

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

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

DOI:10.34119/bjhrv4n2-431

Recebimento dos originais: 04/03/2021

Aceitação para publicação: 15/04/2021

Bárbara Tiemi Kanabata

Graduação em Medicina Veterinária

Instituição de atuação atual: Universidade Estadual de Londrina

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

10.011 | CEP 86.057-970 | Londrina - PR

E-mail: barbarakanabata@gmail.com

Bruna Caroline Geronimo

Mestrado em Ciência de Alimentos

Instituição de atuação atual: Universidade Estadual de Londrina

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

10.011 | CEP 86.057-970 | Londrina - PR

E-mail: bruna.geronimo@uel.br

Ana Clara Longhi Pavanello

Formação acadêmica: Mestrado em Ciência de Alimentos

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

Endereço: Av. dos Pioneiros, 1100, Jardim Morumbi, Bloco 3 A Casa 3, CEP 86036-370, Londrina, PR, Brasil

E-mail: longhi.pavanello@gmail.com

Fernanda Jéssica Mendonça

Doutorado em Ciência de Alimentos

Instituição de atuação atual: Universidade Estadual de Londrina

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

10.011 | CEP 86.057-970 | Londrina - PR

E-mail: Fernanda.mendonca@live.com

Thais Fascina Silva

Graduação em Tecnologia de Alimentos

Instituição de atuação atual: Universidade Estadual de Londrina

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

10.011 | CEP 86.057-970 | Londrina - PR

E-mail: fascinathais@gmail.com

Felipe Lopes de Souza

Graduação em Medicina Veterinária

Instituição de atuação atual: Universidade Estadual de Londrina
E-mail: Rodovia Celso Garcia Cid | PR 445 Km 380 | Campus Universitário
Cx. Postal 10.011 | CEP 86.057-970 | Londrina - PR
E-mail: felipe.lopes@jagua.com.br

Adriana Lourenço Soares

Doutorado em Ciência de Alimentos

Instituição de atuação atual: Universidade Estadual de Londrina
E-mail: Rodovia Celso Garcia Cid | PR 445 Km 380 | Campus Universitário
Cx. Postal 10.011 | CEP 86.057-970 | Londrina - PR
E-mail: adri.soares@uel.br

RESUMO

A indústria avícola tem vivenciado a ocorrência de algumas anormalidades na carne do peito, como Wooden breast (WB) e White striping (WS) que levam a perdas econômicas significativas e estão relacionadas à taxa de crescimento acelerado de aves híbridas. Portanto, o objetivo deste estudo foi analisar filés de frango WB e WS em relação aos parâmetros de pH, cor (L^* , a^* e b^*), capacidade de retenção de água (CRA), composição química aproximada e oxidação lipídica e compará-los com filés normais. Em relação à cor na superfície externa, os filés WB apresentaram-se mais claros e mais avermelhados que os filés WS e normais, e mais amarelados que os filés WS. Não houve diferença ($p \geq 0,05$) entre os três tipos de filés quanto à coloração (L^* , a^* e b^*) na parte interna. Os filés WB apresentaram menor valor de CRA, menor conteúdo proteico e maior ($p < 0,05$) umidade que os filés WS e normais. Não houve diferença ($p \geq 0,05$) entre os três tipos de filés em relação às cinzas e aos lipídios. Os valores de oxidação lipídica foram maiores ($p < 0,05$) nos filés WB nos dois períodos avaliados (48 h post mortem e 60 dias de armazenamento). Os filés WB apresentaram maior comprometimento da qualidade que filés WS, sendo que em ambos foram observadas alterações de coloração acarretando em possível rejeição pelos consumidores no momento da compra.

Palavras-chave: Composição química. Cor. Oxidação lipídica.

ABSTRACT

The poultry industry has experienced the occurrence of some abnormalities in breast meat, such as Wooden breast (WB) and White striping (WS) that lead to significant economic losses and are related to the accelerated growth rate of hybrid birds. Therefore, the aim of this study was to analyze WB and WS chicken fillets regarding the parameters of pH, color (L^* , a^* and b^*), water holding capacity (WAC), approximate chemical composition and lipid oxidation and compare them with normal fillets. Regarding color on the outer surface, WB fillets showed lighter and redder than WS and normal fillets, and more yellowish than WS fillets. There was no difference ($p \geq 0.05$) among the three types of fillets regarding the color (L^* , a^* and b^*) on the inner surface. WB fillets had lower CRA value, lower protein content and higher ($p < 0.05$) moisture content than WS and normal fillets. There was no difference ($p \geq 0.05$) between the three types of fillets regarding ash and lipids. Lipid oxidation values were higher ($p < 0.05$) in WB fillets in the two evaluated periods (48 h post mortem and 60 days of storage). The WB fillets presented greater quality impairment than WS fillets, and in both, color changes were observed, leading to possible rejection by consumers at the time of purchase.

Keywords: Chemical composition. Color. Lipid oxidation.

1 INTRODUÇÃO

A carne de frango é amplamente consumida no mundo, principalmente por ter boa qualidade nutritiva, baixo custo, livre de conflitos religiosos, facilidade e diversidade de preparo. No Brasil, o consumo *per capita* para o ano de 2019 foi de 42,84 kg por habitante. Em 2019, o país produziu 13,245 milhões de toneladas de frango e atingiu o posto de segundo maior produtor, sendo ainda o maior exportador, com 4,214 milhões de toneladas. Neste mesmo ano, a exportação foi responsável por movimentar US \$6.994 milhões na economia brasileira (ABPA, 2020).

A avicultura chegou a este patamar através de investimentos e inovações como seleção e melhoramento genético para obtenção de aves com maior rendimento de peito e coxa, fornecimento regular da alimentação de acordo com a idade, melhoramento na ambiência e manejo nos aviários (PETRACCI *et al.*, 2015).

Entretanto, o rápido ganho de peso das carcaças culminou no aparecimento de miopatias principalmente no peito do frango, como *Wooden breast (WB)* e *White striping (WS)* (SOGLIA; MAZZONI; PETRACCI, 2019), ocasionando perdas econômicas à indústria e até os dias atuais, tais defeitos de qualidade permanecem sem resolução e com alta incidência nos frigoríficos (ZANETTI *et al.*, 2018)

O filé *WB* é caracterizado principalmente pela rigidez palpável, hipertrofia, abaulamento da região cranial, protuberância da região caudal, coloração pálida e na análise histológica é possível observar degeneração da fibra muscular, fibrose, degeneração hialina e vacuolar, infiltrado inflamatório abundante e necrose (SOGLIA *et al.*, 2017). Os filés *WB* apresentam em sua composição química maiores quantidades de cálcio, sódio, lipídio, colágeno e umidade e menores teores de proteínas e cinzas quando comparados aos filés normais. Em relação aos parâmetros tecnológicos, apresentam menor CRA, elevado *drip loss* e *cooking loss* e maior valor de pH (SOGLIA *et al.*, 2016).

Os filés *WS* apresentam estrias brancas na superfície da carne, afetando a avaliação visual ainda na gôndola dos mercados, prejudicando a sua comercialização *in natura* (KATO *et al.*, 2019). Além disso, este defeito de qualidade atribui ao produto diminuição em seu valor nutricional, pois há aumento da gordura intramuscular e da quantidade de colágeno em detrimento de outras proteínas, o que resulta em menor digestibilidade e deficiência de aminoácidos essenciais (PETRACCI *et al.*, 2016). Estes filés, podem apresentar redução da CRA, o que dificulta a absorção de salmoura, culminando em produtos processados de qualidade reduzida. É comum o aparecimento concomitante de ambos os defeitos de qualidade *WB* e *WS* no músculo *Pectoralis major*, e eles podem

ainda acontecer em níveis distintos (TIJARE *et al.*, 2016)

As causas das miopatias *WB* e *WS* não estão totalmente elucidadas, assim torna-se importante obter maior conhecimento para minimizar as perdas e propor alternativas para aplicação destes filés na elaboração de produtos cárneos. Portanto, o objetivo deste trabalho foi analisar os filés de frango *WB* e *WS* em relação a alguns parâmetros de qualidade e compará-los com os filés normais.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 MATÉRIA-PRIMA

Foram utilizados 60 filés de frango (20 filés normais, 20 filés *WS* e 20 filés *WB*) das linhagens COBB e ROSS, ambos os sexos, idade entre 42 e 52 dias, com peso médio de 2,30 kg, obtidos em um abatedouro da região norte do Paraná.

Os frangos foram abatidos seguindo a prática comercial do frigorífico: insensibilização elétrica, sangria, escaldagem, depenagem, evisceração, resfriamento em chiller. A detecção das carcaças acometidas pelas miopatias foi realizada no setor de Inspeção Federal, localizado após a evisceração.

A seleção e classificação de filés de frango com *WB* e *WS* foi realizada por um especialista treinado, através de avaliação visual e tátil. Os filés de frango com *WB* foram classificados de acordo com a metodologia descrita por Sihvo *et al.*, (2014), sendo selecionados aqueles que apresentaram rigidez palpável, presença de áreas pálidas e amareladas, presença de fluido viscoso na superfície, abaulamento na região cranial e protuberância na região caudal. Os filés com *WS* foram classificados conforme metodologia descrita por Mudalal *et al.* (2015), deste modo, foram coletados filés de frango que apresentaram estrias brancas superficiais na parte externa do músculo.

2.2 COMPOSIÇÃO QUÍMICA APROXIMADA

A composição química aproximada foi realizada de acordo com os protocolos da A.O.A.C (2012). A umidade foi realizada por secagem em estufa a 105°C até peso constante; o teor de cinzas por incineração em mufla a 550°C; o teor de lipídios por extração com éter de petróleo após hidrólise ácida da carne; e o conteúdo de nitrogênio total foi determinado pelo método de Kjeldahl, com fator de conversão 6,25.

2.3 DETERMINAÇÃO DO PH

Para a determinação de pH 24 horas *post mortem* dos filés, foi utilizado um potenciômetro de contato da marca Testo (205), a inserção do eletrodo ocorreu na região cranial ventral do filé, conforme descrito por Boulianne e King (1995) e adaptado por Olivo *et al.* (2001).

2.4 MEDIDA DE COR

A medida de cor foi realizada 24 horas *post mortem*, em três pontos diferentes em cada lado do filé, totalizando seis pontos (SOARES *et al.*, 2002). Os parâmetros de cor L* (luminosidade), a* (vermelho - verde) e b* (amarelo - azul) foram determinados utilizando colorímetro (Konica Minolta® CR-400, Japão), com iluminante CIE D65 e ângulo de observação de 10°. Os resultados foram expressos no sistema CIELab.

2.5 CAPACIDADE DE RETENÇÃO DE ÁGUA (CRA)

A CRA foi realizada 24 horas *post mortem*, retirando-se da porção cranial do filé um cubo de carne de 2,0 gramas. A amostra foi pesada e colocada num sistema entre dois papéis filtro e duas placas de acrílico, e ao conjunto foi aplicado um peso de 10 kg por 5 minutos. A carne foi então pesada novamente, e a CRA foi calculada pela diferença de peso e o resultado expresso em porcentagem de água retida (HAMM, 1960).

2.6 OXIDAÇÃO LIPÍDICA

A oxidação lipídica foi determinada através do método de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) 48 horas *post mortem* (4 °C) e após 60 dias de armazenamento (-18 °C) (TARLADGIS *et al.*, 1960). Porções de 10 g de amostra e 15 mL de solução de TCA 7,5% (m v⁻¹) foram homogeneizadas em turrax (Turratec TE-102, Tecnal, Brasil) por um minuto (7000 rpm), em seguida foram centrifugadas (Eppendorf, 5810 R, Alemanha) por 10 min (6000 rpm, 20 °C) e filtradas em papel filtro (MENDES; CARDOSO; PESTANA, 2009).

Após a filtração, 5 mL de solução de TBA 20 mmol L⁻¹ foram adicionados a 5 mL do filtrado, homogeneizados vigorosamente em vórtex e colocados em banho-maria fervente por 35 minutos e posteriormente resfriados. Então, foi realizada leitura da absorbância em espectrofotômetro (Libra S22, Biochrom, Inglaterra) a 532 nm. Foi construída uma curva padrão com solução de 1, 1, 3, 3-tetraetoxipropano (TEP) em água destilada, nas concentrações de 0,7 – 2,0 mmol L⁻¹, e os resultados foram expressos em

mg de TBARS kg⁻¹ de amostra (TARLADGIS *et al.*, 1960).

2.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e teste de comparação de médias de Tukey ($p < 0,05$) utilizando o software RStudio 1.1.456 (R Core Team, 2018).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Filés acometidos pelas miopatias *WS* e *WB* apresentaram maior ($p < 0,05$) pH final que os filés normais (Tabela 1). Esta alteração está relacionada a redução do potencial glicolítico nos músculos com estas miopatias conforme reportado por outros autores (ZOTTE *et al.*, 2017; DALGAARD *et al.*, 2018; TASONIERO *et al.*, 2019; MADRUGA *et al.*, 2019; BALDI *et al.*, 2020). Mudalal *et al.* (2014) e Baldi *et al.* (2020) observaram que filés *WB* apresentaram redução expressiva nas concentrações de ATP no início do período *post mortem*, em virtude de uma via de geração de energia defeituosa, resultado da necrose muscular verificada por análises histológicas, com consequente redução da acidificação no período *post mortem*, refletindo em maior pH final destes filés.

Além disso, de acordo com Berri *et al.* (2007), o conteúdo de glicogênio diminui com o aumento do tamanho da fibra muscular, indicando que a seleção de frangos com alta taxa de crescimento e rendimento pode resultar na redução da concentração de glicogênio, refletindo diretamente em carnes com pH final mais elevado. Por outro lado, Soglia *et al.* (2018) observaram que, em perus com a miopatia *WS*, o acometimento moderado e até mesmo severo do filés não afetam o pH da carne crua *in natura* ou marinada.

Tabela 1 – Valores de pH e parâmetros de cor L*, a* e b* de filés de frango normais, *White striping* e *Wooden breast*.

<i>Parâmetros</i>	<i>Filés</i>		
	Normais	White striping	Wooden breast
<i>pH</i>	5,98 ^b ± 0,07	6,10 ^a ± 0,12	6,14 ^a ± 0,10
<i>L*</i> (<i>parte externa</i>)	53,29 ^b ± 1,51	53,91 ^b ± 2,38	56,74 ^a ± 2,19
<i>a*</i> (<i>parte externa</i>)	0,60 ^c ± 0,46	1,05 ^b ± 0,59	2,22 ^a ± 1,34
<i>b*</i> (<i>parte externa</i>)	3,70 ^a ± 1,23	1,36 ^b ± 1,83	4,16 ^a ± 1,93

<i>L*</i> (<i>parte interna</i>)	52,65 ^a ± 2,15	51,43 ^a ± 3,08	50,86 ^a ± 2,05
<i>a*</i> (<i>parte interna</i>)	1,26 ^a ± 0,94	0,98 ^a ± 1,03	1,05 ^a ± 0,64
<i>b*</i> (<i>parte interna</i>)	5,95 ^a ± 1,56	4,83 ^a ± 1,67	5,03 ^a ± 1,31

^{abc} Médias seguidas por diferentes letras na mesma linha diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em relação à coloração, os filés *WB* apresentaram superfície externa (Tabela 1) mais ($p < 0,05$) clara (maior valor de *L**) e avermelhada (maior valor de *a**) que os filés *WS* e normais, e mais amarelada (maior valor de *b**) que os filés *WS*. Estes resultados confirmam a presença de áreas pálidas e amareladas em filés *WB*, sendo esta uma das principais alterações macroscopicamente observadas e que auxiliam na detecção visual da anomalia (SIHVO et al., 2014). Na parte interna dos filés, não foram observadas diferenças ($p \geq 0,05$) entre os três tipos de filés para os parâmetros de cor *L**, *a** e *b**.

Tasoniero et al. (2019) caracterizaram a superfície externa do filé *WB* como mais pálida, mais amarela e mais avermelhada quando comparado ao normal, e enfatizaram o efeito reduzido na alteração da cor na superfície interna do filé *WB*, corroborando com os resultados obtidos.

Em relação aos filés *WS*, Baldi et al. (2018) descreveram alteração apenas na coloração amarela, porém, Wold et al. (2017) defendem que a variação na cor não pode ser utilizada como critério de classificação para filés *WB*, uma vez que muitos filés normais também podem apresentar palidez. Mudalal (2019) estudou a miopatia *WS* em peito de perus e concluiu que o defeito de qualidade moderado e severo tornou a carne mais avermelhada e amarelada, não havendo diferença na luminosidade.

A incidência das anomalias *WB* e *WS* comprometeu negativamente a composição química aproximada dos filés de frango (Tabela 2). Em relação ao conteúdo proteico, os filés *WB* apresentaram redução ($p < 0,05$) quando comparados aos filés *WS* e normais. Esses resultados estão de acordo com o relatado anteriormente por Wold et al. (2017), Madruga et al. (2019), Xing et al. (2020) e Thanatsang et al. (2020) que também observaram redução no conteúdo proteico das amostras com *WB*, além da diminuição no conteúdo dos aminoácidos essenciais.

Tabela 2 – Composição química aproximada de filés de frango normais, *White striping* e *Wooden breast*.

<i>Parâmetros</i>	<i>Filés</i>		
	<i>Normais</i>	<i>White striping</i>	<i>Wooden breast</i>
<i>Umidade (%)</i>	75,07 ^b ± 0,75	74,71 ^b ± 0,66	76,08 ^a ± 1,49
<i>Proteína (%)</i>	19,06 ^a ± 1,22	19,29 ^a ± 0,83	18,06 ^b ± 1,20
<i>Cinzas (%)</i>	2,45 ^a ± 0,93	2,46 ^a ± 1,00	2,43 ^a ± 0,81
<i>Lipídios (%)</i>	2,88 ^a ± 0,75	3,02 ^a ± 0,86	2,69 ^a ± 0,78

^{ab} Médias seguidas por diferentes letras na mesma linha diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A redução do teor de proteínas em filés *WB* pode ser atribuída à degeneração e atrofia das fibras musculares (MUDALAL et al., 2014; SOGLIA et al., 2016). Em relação à filés *WS*, estudos também relataram que esta anomalia compromete a qualidade nutritiva com redução do conteúdo proteico quando comparado aos filés normais (PAMPOUILLE et al., 2018; ADABI, SONCU, 2019; SALLES et al., 2019).

O valor de umidade dos filés *WB* foi maior ($p < 0,05$) que o dos filés *WS*, de acordo com Sihvo et al. (2014), o aumento no teor de umidade pode ser associado à presença de edemas moderado à grave, com consequente acúmulo de líquidos como resultado de processos inflamatórios. Madruga et al. (2019) também descreveram maior valor de umidade na carne, em concordância com os resultados obtidos nos estudos de Dalgaard et al. (2018).

Leite et al. (2020) observaram aumento de umidade em peitos de frango acometidos por *WS*, da mesma maneira Salles et al. (2019) retratam altas porcentagens de umidade em *WS* severo. Por outro lado, segundo Mudalal (2019), a presença de *WS* no peito do peru não resultou em diferença na umidade presente na carne.

Não foram observadas diferenças ($p \geq 0,05$) em relação aos teores de cinzas e de lipídios entre os três tipos de filés *WB*, *WS* e normal. No entanto, Soglia et al. (2018) e Zotte et al. (2020) reportaram menor quantidade de cinzas em filés afetados por *WB* e *WS*.

Em relação aos lipídios, alguns trabalhos descrevem o aumento deste componente em carnes com *WS* (ADABI, SONCU, 2019; LEITE et al., 2020; SOGLIA et al., 2018). Possivelmente, os filés avaliados neste estudo apresentaram menor severidade da miopatia, resultando em teores de lipídios semelhantes.

Os filés *WB* apresentaram menor ($p < 0,05$) CRA que os filés *WS* e normais (Tabela 3), sendo a redução do teor retido de água de 6,22% para os filés *WS* e de 5,57% para os filés normais. A diminuição da CRA em filés *WB* é uma característica que tem sido

reportada em diversos estudos e é explicada pela extensa degeneração do tecido muscular e menor teor de proteínas de filés *WB* (PETRACCI et al., 2019; TASONIERO et al., 2019; MADRUGA et al., 2019).

Tabela 3 – Capacidade de retenção de água (CRA) e oxidação lipídica de filés de frango normais, *White striping* e *Wooden breast*.

<i>Parâmetros</i>	<i>Filés</i>		
	Normais	White striping	Wooden breast
CRA (%)	62,79 ^a ± 2,83	63,22 ^a ± 3,01	59,29 ^b ± 4,34
Oxidação Lipídica[†] (48 horas / 4 °C)	0,09 ^b ± 0,03	0,10 ^b ± 0,36	0,13 ^a ± 0,04
Oxidação Lipídica[†] (60 dias / -18 °C)	0,10 ^c ± 0,03	0,13 ^b ± 0,07	0,20 ^a ± 0,06

[†] Expressa em mg de TBARS/Kg de amostra

^{abc} Médias seguidas por diferentes letras na mesma linha diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Quanto aos filés *WS*, não há consenso na literatura sobre os dados de CRA, uma vez que alguns estudos têm associado menor CRA aos filés impactados severamente pela miopatia, enquanto filés classificados como moderadamente acometidos possuem capacidade de reter água similar aos dos filés normais (PETRACCI et al., 2013; BOWKER; ZHUANG, 2016; LEITE et al., 2020)

Os filés *WB* apresentaram-se mais oxidados ($p < 0,05$) que os filés *WS* e normais (Tabela 3) nos dois períodos analisados (48 h *post-mortem* (4 °C) e após 60 dias de armazenamento (-18°C)). Hasegawa et al. (2021) demonstraram acúmulo de lipofuscina - indicador de estresse oxidativo - e elevado valor de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) em filés *WB*. Adabi e Soncu (2019) observaram que filés com *WS* moderado a severo apresentaram maior sensibilidade à oxidação lipídica do que filés normais devido ao seu alto teor de ácidos graxos insaturados, apresentando, desta forma, alta quantidade de TBARS. Enquanto Salles et al. (2019) verificaram maior oxidação lipídica somente em filés *WS* classificados como severos, ainda, observaram maior oxidação das proteínas e formação de radicais livres em filés com a miopatia moderada a severa. Leite et al. (2020) observaram em filés *WS* um aumento da suscetibilidade à oxidação lipídica após o cozimento, detectado a partir do aumento do aroma de requeijado, e sugeriram que este aumento pode ocorrer devido ao maior teor de ácidos graxos poliinsaturados (PUFA) e comprometer negativamente sua qualidade devido a

formação de odores desagradáveis detectados pelos consumidores.

4 CONCLUSÃO

Os filés *WB* apresentaram maior comprometimento da qualidade que filés *WS*, sendo que em ambos foram observadas alterações de coloração acarretando em possível rejeição pelos consumidores no momento da compra.

REFERÊNCIAS

ADABI, S. G; SONCU, E. D. White striping prevalence and its effect on meat quality of broiler breast fillets under commercial conditions. **Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition**, v. 103, n. 4, p. 1060 - 1069, abr. 2019. <https://doi.org/10.1111/jpn.13092>

A.O.A.C. **Official Methods of analysis of AOAC International**. 19^a Ed. 2012.
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL (ABPA). **RELATÓRIO ANUAL**. São Paulo - SP: 2020. Disponível em: <<https://abpa-br.org/relatorios/>>. Acesso em: 02 mar. 2021.

BALDI, G; YEN, C; DAUGHTRY, M. R; BODMER, J; BOWKER, B. C; ZHUANG, H; PETRACCI, M; GERRARD, D. E. Exploring the Factors Contributing to the High Ultimate pH of Broiler Pectoralis Major Muscles Affected by Wooden Breast Condition. **Frontiers in Physiology**, Lausanne, v. 11, p. 343, 2020. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00343>

BALDI, G; SOGLIA, F; MAZZONI, M; SIRRI, F; CANONICO, L; BABINI, E. LAGHIL, CAVANI, C; PETRACCI, M. Implications of white striping and spaghetti meat abnormalities on meat quality and histological features in broilers. **Animal**, Cambridge, v.12, n.1, p. 164–173, 2018. <https://doi.org/10.1017/S1751731117001069>

BERRI, C.; LE BIHAN-DUVAL, E.; DEBUT, M.; SANTE-LHOUELIER, V.; BAEZA, E.; GIGAUD, V., JÉGO, Y., DUCLOS, M. J. Consequence of muscle hypertrophy on characteristics of Pectoralis major muscle and breast meat quality of broiler chickens. **Journal of Animal Science**, 85(8), 2005-2011, 2007. <https://doi.org/10.2527/jas.2006-398>

BOULIANNE, M; KING, A. J. Biochemical and color characteristics of skinless boneless pale chicken breast. **Poultry Science**, Oxford, n. 74, p.1693 – 1698, jun. 1995. <https://doi.org/10.3382/ps.0741693>

BOWKER, B.; ZHUANG, H. Impact of white striping on functionality attributes of broiler breast meat. **Poultry Science**, v. 95, n. 8, p. 1957-1965, ago. 2016. <https://doi.org/10.3382/ps/pew115>

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, jul. 2018. <https://doi.org/10.1111/ijfs.13759>

HAMM, R. Biochemistry of meat hydration. **Advances in Food Research**, v.10, p.355-362, 1960. [https://doi.org/10.1016/S0065-2628\(08\)60141-X](https://doi.org/10.1016/S0065-2628(08)60141-X)

HASEGAWA, Y; KAWASAKI, T; MAEDA, N; YAMADA, M; TAKAHASHI, N; WATANABE, T; IWASAKI, T. Accumulation of lipofuscin in broiler chicken with

wooden breast. **Animal Science Journal**, Champaign, v. 92, n. 1, jan. 2021. <https://doi.org/10.1111/asj.13517>

KATO, T; MASTELINI, S. M; CAMPOS, G. F. C; BARBON, A. P. A. C; PRUDENCIO, S. H; SHIMOKOMAKI, M; SOARES, A. L; JR., S.B. *White striping* degree assessment using computer vision system and consumer acceptance test. **Asian- Australasian Journal of Animal Sciences**, Seul, v.32, n. 7, p. 1015-1026, jul. 2019. <https://doi.org/10.5713/ajas.18.0504>

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**, São Paulo, v. 9, n. 11, 2020. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i11.9448>

MADRUGA, M. S; ROCHA T. C; CARVALHO, L. M; SOUSA, A. M. B. L; NETO, A. C. S; COUTINHO, D. G; FERREIRA, A. S. C; SOARES, A. J; GALVÃO, M. S; 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**, India, v. 56, p. 1380 - 1388, fev. 2019. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03612-0>

MUDALAL, S.; BABINI, E.; CAVANI, C.; PETRACCI, M. Quantity and functionality of protein fractions in chicken breast fillets affected by white striping. **Poultry science**, v. 93, n. 8, p. 2108-2116, 2014. <https://doi.org/10.3382/ps.2014-03911>

MENDES, R., CARDOSO, C., PESTANA, C. Measurement of malondialdehyde in fish: A comparison study between HPLC methods and the traditional spectrophotometric test. **Food Chemistry**, v. 112, p. 1038-1045, 2009. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.06.052>

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. **The International Journal of Animal Biosciences**, Cambridge, v.9, n.4, p.728 - 734, abr. 2015. <https://doi.org/10.1017/S175173111400295X>

MUDALAL, S. Incidence of White Striping and Its Effect on the Quality Traits of Raw and Processed Turkey Breast Meat. **Food Science of Animal Resources**, v. 39, n. 3, p. 410 - 417, jun. 2019. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2019.e35>

OLIVO, R., SOARES, A.L., IDA, E.I., SHIMOKOMAKI, M. Dietary vitamin e inhibits poultry PSE and improves meat functional properties. **Journal of Food Biochemistry**, Connecticut, v. 25, n. 4, p. 271 – 283, set. 2001. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4514.2001.tb00740.x>

PAMPOUILLE, E; BERRI, C; BOITARD, S; HENNEQUET-ANTIER, C; BEAUCLERCQ, S. A; GODET, E; PRAUD, C; JÉGO, Y; BIHAN-DUVAL, E. Mapping QTL for white striping in relation to breast muscle yield and meat quality traits in broiler chickens. **BMC Genomics**, v. 19, n. 202, mar. 2018. <https://doi.org/10.1186/s12864-018-4598-9>

PETRACCI, M; MUDALAL, S; BABINI, E; CAVANI, C. Effect of *White Striping* on Chemical Composition and Nutritional Value of Chicken Breast Meat. **Italian Journal of Animal Science**, v.13, n.1, p. 179-183, fev. 2016. <https://doi.org/10.4081/ijas.2014.3138>

PETRACCI, M; MUDALAL, S; BONFIGLIO, A; CAVANI, C. Occurrence of white striping under commercial conditions and its impact on breast meat quality in broiler chickens. **Poultry Science**, v. 92, n. 6, p. 1670-1675, jun. 2013. <https://doi.org/10.3382/ps.2012-03001>

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, jun. 2015. <https://doi.org/10.1017/S00439339150000367>

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.1, p. 565 - 583, 2019. <https://doi.org/10.1111/1541-4337.12431>

R Core Team. R: A language and environment for statistical computing. **R Foundation for Statistical Computing**, Vienna, Austria. 2018. URL <https://www.R-project.org/>

SALLES, G. B. C; BOIAGO, M. M; SILVA, A. D; MORSCH, V. M; GRIS, A; MENDES, R. E; BALDISSERA, M. D; SILVA, A. S. Lipid peroxidation and protein oxidation in broiler breast fillets with white striping myopathy. **Journal of Food Biochemistry**, Connecticut, v. 43, n. 4, fev. 2019. <https://doi.org/10.1111/jfbc.12792>

SIHVO, H. K; IMMONEN, K; PUOLANNE, E. Myodegeneration with fibrosis and regeneration in the *pectoralis major* muscle of broilers. **Veterinary Pathology**, Londres, v. 51, n. 3, 619 – 623, 2014. <https://doi.org/10.1177/0300985813497488>

SOARES, A. L., LARA, J.A.F., IDA, E.I., GUARNIERI, P.D., OLIVO, R., SHIMOKOMAKI, M. Variation in the colour of brazilian broiler breast fillet. **Proceedings International Congress of Meat Science Technology**, v. 48, n. 2, p. 540 – 541, 2002.

SOGLIA F; GAO, J; MAZZONI, M; PUOLANNE, E; CAVANI, C; PETRACCI, M; ERTBJERG, P. Superficial and deep changes of histology, texture and particle size distribution in broiler *wooden breast* muscle during refrigerated storage. **Poultry Science**, Oxford, v.96, n. 9, p. 3465-3472, set. 2017. <https://doi.org/10.3382/ps/pex115>

SOGLIA, F., MUDALAL, S., BABINI, E., NUNZIO, M., MAZZONI, M., CAVANI, C., PETRACCI, M. Histology, composition, and quality traits of chicken *Pectoralis major* muscle affected by *wooden breast* abnormality. **Poultry Science**, Oxford, v. 95, n. 3, p. 651 – 659, dez. 2016. <https://doi.org/10.3382/ps/pev353>

SOGLIA, F; BALDI, G; LAGHI, L; MUDALAL, S; CAVANI, C; PETRACCI, M. Effect of white striping on turkey breast meat quality. **Animal**, Cambridge, v. 12, n. 10, p. 2198 - 2204, 2018. <https://doi.org/10.1017/S1751731117003469>

SOGLIA, F; MAZZONI, M; PETRACCI, M. Spotlight on avian pathology: current growth-related breast meat abnormalities in broilers. **Avian Pathology**, Londres, v.48, n.1, p. 1-3, set. 2019. <https://doi.org/10.1080/03079457.2018.1508821>

TARLADGIS, B.G., WATTS, B. M., YOUNATHAN, M. T., DUGAN Jr, L. A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v.37, n.1, p.44-48, 1960. <https://doi.org/10.1007/BF02630824>

TASONIERO, G; BOWKER, B; STELZLENI, A; ZHUANG, H; RIGDON, M; THIPPAREDDI, H. Use of blade tenderization to improve wooden breast meat texture. **Poultry Science**, Oxford, v. 98, n. 9, p. 4204 - 4211, set. 2019. <https://doi.org/10.3382/ps/pez163>

THANATSANG, K, V; MALILA, Y; SOPACHA, A; SRIMARUT, Y; TATIYABORWORNTHAM, N; UENGWETWANIT, T; PANYA, A; RUNGRASSAMEE, W; VIESSANGUAN, W. Nutritional Properties and Oxidative Indices of Broiler Breast Meat Affected by Wooden Breast Abnormality. **Animals**, Suíça, v. 10, n. 12, p. 2272, dez. 2020. <https://doi.org/10.3390/ani10122272>

TIJARE, V.V., YANG, F. L., KUTTAPPAN, V.A., ALVARADO, C.Z., COON, C.N., OWENS, C.M. Meat quality of broiler breast fillets with *white striping* and woody breast muscle myopathies. **Poultry Science**, Oxford, v. 95, n. 9, p. 2167 – 2173, set. 2016. <https://doi.org/10.3382/ps/pew129>

WOLD, J. P; VEISETH-KENT, E; HOST, V; LOVLAND, A. Rapid on-line detection and grading of wooden breast myopathy in chicken fillets by near-infrared spectroscopy. **Plos one**, São Francisco, v. 12, n. 3, mar. 2017. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0173384>

XING, T; ZHAO, X; XU, X; LI, J; ZHANG, L; GAO, F. Physiochemical properties, protein and metabolite profiles of muscle exudate of chicken meat affected by wooden breast myopathy. **Food Chemistry**, v. 316, jun. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.126271>

ZANETTI, M. A; TEDESCO, D. C; SCHNEIDER, T. TEIXEIRA, S. T. F; DAROIT, L; PILOTTO, F; DICKEL, E.L; SANTOS, S. P; SANTOS, L.R. Economic losses associated with *Wooden Breast* and *White Striping* in broilers. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.39, n.2, p.887-892, mar./abr. 2018. <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0359.2018v39n2p887>

ZOTTE, A. D; RICCI, R; CULLERE, M; SERVA, L; TENTI, S; MARCHESINI, G. Research Note: Effect of chicken genotype and white striping - wooden breast condition on breast meat proximate composition and amino acid profile. **Poultry Science**, Oxford, v. 99, n. 3, p. 1797 - 1803, mar. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.psj.2019.10.066>

ZOTTE, A. D; TASONIERO, G; PUOLANNE, E; REMIGNON, H; CECCHINATO, M; CATELLI, E; CULLERE, M. Effect of “Wooden Breast” appearance on poultry meat

quality, histological traits, and lesions characterization. **Czech Journal of Animal Science**, República Checa, v.62, p. 51-57, 2017. <https://doi.org/10.17221/54/2016-CJAS>