0.26	0.67±0.22
Benzaldehyde	958	-	2.48±0.14	0.45±0.04	1.62±0.21	0.29±0.07	0.84±0.43
Octanal	1003	52.49±3.95	99.74±4.87	37.48±2.26	29.56±3.33	66.60±3.58	31.13±2.05

(E,E)-2,4-Heptadienal	1011	-	-	-	-	0.09±0.04	-
Benzeneacetaldehyde	1043	-	0.26±0.02	0.06±0.02	-	0.58±0.02	0.46±0.07
(E)-2-Octenal	1057	0.09±0.01	-	0.21±0.04	0.10±0.01	2.64±0.12	1.48±0.10
Nonanal	1105	2.11±0.27	3.82±0.34	3.45±0.09	1.78±0.33	20.63±1.25	23.75±2.03
3-Ethylbenzaldehyde	1162	-	-	0.12±0.06	-	1.30±0.13	1.16±0.36
(Z)-4-Decen-1-al	1194	-	-	-	-	0.49±0.05	0.28±0.04
Decanal	1205	-	0.18±0.02	0.26±0.06	0.08±0.02	2.24±0.30	1.77±0.27
2,4-Nonadienal	1214	-	-	-	-	1.11±0.18	0.40±0.06
(E)-2-Decenal	1262	-	2.24±0.22	0.03±0.03	0.04±0.01	1.41±0.11	0.67±0.04
Undecanal	1307	-	-	0.03±0.01	-	0.34±0.01	0.25±0.05
2,4-Decadienal	1317	-	-	-	-	2.64±0.09	0.56±0.01
2-Undecenal	1364	-	-	-	-	1.65±0.22	0.43±0.04
2-Butyl-2-octenal	1375	-	-	-	-	-	0.09±0.01
Dodecanal	1409	-	-	0.03±0.03	-	0.43±0.12	0.46±0.02

Pentylbenzaldehyde	1460	-	-	-	-	0.18±0.05	0.10±0.04
Pentadecanal	1715	-	-	-	-	0.50±0.05	0.11±0.02
Tridecanal	1511	-	-	-	-	0.61±0.07	0.26±0.01
Tetradecanal	1613	-	-	-	-	0.65±0.04	0.33±0.00
Hexadecanal	1818	-	-	-	-	0.13±0.05	-
<b>Aromatic</b>							
Naphthalene	1181	-	0.90±0.01	0.09±0.02	0.53±0.04	0.76±0.00	0.12±0.01
<b>Ester</b>							
Methyl octanoate	1125	-	-	-	-	0.07±0.02	0.09±0.01
<b>Furan</b>							
2-Pentylfuran	991	0.10±0.04	0.12±0.03	0.07±0.01	0.09±0.02	1.33±0.35	0.70±0.12
2-Octylfuran	1294	-	0.30±0.05	0.11±0.01	-	0.99±0.18	0.29±0.08
<b>Hydrocarbon</b>							
Tridecane	1300	-	-	0.02±0.01	-	0.23±0.01	0.13±0.02

<b>Ketone</b>							
2-Heptanone	890	0.17±0.02	0.65±0.06	0.08±0.02	-	0.42±0.12	0.25±0.05
2,5-Octanedione	985	0.72±0.09	0.28±0.03	1.01±0.01	0.43±0.07	6.85±0.75	4.67±0.93
3-Dodecanone	1400	0.61±0.04	0.18±0.04	0.07±0.02	0.27±0.05	0.38±0.04	0.24±0.01
3-Decen-5-one	1344	-	-	-	-	0.99±0.02	0.29±0.03
Acetophenone	1065	-	0.24±0.05	0.10±0.03	-	0.20±0.01	0.03±0.00
<b>Phenol</b>							
2,4-di-t-Butylphenol	1513	1.90±0.23	3.49±0.49	1.22±0.23	1.51±0.13	1.07±0.06	0.14±0.02
<b>Pyridine</b>							
2-Pentylpyridine	1197	-	-	-	-	0.31±0.00	-
<b>Terpene</b>							
o-Cymene	1025	0.08±0.02	-	-	0.05±0.01	-	-
Limonene	1027	0.50±0.04	-	-	0.48±0.09	0.13±0.04	-

\* Data expressed as Mean±SD. LRI: Linear retention index. N: Normal meat. WB: Wooden Breast myopathy. T0= 0 dias; T11= 11 dias; T14= 14 dias. (-) não detetctado.

### *3.2 Perfil sensorial aromático de frango WBS e N crus submetido ao armazenamento resfriado e congelado*

No total, sete termos descritivos foram gerados pela equipe sensorial para caracterizar o perfil aromático sensorial das amostras de peito de frango WBS e N, sendo os seguintes descritores: doce, frango cru, frango cozido, metálico, estranho, rançoso e peixe (Tabela 4). A partir das médias de intensidade de cada descritor associadas a cada amostra, observou-se diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) entre as amostras WBS e N, bem como em relação às condições e tempo de armazenamento.

A maior média de intensidade de aroma foi pontuada para o atributo de “aroma de frango fresco”, o que já era esperado. Para os demais atributos a intensidade dos descritores estão entre 0 e 1, indicando que estes estão presentes com baixa intensidade.

Em peito de frango, a percepção aromática depende de vários fatores, que estão alinhados com aqueles determinantes da qualidade físico-química que também foram influenciados pelo tempo de armazenamento. Comumente tem-se reportado intensidades aromáticas menos intensas da maioria dos descritores aromáticos em peito de frango, quando comparados a atributos de textura, aparência e sabor (Rababah et al., 2005; Tasoniero et al., 2016).

O perfil de aroma das amostras cruas apresentaram grande similaridade, sendo identificadas diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) apenas para os atributos frango cru e metálico, em ambas as condições de armazenamento. Peitos WBS apresentaram intensidade de aroma “metálico” mais fortes do que peitos N, ao final do armazenamento sob congelamento. Observou-se que tanto no armazenamento sob refrigeração quanto no congelamento, a intensidade de aroma de “frango fresco” foi percebida com menor intensidade no peito WBS cru. Este resultado não foi surpresa considerando que a miopatia WBS afeta diretamente os teores proteicos e lipídicos do peito de frango, gerando compostos que alteram a intensidade do aroma de frango fresco. Kuttappan et al. (2012) reportaram que a miopatia WB também pode acarretar em redução na aceitação da carne de frango pelo consumidor, em decorrência de suas alterações sensoriais, principalmente no aspecto de aparência..

O tempo de armazenamento foi outro fator que influenciou significativamente no perfil das amostras, com aumento significativo da intensidade dos atributos de aroma de frango cru tanto para amostra N como WBS no tempo de 11 dias de armazenamento, e aroma doce no tempo 90 dias de armazenamento para ambas amostras. Foi observado um decaimento da intensidade do aroma de frango fresco para amostra N crua e para o aroma metálico da amostra WBS durante o período de congelamento dessas amostras.

### *3.3 ACP de filés de frango WB e N crus submetidos ao armazenamento resfriado e congelado*

A análise de componentes principais baseados nas classes de voláteis e análise sensorial das carnes WBS e N cruas explicou 70,1% da variabilidade total nas duas primeiras componentes (Figura 1), sendo 48,2 % explicado pela PC1 e 21,8% pela PC2. A PC1 está positivamente relacionada as classes de voláteis de aldeído, álcool, furano, cetona e éster, além do atributo sensorial de odores estranhos. A PC2 está positivamente relacionada aos atributos sensoriais de aroma metálico e de peixe, além da classe de voláteis de terpenos.

As carnes de frango crua WBS apresentaram diferenças de acordo com o tipo de armazenamento, se posicionando em distintos quadrantes. Enquanto que, as amostras N apresentaram maior similaridade, independentemente do tipo de armazenamento (refrigerado: T11; congelado: T90) localizando na posição negativa da PC1. Tanto a carne WBS quanto a N, no tempo 0, se localizaram no mesmo quadrante.

A carne WBS crua no início do armazenamento (0 dias) foi vetorizada no PC1 negativo e PC2 positivo, sendo melhor caracterizada pelas classes de voláteis fenol e terpeno, além dos atributos sensoriais de aroma de peixe e metálico. As carnes WBS armazenada sob refrigeração (11 dias) e armazenada sob congelamento (90 dias) foram vetorizadas no eixo positivo de PC1, sendo ambas caracterizadas pela classe de éster, furano, álcool, cetona e aldeídos. No entanto, WBS refrigeradas foram vetorizadas no quadrante PC2 positivo, sendo caracterizada principalmente pelos atributos sensoriais de aroma metálico e de peixe, enquanto que a carne WBS congelada foi vetorizada no PC2 negativo, sendo caracterizada principalmente pelos atributos sensoriais de aroma doce e de ranço. Por fim, é possível visualizar que a maioria dos compostos e atributos avaliados tem menos impacto no perfil da amostra N.

**Tabela 4.** Pontuações de odor sensoriais descritivas \* do efeito do tempo e miopatia na carne de peito de frango crua armazenada sob refrigeração e congelamento.

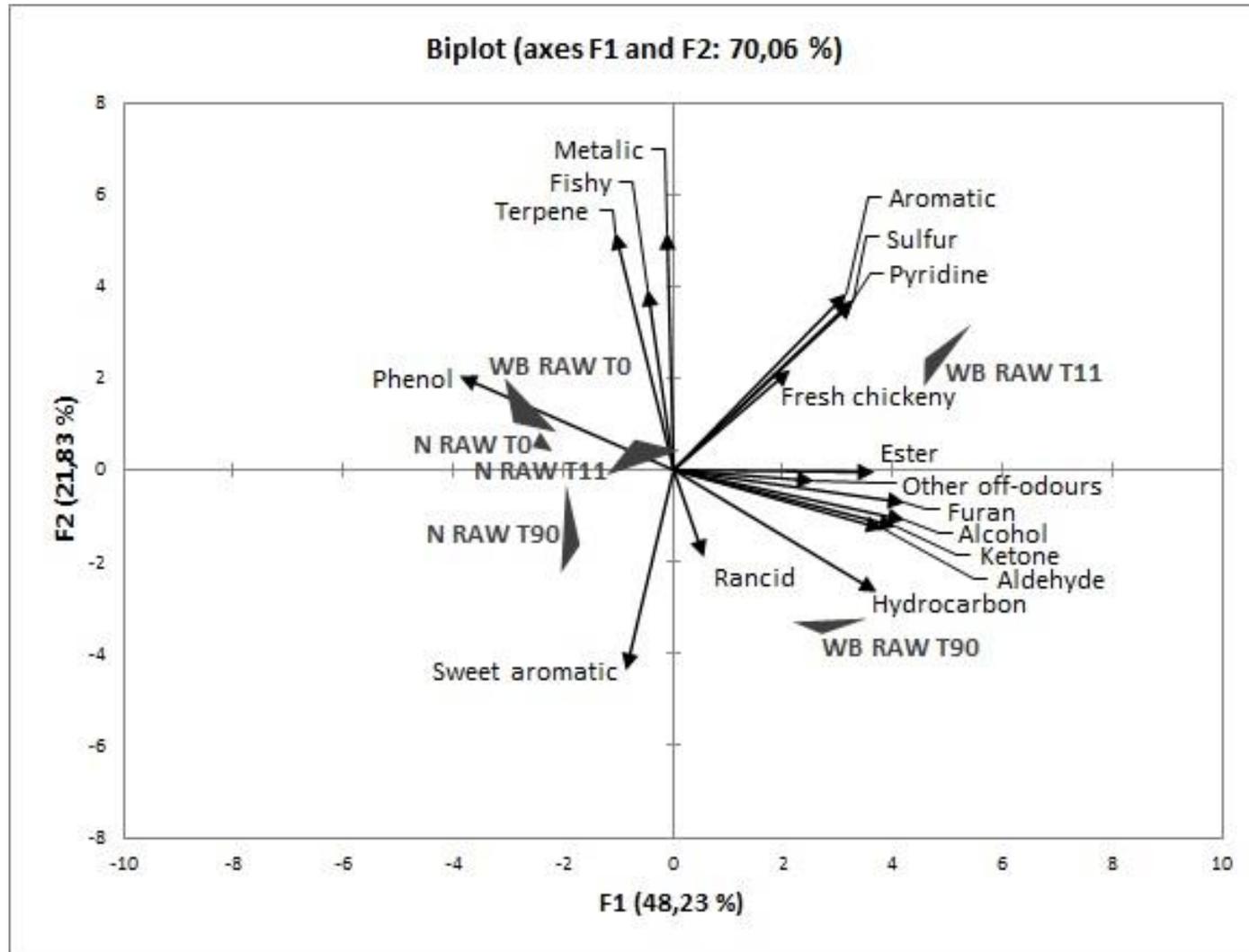
Attribute	Refrigerado				Congelado			
	Time	N	WB	<i>p</i>	Time	N	WB	<i>p</i>
Aroma doce	T0	0.35±0.58	0.20±0.37	0.2422	T0	0.35±0.58 <sup>B</sup>	0.20±0.37 <sup>B</sup>	0.2422
	T11	0.45±0.81	0.16±0.32	0.0753	T90	0.70±0.42 <sup>A</sup>	0.55±0.30 <sup>A</sup>	0.1428
	<i>p</i>	0.5678	0.6888		<i>p</i>	<b>0.0091</b>	<b>0.0008</b>	
Frango fresco	T0	9.43±0.54 <sup>aB</sup>	9.07±0.69 <sup>bB</sup>	<b>0.0278</b>	T0	9.43±0.54 <sup>aB</sup>	9.07±0.69 <sup>b</sup>	<b>0.0278</b>
	T11	9.71±0.39 <sup>A</sup>	9.66±0.30 <sup>A</sup>	0.6189	T90	9.10±0.62 <sup>A</sup>	9.31±0.41	0.1288
	<i>p</i>	<b>0.0269</b>	<b>&lt;0.0001</b>		<i>p</i>	<b>0.0313</b>	0.1080	
Metalico	T0	0.48±0.50 <sup>b</sup>	0.95±0.98 <sup>a</sup>	<b>0.0233</b>	T0	0.48±0.50 <sup>b</sup>	0.95±0.98 <sup>aA</sup>	<b>0.0233</b>
	T11	0.89±1.04	0.93±1.17	0.8887	T90	0.49±0.55 <sup>a</sup>	0.16±0.29 <sup>bB</sup>	<b>0.0051</b>
	<i>p</i>	0.0561	0.9543		<i>p</i>	0.9783	<b>&lt;0.0001</b>	
Estranho	T0	0.02±0.09	0.05±0.20	0.4782	T0	0.02±0.09	0.05±0.20	0.4782
	T11	0.02±0.09	0.11±0.29	0.0946	T90	0.08±0.22	0.09±0.26	0.8314
	<i>p</i>	0.9740	0.3147		<i>p</i>	0.1927	0.4896	
Rançoso	T0	0.09±0.18	0.15±0.35	0.4258	T0	0.09±0.18	0.15±0.35	0.4258
	T11	0.02±0.08	0.12±0.33	0.1274	T90	0.13±0.22	0.16±0.41	0.7254
	<i>p</i>	0.0606	0.7525		<i>p</i>	0.4019	0.8621	
Aroma de peixe	T0	0.04±0.14	0.08±0.22	0.4543	T0	0.04±0.14	0.08±0.22	0.4543
	T11	0.02±0.07	0.07±0.17	0.1174	T90	0.06±0.17	0.01±0.03	0.1349

*p*      0.4654              0.9334                              *p*              0.7238              0.0898

---

\* As pontuações foram expressas como média  $\pm$  desvio padrão. <sup>A,B</sup> Letras diferentes para carne Normal e Wooden Breast diferem estatisticamente pelo teste t-student ( $p < 0,05$ ); <sup>a,b</sup> Letras diferentes para carne Normal, diferem estatisticamente pelo teste t-student ( $p < 0,05$ ); ( $p < 0,05$ ); <sup>x,y,z</sup> Letras diferentes para carne WB, diferem estatisticamente pelo teste t-student ( $p < 0,05$ )

**Figura 1.** Análise de componentes principais dos descritores sensoriais e compostos voláteis da carne de peitos de frango (WBS e N) crua armazenada sob refrigeração e congelamento.



### *3.4 Hierarchical cluster analysis and Heatmaps aplicado para perfil volátil dos filés de frango WB e N crus submetidos ao armazenamento resfriado e congelado*

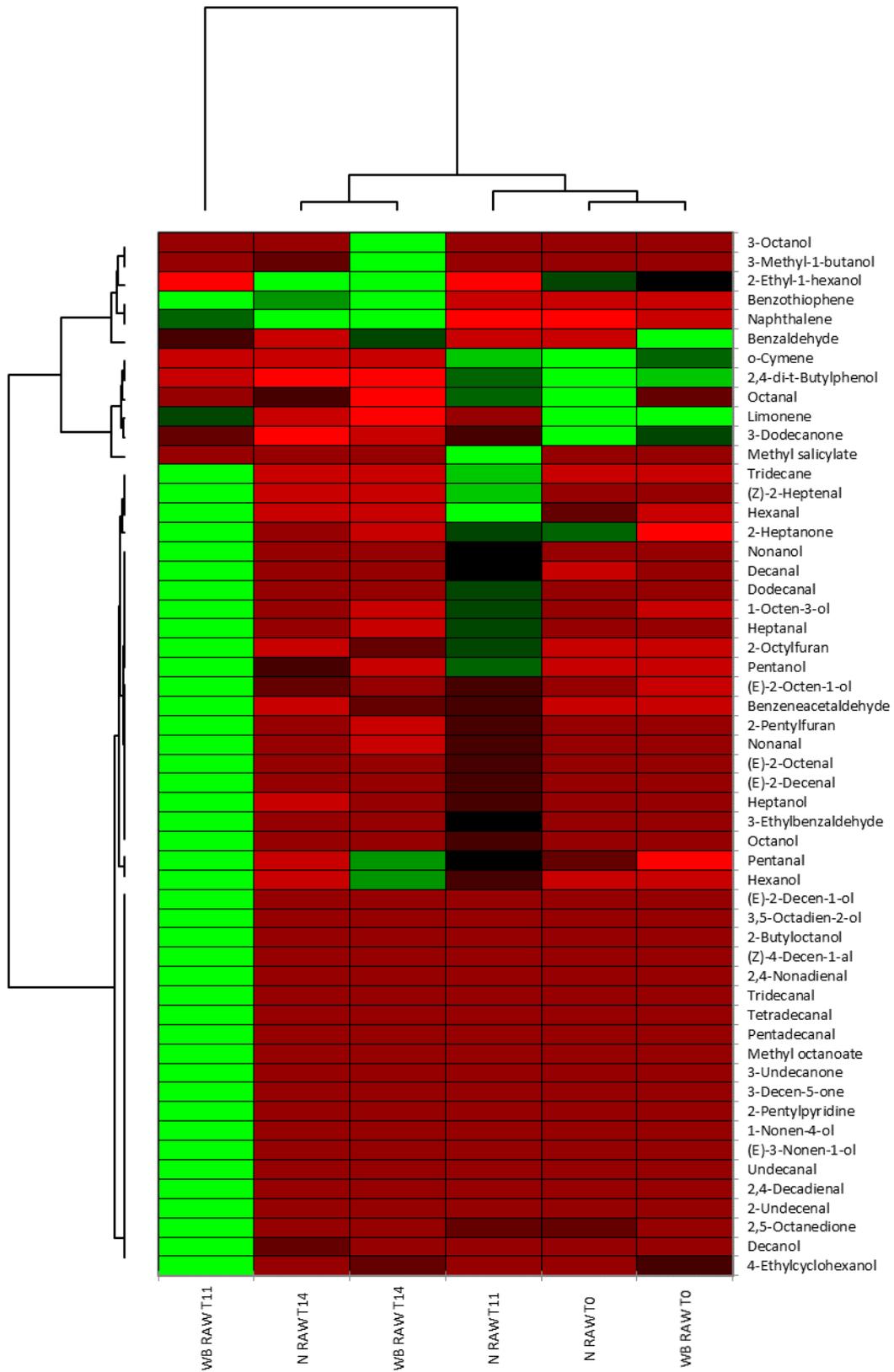
A análise de agrupamento hierárquico e mapa de calor foi realizada considerando a composição volátil dos frangos WBS e N crus e armazenados sobre refrigeração e congelamento (Figura 2 e Figura 3). Sob refrigeração (Figura 2), as amostras cruas foram agrupadas em quatro cluster de acordo com as similaridades. O primeiro formado pelas amostras WBS e N no tempo 0; o segundo formado pela amostra N no tempo 11 (T11); o terceiro formado pelas amostras WBS e N no tempo 14 (T14); e o quarto pela amostra WBS no T11.

Em relação aos compostos voláteis, também foram agrupados em quatro principais clusters de acordo com as similaridades, cluster “superior”, “intermediário superior”, “intermediário inferior” e “inferior”. A amostra WBS T11, apresentou o perfil mais diferenciado dentre todas as amostras, apresentando maior expressão dos voláteis agrupados nos clusters “intermediário inferior” e “inferior” (sendo representado principalmente pelas classes dos aldeídos e álcoois) e baixa nos demais clusters. Por outro lado, as amostras WBS e N no tempo 14 dias exibiram concentrações de compostos voláteis relativamente alta para o cluster de voláteis “superior” e baixo para os clusters “intermediários” e “inferior”, sendo os voláteis 3-octanol, 3-methyl-1-butanol, 2-ethyl-1-hexanol, benzothiophene e naphthalene os mais expressivos. Já o frango N T11 exibiu maior quantidade de voláteis nos dois clusters “intermediários”, destacando-se os voláteis o-cymene, methyl salicylate, tridecane, (Z)-2-heptanal e hexanal. Enquanto que as amostras WBS e N no tempo 0 dias, apresentaram concentração de voláteis relativamente altas no cluster “intermediário superior” de voláteis, sendo os mais expressivos os voláteis benzaldehyde, o-cymene, 2,4-di-t-Butylphenol, octanal, limonene e 3-dodecanone.

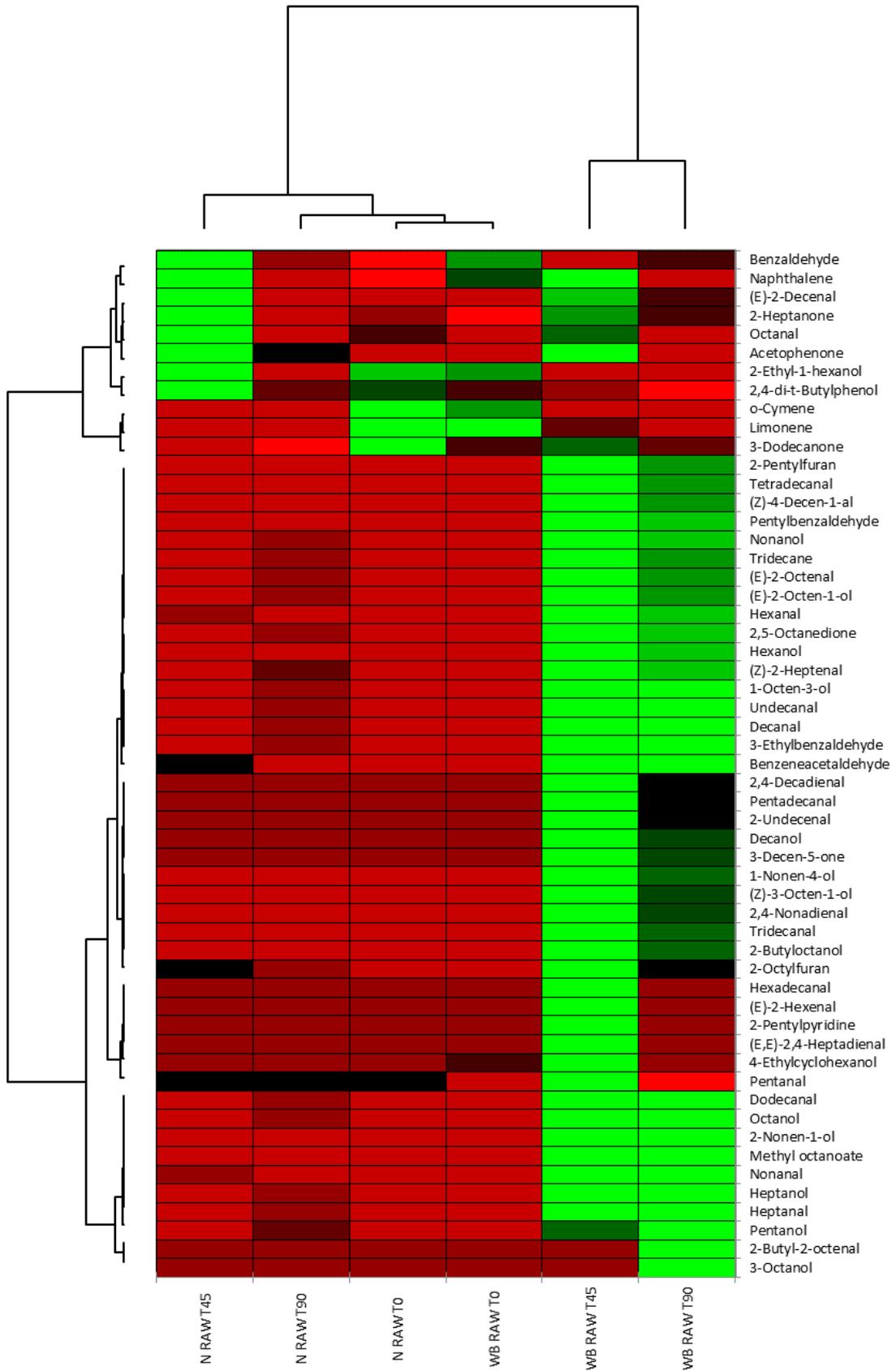
Em relação ao armazenamento sob congelamento (Figura 3) as amostras foram agrupadas em 3 clusters. O primeiro cluster é formado pelas amostras N nos tempos 0, 45 e 90 dias e a amostra WBS T0. O segundo cluster é a amostra WBS T45 e o terceiro cluster de amostras WBS T90. Os voláteis foram agrupados em 4 clusters: “superior”, “intermediário superior”, “intermediário inferior” e “inferior”. A amostra N T45 apresentou maior expressão nos voláteis do cluster “superior”, com destaque para os compostos benzaldehyde, naphthalene, (E)-2-decenal, 2-heptanone, octanal, acetophenone, 2-ethyl-1-hexanol e 2,4-di-t-butylphenol. Já as amostras WBS e N no tempo 0, apresentaram maior expressão nos compostos pertencentes ao cluster de voláteis “intermediário superior”, com destaque para os compostos 2-ethyl-1-hexanol, 2,4-di-t-

butylphenol, o-cymene, limonene e 3-dodecanone. A amostra WBS no tempo 45 apresentou maior expressão para os clusters “superior”, “intermediário inferior” e “inferior”, enquanto que WBS T90 apresentou maior expressão dos compostos voláteis nos clusters “intermediário inferior” e “inferior”, em ambos sendo destaque os compostos que pertencem a classe de aldeídos e álcoois.

**Figura 2.** Cluster hierárquico e mapa de calor aplicado ao perfil volátil da carne de peitos de frango (WBS e N) crua armazenada sob refrigeração.



**Figura 3.** Cluster hierárquico e mapa de calor aplicado ao perfil volátil da carne de peitos de frango (WBS e N) crua armazenada sob congelamento.



#### 4. Conclusion

Em geral, verificou-se uma influencia direta do tipo de armazenamento e do tempo na formação volátil de peitos de frango WBS e N, armazenados sob refrigeração e congelamento, com maior quantidade e concentração de volateis, em peitos com miopatia WBS nas carnes congeladas. Os compostos voláteis mais expressivos foram os aldeídos, independentemente do tipo de filé analisado e condição de armazenamento. Em adição, peitos WBS refrigerados e congelados apresentaram decréscimo na intensidade do aroma de “frango fresco” ao término do armazenamento. Aroma descritos negativamente (“estranho”, “rançoso” e “aroma de peixe”) não afetaram a qualidade dos filé de frango WBS e N ao longo do armazenamento por 11 dias sob refrigeração e 90 dias sob congelamento.

#### References

- AUGUSTYNSKA-PREJSNAR, A.; ORMIAN, M.; & SOKOŁOWICZ, Z. Physicochemical and Sensory Properties of Broiler Chicken Breast Meat Stored Frozen and Thawed Using Various Methods. *Journal of Food Quality* v.2018, p.1-9, Article ID 6754070, 2018.
- AYSELI, M. T.; FILIK, G.; SELLI, S. Evaluation of volatile compounds in chicken breast meat using simultaneous distillation and extraction with odour activity value. **Journal of Food and Nutrition Research**, v. 53, n. 2, p. 137–142, 2014.
- BELTRÁN, J. A.; BELLÉS, M. Effect of freezing on the quality of meat. **Encyclopedia of Food Security and Sustainability**, p. 493–497, 2019.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Portaria nº 210, de 10 de novembro de 1998**. Aprova o regulamento técnico da inspeção tecnológico e higiênico-sanitária de carne de **aves**. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 1998.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Diretoria Colegiada. **Instrução Normativa nº 60, de 23 de dezembro de 2019**. Estabelece as listas de padrões microbiológicos para alimentos. Seção 1, p. 133. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2019.
- BRASIL. Conselho Nacional de Saúde. **Resolução nº 466, de 12 de dezembro de 2012**. Conselho Nacional de Saúde. Aprova as diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 2012.
- CASABURI, A.; PIOMBINO, P.; NYCHAS, G. J.; VILLANI, F.; ERCOLINI, D. Bacterial populations and the volatilome associated to meat spoilage. **Food Microbiology**, v. 45, p. 83-102, 2015.
- ELMORE, J. S.; CAMPO, M. M.; ENSER, M.; MOTTRAM, D. S. Effect of lipid composition on meat-like model systems containing cysteine, ribose, and polyunsaturated fatty acids. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.50, n.5, p.1126-1132, 2002.

- JIN, Y.; CUI, H.; YUAN, X.; LIU, L.; LIU, X.; WANG, Y.; DING, J.; XIANG, H.; ZHANG, X.; LIU, J.; LI, H.; ZHAO, G.; WEN, J. Identification of the main aroma compounds in chinese local chicken high-quality meat. **Food Chemistry**.v. 359, 129930. 2021.
- JIMÉNEZ, S. M.; SALSÍ, M. S.; TIBURZI, M. C.; RAFAGHELLI, R. C.; TESSI, M. A.; COUTAZ, V. R. Spoilage microflora in fresh chicken breast stored at 4 ° C : influence of packaging methods. **Journal of Applied Microbiology**, v.83, n. 5, p. 613–618, 1997.
- KUTTAPPAN, V. A.; LEE, Y. S.; ERF, G. F.; MEULLENET, J. F. C.; MCKEE, S. R.; OWENS, C. M. Consumer acceptance of visual appearance of broiler breast meat with varying degrees of white striping. **Poultry Science**, v. 91, n. 5, p. 1240–1247, 2012.
- LUO, N.; LIU, L.; YUAN, X.; JIN, Y.; ZHAO, G.; WEN, J.; CUI, H. A comparison of different tissues identifies the main precursors of volatile substances in chicken meat. **Frontiers in Physiology**. v.13. p.1-12, 2022.
- MADRUGA, M. S.; STEPHEN ELMORE, J.; DODSON, A. T.; MOTTRAM, D. S. Volatile flavour profile of goat meat extracted by three widely used techniques. **Food Chemistry**, v. 115, n.3, p. 1081–1087, 2009.
- MAHARJAN, P.; OWENS, C. M.; COON, C. In-vivo Intramuscular Collagen Synthesis, Muscle Fiber Growth and Histomorphology of Pectoralis major of a Fast-Growing Broiler Strain Gallus gallus domesticus. **Frontiers in Veterinary Science**, v. 6, n. 1, p. 1–11, 2020.
- MOTTRAM, D.S. Flavor Formation in Meat and Meat Products: A Review. **Food Chemistry**, v. 62, p.415-424, 1998.
- PEREIRA, M. R.; MELLO, J. L. M.; OLIVEIRA, R. F.; VILLEGAS-CAYLLAHUA, E. A.; CAVALCANTI, E. N. F.; FIDELIS, H. A.; FERRARI, F. B.; GIAMPIETRO-GANECO, A.; SOUZA, P. A.; BORBA, H. Effect of freezing on the quality of breast meat from broilers affected by White Striping myopathy. **Poultry Science**, v. 101, n. 2, p. 1-13, 2021.
- PETRACCI, M.; SOGLIA, F.; MADRUGA, M.; CARVALHO, L.; IDA, E.; ESTÉVEZ, M. Wooden-Breast, White Striping, and Spaghetti Meat: Causes, Consequences and Consumer Perception of Emerging Broiler Meat Abnormalities. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 18, n. 2, p. 565–583, 2019.
- QI, J.; WANG, H. HU; ZHOU, G. HONG; XU, X. LIAN; LI, X.; BAI, Y.; YU, X. BO. Evaluation of the taste-active and volatile compounds in stewed meat from the Chinese yellow-feather chicken breed. **International Journal of Food Properties**, v. 20, n. 3, p. S2579–S2595, 2018.
- RABABAH, T.; HETTIARACHCHY, N. S.; ESWARANANDAM, S.; MEULLENET, J. F.; DAVIS, B. Sensory and Nutritive Qualities of Food Sensory Evaluation of Irradiated and Nonirradiated Poultry Breast Meat Infused with Plant Extracts. **Science**, v. 70, n. 3, p. 228-235 2005.
- SANTOS, M. D.; MATOS, G.; CASAL, S.; DELGADILLO, I.; SARAIVA, J. A. Quality evolution of raw meat under hyperbaric storage – Fatty acids, volatile organic compounds and lipid oxidation profiles. **Food Bioscience**, v. 42, n. January, p. 101-108, 2021.

SIHVO, H. K.; IMMONEN, K.; PUOLANNE, E. Myodegeneration With Fibrosis and Regeneration in the Pectoralis Major Muscle of Broilers. **Veterinary Pathology**, v. 51, n. 3, p. 619–623, 2014.

SOGLIA, FRANCESCA; LAGHI, L.; CANONICO, L.; CAVANI, C.; PETRACCI, M. Functional property issues in broiler breast meat related to emerging muscle abnormalities. **Food Research International**, v. 89, p. 1071–1076, 2016.

SOGLIA, F.; MUDALAL, S.; BABINI, E.; NUNZIO, M. DI; MAZZONI, M.; SIRRI, F.; CAVANI, C.; PETRACCI, M. Histology, composition, and quality traits of chicken Pectoralis major muscle affected by wooden breast abnormality. **Poultry Science**, v. 95, n. 3, p. 651–659, 2016.

SUN, X.; KOLTES, D. A.; COON, C. N.; CHEN, K.; OWENS, C. M. Instrumental compression force and meat attribute changes in woody broiler breast fillets during short-term storage. **Poultry Science**, v. 97, n. 7, p. 2600–2606, 2018.

TASONIERO, G.; CULLERE, M.; CECCHINATO, M.; PUOLANNE, E.; DALLE ZOTTE, A. Technological quality, mineral profile, and sensory attributes of broiler chicken breasts affected by White Striping and Wooden Breast myopathies. **Poultry Science**, v. 95, n. 11, p. 2707–2714, 2016.

TAUB, I.; SINGH, R. P. **Food Storage Stability**. 1998.

VAN BA, H.; AMNA, T.; & HWANG, I. Significant influence of particular unsaturated fatty acids and pH on the volatile compounds in meat-like model systems. **Meat Science**, v.94, n.4, p.480-488, 2013.

WATANABE, A.; KAMADA, G.; IMANARI, M.; SHIBA, N.; YONAI, M.; MURAMOTO, T. Effect of aging on volatile compounds in cooked beef. **Meat Science**, v. 107, p. 12–19, 2015.

XING, T.; ZHAO, X.; ZHANG, L.; LI, J. L.; ZHOU, G. H.; XU, X. L.; GAO, F. Characteristics and incidence of broiler chicken wooden breast meat under commercial conditions in China. **Poultry Science**, v. 99, n. 1, p. 620–628, 2020.

ZHANG, Y.; GAO, Y.; LI, Z.; ZHENG, Z.; XU, X.; WANG, P.; ZHENG, B.; QI, Z. Correlation between instrumental stress and oral processing property of chicken broiler breast under wooden breast myopathy. **International Journal of Food Science and Tecnology**. v. 56, n.11, p. 5518-5532, 2021.

ZHAO, H. W.; WANG, Y. G.; XUN, W.; YU, R. Y.; GE, R. C.; LIAO, Z. G. Characterisation of volatile flavour compounds in Chinese Chahua chicken meat using a spectroscopy-based non-targeted metabolomics approach. **International Food Research Journal**, v. 28, n. 4, p. 763–779, 2021.

ZHOU, Y.; LI, B.; WANG, L. Effects of different extracts on lipid oxidation and quality characteristics of spiced pork trotter. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 46, n. 2, p. 1-10, 2022.

**Acknowledgments**

The authors acknowledge the following funders: #1 "CNPq – Brazilian National Council for Scientific and Technological Development" (project number 430832/2016-8 and scholarship for MSM); #2 UFPB - Federal University of Paraíba and FAPESQ - The Paraíba State Foundation for the Support of Research (projects number: PIF13530-2020; PVF14858-2021); #3 CAPES - Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel (the scholarship granted to the first author).

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados obtidos nos estudos realizados, pode-se destacar:

Peitos de frango wooden grau moderado obtiveram melhores pontuações no cenário online. Essa dissonância mostra a diferença na percepção sensorial do participante dependendo do contexto e cenário.

Peitos de frango classificados como tendo WB severo apresentaram alta teor de umidade, gordura, bem como menores conteúdo de proteína.

O armazenamento sob refrigeração e congelamento de peito de frango com miopatia WB influenciou o desencadeamento das reações oxidativas com intensidades dependentes da matriz avaliada, causando oxidação degradação, possivelmente contribuindo para alterações histológicas, e mudanças podem ser consequências da miopatia WB. E que esse impacto foi intensificado na condição de armazenamento sob congelamento.

Estudos sensoriais futuros devem levar em consideração os resultados presentes para reformular objetivos e técnicas quando a avaliação sensorial for realizada.

Estudos futuros são necessários para avaliar a perda/degradação de lipídios e proteínas em decorrência da oxidação, além formação de outros produtos derivados oxidação proteica e lipídica.

## APÊNDICE A

**Termo de Consentimento Livre e Esclarecido****Titulo da pesquisa: “ESTUDO DO ESTRESSE OXIDATIVO E QUALIDADE DE PEITOS DE FRANGO *WOODEN BREAST* AMACIADOS ATRAVÉS DE NOVAS TECNOLOGIAS”**

Prezado(a) Senhor(a):

Gostaríamos de convidá-lo (a) a participar da pesquisa “**Estudo do estresse oxidativo e qualidade de peitos de frango *Wooden Breast* amaciado através de novas tecnologias**”, realizada na **Universidade Federal da Paraíba**. O objetivo da pesquisa é avaliar a aceitação e intenção de compra de peitos de frangos cru com base em sua aparência visual. A sua participação é muito importante e ela se daria através de uma análise sensorial e o preenchimento de um questionário em relação ao alimento avaliado. Gostaríamos de esclarecer que sua participação é totalmente voluntária, podendo você recusar-se a participar, ou mesmo desistir a qualquer momento sem que isto acarrete qualquer ônus ou prejuízo à sua pessoa. Informamos ainda que as informações serão utilizadas somente para os fins desta pesquisa e serão tratadas com o mais absoluto sigilo e confidencialidade, de modo a preservar a sua identidade.

Os benefícios esperados são: conhecer a influência da aparência e o grau de conhecimento na aceitabilidade e intenção de compra do consumidor de carne de frango.

Informamos que o(a) senhor(a) não pagará nem será remunerado por sua participação. Caso o(a) senhor(a) tenha dúvidas ou necessite de maiores esclarecimentos pode nos contactar:

**Pesquisador responsável:**

Thayse Cavalcante da Rocha, Rua Prefeito Francisco de Assis Neves Nobrega, 35 – Cep: 58053-025 – João Pessoa/PB. Telefone: (83) 99934-7149. E-mail: [thaysecavalcante14@hotmail.com](mailto:thaysecavalcante14@hotmail.com)

Ou procurar o Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Federal da Paraíba, localizado no Centro de Ciências da Saúde - 1º andar, Campus I - Cidade Universitária. CEP: 58.051-900 - João Pessoa-PB. Telefone: (83) 3216 7791, e-mail: [eticaccsufpb@hotmail.com](mailto:eticaccsufpb@hotmail.com). Este termo deverá ser preenchido em duas vias de igual teor, sendo uma delas, devidamente preenchida, assinada e entregue ao(a) senhor(a). Diante do exposto, declaro que fui devidamente esclarecido(a) e dou o meu consentimento para participar da pesquisa e para publicação dos resultados.

---

Assinatura do Participante da Pesquisa

---

Assinatura da Testemunha

Atenciosamente,

---

Assinatura do Pesquisador Responsável

João Pessoa/PB, 02 de dezembro de 2019.

\*Termo de Consentimento Livre Esclarecido apresentado, atendendo, conforme normas da Resolução 466/2012 de 12 de dezembro de 2012.

## APÊNDICE B

*Aceitabilidade e intenção de compra (Carne crua)*

## INFORMAÇÕES SOBRE OS PEITOS DE FRANGO QUE VOCÊ AVALIOU

Alguns peitos de frango que você avaliou apresentam uma alteração ou defeito conhecido como Wooden Breast (WB) em graus moderado e grave.

O peito WB é caracterizado por áreas com rigidez aumentada podendo ou não apresentar pontos coloração amarelada na superfície. **Um peito de frango saudável não apresenta essa dureza.**

A causa está relacionada ao rápido crescimento de frangos que causa problemas circulatórios, estresse oxidativo, degeneração de gordura e fibrose.

Esses peitos foram adquiridos em um abatedouro comercial. **Consumir esse tipo de carne NÃO oferece riscos à saúde.** Estudos científicos encontraram apenas pequenas alterações na composição da carne e no valor nutricional em comparação com os peitos normais.

Depois de saber isso, responda novamente ao questionário. Muito obrigado pela sua contribuição.

Você já conhecia o peito WB?  Sim  Não

## APÊNDICE C

*Aceitabilidade e Intenção de compra (carne crua)*

## QUESTIONARIO

Idade: 18-23 24-31 32-41 42-51 52-61 62-71Gênero: Masculino FemininoEscolaridade: Ens. Básico Ens. médio Ens. Superior Mestrado Doutorado Outro: \_\_\_\_\_Você costuma comprar carne de frango? Sim NãoVocê costuma consumir carne de frango? Sim Não

Marque a opção correspondente ao seu gosto em relação à aparência dos seguintes peitos de frango:

Código	Desgostei extremamente	Desgostei moderadamente	Nem gostei, nem desgostei	Gostei moderadamente	Gostei extremamente
					

Resumidamente: quais são as razões da sua decisão?

---



---



---

Marque a opção de acordo com a sua **Intenção de compra** dos seguintes peitos de frango:

Código	Definitivamente não compraria	Provavelmente não compraria	Talvez compraria, talvez não compraria	Provavelmente compraria	Definitivamente compraria

Resumidamente: quais são as razões da sua decisão?

---



---



---

## APÊNDICE D

## ANÁLISE DESCRITIVA QUANTITATIVA

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

Por favor, CHEIRE as amostras codificadas da esquerda para direita e avalie a intensidade das notas aromáticas presente em cada uma das amostras. **Instruções:** Faça um traço vertical na linha horizontal que melhor descreva cada atributo.

## AROMA

Doce	-----
	Nenhum                      Moderado                      Forte
Frango fresco/cru	-----
	Nenhum                      Moderado                      Forte
Frango cozido	-----
	Nenhum                      Moderado                      Forte
Metálico	-----
	Nenhum                      Moderado                      Forte
Estranho	-----
	Nenhum                      Moderado                      Forte
Rançoso	-----
	Nenhum                      Moderado                      Forte
Peixe	-----
	Nenhum                      Moderado                      Forte

## APÊNDICE E

Quadro com os atributos, descritores e escala de intensidade

<b>Atributos</b>	<b>Descrição</b>	<b>Escala</b>
Frango cru	Aroma associado com músculo de frango cru	Nada Forte: Peito de frango White striping cru recém abatido
Aroma Doce	Aroma associado a açúcar caramelizado	Nada Forte: Solução de açúcar e água 1:2
Rançoso	Intensidade de odor característico de gordura oxidada, odor forte	Nada Forte: óleo de soja utilizado em processo de fritura e requentado
Aroma de peixe	Aroma associado a carne de peixe frito	Nada Forte: Peixe tilápia frito sem pele
Metálico	Aroma associado a metais, estanho ou ferro	Nada Forte: Solução de sulfato ferroso a 1%
Estranho	Odor não característico de frango, alterado, fermentado	Nada Forte: Peito de frango cru 24h após o abate a temperatura ambiente
Frango cozido	Aroma associado com músculo de frango cozido	Nada Forte: Peito de Frango White striping cozido