

**Anormalidades musculares emergentes no músculo *Pectoralis major* de frangos de corte
– revisão**

**Emerging muscle abnormalities in the *Pectoralis major* muscle of broilers – review
Anomalías musculares emergentes en el músculo *Pectoral mayor* de los pollos de engorde
- revisión**

Recebido: 08/02/2020 | Revisado: 15/02/2020 | Aceito: 19/02/2020 | Publicado: 11/03/2020

Andrey Sávio de Almeida Assunção

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9175-9917>

Universidade Estadual Paulista, Brasil

E-mail: andreysavio@outlook.com

Rodrigo Garófalho Garcia

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4978-9386>

Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil

E-mail: rodrigogarcia@ufgd.edu.br

Claudia Marie Komiyama

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8732-5745>

Universidade Federal da Grande Dourados, Brasil

E-mail: claudiakomiyama@gmail.com

Renata Aparecida Martins

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7681-1983>

Universidade Estadual Paulista, Brasil

E-mail: renata.martins_02@hotmail.com

Resumo

O objetivo desta revisão de literatura foi abordar as características qualitativas da carne, químicas e morfológica das fibras musculares das principais miopatias (miopatia peitoral profunda - MPP, *white striping* - WS, *wooden breast* -WB e *spaghetti meat* - SM) verificadas na linha de abate de frangos de corte nos últimos anos. A ocorrência dessas anormalidades no músculo do peito (*Pectoralis major*), atrelado com a taxa de crescimento acelerado e o alto rendimento de peito, é uma preocupação emergente para a indústria avícola e demanda de estratégias que viabilizem o sistema de produção para amenizar as perdas econômicas provenientes das condenações das carcaças ou pela rejeição dos consumidores. Portanto, o

principal desafio é diminuir o surgimento dessas lesões musculares mas sem prejudicar os índices produtivos e qualitativos da carne, tendo em vista que é uma das principais causas que diminuem a qualidade da carne de peito com potencial de impactar a escolha do consumidor final.

Palavras-chave: Colágeno; Histologia; Lesões musculares; Miopatia.

Abstract

The objective of this literature review was to address the qualitative characteristics of meat, chemical and morphological muscle fibers of the main myopathies (deep pectoral myopathy - MPP, white striping - WS, wooden breast -WB and spaghetti meat - SM) verified in the slaughter line broilers in recent years. The occurrence of these abnormalities in the breast muscle (Pectoralis major), coupled with the accelerated growth rate and high breast yield, is an emerging concern for the poultry industry and the demand for strategies that make the production system feasible to mitigate economic losses from convictions of the carcasses or from the rejection of consumers. Therefore, the main challenge is to reduce the occurrence of these muscle lesions but without harming the productive and qualitative indexes of the meat, considering that it is one of the main causes that decrease the quality of the breast meat with the potential to impact the choice of the final consumer.

Keywords: Collagen; Histology; Muscle lesions; Myopathy.

Resumen

El objetivo de esta revisión de la literatura fue abordar las características cualitativas de las fibras musculares, químicas y morfológicas de la carne de las principales miopatías (miopatía pectoral profunda - MPP, rayas blancas - WS, pechuga de madera - WB y carne de espagueti - SM) verificadas en la línea de sacrificio pollos de engorde en los últimos años. La aparición de estas anomalías en el músculo de la pechuga (pectoral mayor), junto con la tasa de crecimiento acelerado y el alto rendimiento de la pechuga, es una preocupación emergente para la industria avícola y la demanda de estrategias que hagan factible el sistema de producción para mitigar las pérdidas económicas. por convicciones de los cadáveres o por el rechazo de los consumidores. Por lo tanto, el desafío principal es reducir la aparición de estas lesiones musculares pero sin dañar los índices productivos y cualitativos de la carne, teniendo en cuenta que es una de las principales causas que disminuyen la calidad de la carne de pechuga con el potencial de afectar la elección del consumidor final.

Palabras clave: Colágeno; Histología; Lesiones musculares; Miopatía.

1. Introdução

Com o propósito de elevar os padrões de qualidade da carne de frango baseado na melhoria das características sensoriais e das propriedades funcionais, o avanço genético incorporou forte pressão sobre a taxa de crescimento nas aves que resultaram em alterações histológicas e bioquímicas no tecido muscular e como consequência afetou os atributos de qualidade da carne (Petracci & Cavani, 2012). No entanto, este avanço genético para melhorar o desempenho zootécnico das aves e dos aspectos qualitativos da carne ocasionou vários tipos de defeitos musculares ou miopatias que representam grande perda econômica para a indústria avícola (Maiorano, 2017). Essas anormalidades localizadas no músculo do peito, *Pectoralis major*, atrelado ao melhoramento genético nas linhagens atuais proporcionou mudanças significativas na estrutura muscular e no estado metabólico dos frangos de corte (Petracci et al., 2017).

Segundo Kijowski et al. (2014) o termo miopatia refere-se a doenças musculares ou degenerações que não é causada por alterações nos nervos, mas que fornecem e diferem em sua patogênese e desenvolvimento.

Embora sua causa não foi esclarecida, pesquisas sugeriram que a taxa de crescimento acelerado seja a hipótese mais provável relacionado com o surgimento das miopatias. Petracci et al. (2015) e Petracci et al. (2017) relataram que a taxa de crescimento acelerado no músculo peitoral altera o metabolismo muscular induzindo ao início de características degenerativas. Para os autores, o aumento da produção de radicais livres e o acúmulo de cálcio intracelular podem favorecer alterações na integridade da membrana fibrosa e da degradação de proteínas devido à ativação de proteases e lipases, as quais podem levar a necrose da fibra que ultrapassa a capacidade regenerativa do músculo.

De acordo com Petracci et al. (2017) no músculo peitoral, em razão do metabolismo anaeróbico, frangos de corte são mais susceptíveis a desenvolverem defeitos relacionados ao metabolismo muscular, pois o espaçamento entre o tecido conjuntivo do endomísio e perimísio é pequeno e isso pode reduzir o espaço disponível para os capilares limitando a quantidade de ácido láctico removido do músculo. Desta forma, com a eliminação inadequada de produtos intermediários do metabolismo muscular, como o dióxido de carbono e ácido láctico, a funcionalidade da fibra pode ser lesionada e resultar em desregulação homeostática.

Pesquisas relataram que apesar de não apresentarem lesões ou alterações macroscópicas no músculo peitoral, filés de frangos normais selecionados para crescimento

acelerado e de alto rendimento de peito apresentaram miodegeneração leve associado com a presença de fibras anormais de tamanho grande e pequeno, degenerações musculares, necrose e infiltração de gordura e tecido conjuntivo (Kawasaki et al., 2018; Mazzoni et al., 2015; Petracci et al., 2013a; Russo et al., 2015). De fato, estes resultados indicam que lesões musculares ou miopáticas também são comuns em frangos de corte modernos.

Pelo exposto, a presente revisão foi conduzida com o objetivo de abordar as características qualitativas, químicas e morfológica das fibras musculares das principais miopatias emergentes verificadas na linha de abate de frangos de corte.

2. Metodologia

A revisão exploratória e de natureza qualitativa neste estudo (Pereira et al., 2018), através de pesquisa bibliográfica, concentrou-se na apresentação das características qualitativas da carne, químicas e morfológica das fibras musculares das principais miopatias (miopatia peitoral profunda - MPP, *white striping* - WS, *wooden breast* -WB e *spaghetti meat* - SM) observadas na linha de abate de frangos de corte. Os artigos utilizados neste estudo, entre 2009 a 2018, foram provenientes das seguintes bases indexadas: Scopus, Web of Science, PubMed, Science Direct, Elsevier e *Google scholar*, totalizando 39 artigos científicos.

3. Revisão de Literatura

3.1 Miopatia Peitoral Profunda (MPP)

Conhecida como doença de Oregon ou doença do músculo verde, a miopatia peitoral profunda (MPP) foi descrita pela primeira vez em 1967-1968 como “miopatia degenerativa” em criações de perus no Canadá, Estados Unidos (EUA) e na Grã-Bretanha e, posteriormente, estudada com maior detalhe na Universidade Estadual de Oregon nos EUA (Kijowski et al., 2014; Maiorano, 2017; Petracci et al., 2017).

Considerada um grave problema de qualidade em linhas de abate de aves (Paschoal & Santos, 2013) devido afetar uma parte nobre do frango, a MPP lesiona principalmente o músculo *supracoracoideus* ou *Pectoralis minor*, conhecido popularmente como sassami (Figura 1). Porém, em menor grau, pode afetar o músculo *Pectoralis major* após a desossa

(Figura 2). As lesões nos músculos não prejudicam a saúde das aves e são identificadas no momento do corte e da desossa (Kijowski et al., 2014). Não há riscos para a saúde humana, no entanto é visualmente indesejável (Dinev & Kanakov, 2011; Petracci & Cavani, 2012).

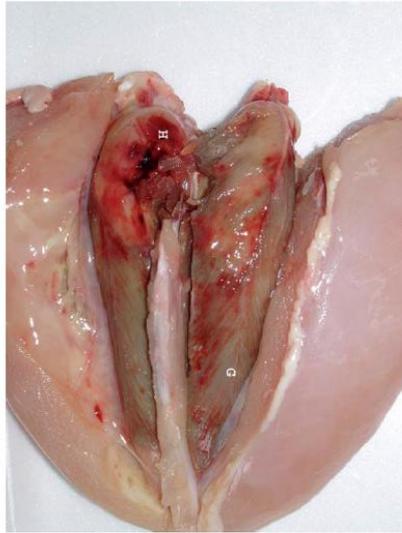


Figura 1 - Miopatia peitoral profunda em filés de frangos de corte. Fonte: Dinev e Kanakov (2011).



Figura 2 - Aspecto do músculo *Pectoralis major* em filés de frangos de corte após remover o músculo *Pectoralis minor* afetado pela miopatia peitoral profunda. Cabeças de seta: indicam degenerações. Setas pontilhadas: múltiplas hemorragias. Setas: verdes intensos (tecido danificado). Fonte: O autor (2017).

Dinev & Kanakov (2011) relataram a incidência de 0,51% de MPP em frangos de corte na Bulgária, oriundos de 20.000 mil frangos das linhagens Ross 308 e Cobb 500 de ambos os sexos, abatidos com 7 semanas de idade. Os autores verificaram maior incidência de lesões totais (0,64 vs 0,37%) em frangos pesados (2,6 kg de peso vivo e 1,9 kg de carcaça) quando comparado aos frangos leves (2,3 kg de peso vivo e 1,7 kg de carcaça). Além disso, macroscopicamente os autores observaram edema, hiperemia e hemorragias acompanhados de material gelatinoso e mudanças de cores de amarelo, vermelho e verde intenso (Figura 1). Histologicamente, os autores observaram alterações necróticas degenerativas das fibras, infiltração e células inflamatórias (macrófagos e leucócitos heterofílos) e substituição das fibras musculares por tecido adiposo e fibroso.

Não diagnosticada em aves vivas, as lesões da MPP ficam perceptíveis quando das transformações de cores e da textura no *post mortem*. A progressão desta miopatia pode ser dividida em duas fases de desenvolvimento (lesões iniciais e antigas) e classificadas em três categorias (I, II e III) de acordo com o grau de severidade (Kijowski & Konstańczak, 2009).

Na Polônia, Kijowski & Konstanczark (2009) observaram a ocorrência de 0,06% de MPP provenientes de 167.610 mil aves com peso médio de 2,5 kg. Além disso, verificaram diferenças nas fases de desenvolvimento nos parâmetros de cor (L^* , a^* e b^*) e da força de cisalhamento em frangos de corte de 35 a 42 dias de idade.

Desacelerar a taxa de crescimento de frangos de corte pode ser fator decisivo na prevenção da MPP, entretanto pesquisas associaram sua ocorrência com o movimento excessivo das asas, idade, linhagem genética, sexo (maior incidência nos machos), alto rendimento de carne de peito e taxa de crescimento acelerado (Bailey et al., 2015; Dinev & Kanakov, 2011; Kijowski et al., 2014; Kijowski & Konstańczak, 2009; Paschoal & Santos, 2013).

3.2 White Striping (WS)

Descrita em 2009, a estriação branca ou *White striping* (WS), é uma condição visualmente caracterizada pela ocorrência de estrias brancas paralelas às fibras musculares que acomete, principalmente, o músculo peitoral de frangos de corte e em menor grau as coxas e sobrecoxas (Kuttappan et al., 2012a; Kuttappan et al., 2016). De acordo com o grau de severidade (Figura 3) a WS pode ser classificada (Kuttappan et al., 2016) em filés normais

(grau 0), moderado com pequenas estrias brancas e menor que 1 mm de espessura (grau 1), severo com estrias brancas de 1 a 2 mm de espessura (grau 2) e estrias brancas grossas maior que 2 mm de espessura cobrindo toda a superfície do músculo (grau 3).



Figura 3 - Escore de *white striping* em filés de peito de frangos de corte. Fonte: Kuttappan et al. (2016).

Esta miopatia afeta a qualidade da carne, pois aves acometidas pelos graus mais severos apresentam maiores níveis de pH e gordura, menor conteúdo proteico, além de maiores perdas por cozimento (%) quando comparado aos filés de peito normais (Pettracci et al., 2013b, 2014). Outro aspecto importante é a aceitabilidade negativa pelos consumidores em relação a WS. Kuttappan et al. (2012b) ao analisarem a aceitação e intenção de compra dos consumidores em relação aos filés de peito de frangos de corte com WS, verificaram que os consumidores, com base na aparência, não comprariam filés de peito nos graus moderado ou severo e conforme o aumento da severidade menor era a aceitação por parte dos consumidores. Os principais motivos que levaram os consumidores a rejeitarem os filés com WS foram a aparência gordurosa, presença de estrias brancas e a coloração da carne.

Ao estudarem duas linhagens genéticas de frangos de corte selecionadas para alto e moderado rendimento de peito, Bailey et al. (2015) notaram baixa herdabilidade (0,02 a 0,10) para MPP e *Wooden breast* (WB) em ambas as linhagens, sugerindo que há uma forte base não genética que explica as variações dessas anormalidades, ou seja, condições ambientais ou de manejo podem ter maior influência na ocorrência dessas miopatias. Por outro lado, nas mesmas linhagens a herdabilidade para WS foi de 0,19 a 0,34, indicando que existe um componente genético maior para sua incidência.

Quando identificados juntos em um mesmo filé, WS e WB podem representar perdas qualitativas, nutricionais e econômicas consideráveis para a indústria avícola (Soglia et al., 2016; Tasoniero et al., 2016; Tijare et al., 2016), apesar de não estar claro se uma é determinante da outra. Embora sua etiologia seja desconhecida até os dias atuais, estudos recentes demonstraram que a ocorrência de WS está associada com aves mais pesadas, idade elevada, sexo, taxa de crescimento acelerado, restrição alimentar, níveis crescentes de lisina na dieta, linhagem genética e maior rendimento de peito (Cruz et al., 2017; Kuttappan et al., 2013, 2017; Russo et al., 2015; Soglia et al., 2016; Trocino et al., 2015).

No norte da Itália, Russo et al. (2015) notaram alta prevalência de WS (78%) e encontraram maiores lesões macroscópicas e histológicas em frangos de corte pesados (3,64 kg e 55 dias de idade) quando comparados com frangos de peso médio (2,59 kg e 46 dias de idade). Esta diferença, segundo os autores, foi relacionada a idade avançada e a maior massa muscular. Na análise histológica, filés afetados com WS foram identificados com degeneração, necrose multifocal e polifásica. Entretanto, apesar da ausência de lesões, filés de peito normais foram afetados por alterações leves, como degeneração muscular e infiltração de gordura.

3.3 *Wooden Breast (WB)*

Mencionada como peito ‘amadeirado’ (*woody*) ou “de madeira” (*wooden*), a miopatia *wooden breast* (WB) é identificada pela consistência dura semelhante a uma textura de madeira (Sanchez Brambila et al., 2018) e foi descrita pela primeira vez em 2014 na Finlândia no músculo do peito de frangos de corte (Sihvo et al., 2014).

Identificada após o abate de forma manual, através da detecção palpatória (Tijare et al., 2016), a miopatia WB (Figura 3) apresenta aspectos endurecidos difusos ou em áreas focais, além de serem pálidas podem estar cobertas com uma fina camada de material viscoso, claro ou levemente turvo e com várias petéquias ou pequenas hemorragias distribuídas multifocalmente (Sihvo et al., 2014). Dependendo da severidade, filés podem apresentar protuberância na extremidade caudal e estrias ou listras brancas finas visíveis entre as fibras musculares (De Brot et al., 2016; Sihvo et al., 2017). Conforme o grau de severidade (Figura 4) a miopatia WB pode ser classificada (SIHVO et al., 2017) em filés normais ou grau 0 (cor e consistência normal), filés moderados ou grau 1 (consistência endurecida e cor pálida na

área cranial com poucas estrias brancas) e filés severos ou grau 2 (endurecido e pálido no músculo inteiro e com várias listras brancas).



Figura 4 - Escores de *wooden breast* em filés de peito de frangos de corte. Fonte: Sihvo et al. (2017).

Análises histológicas verificaram que a WB apresenta poucas fibras e de tamanhos diferentes, ausência de forma poligonal característico das miofibras, degeneração e necrose das fibras (Figura 5), substituição ou infiltração de tecido conjuntivo (fibrose), rico em colágeno, e células de adipócitos (lipidose) separando as fibras musculares (Figura 6). Em alguns filés há a infiltração de células inflamatórias como heterofilos e macrófagos, geralmente dentro ou ao redor da fibra em degeneração (Sihvo et al., 2014; Trocino et al., 2015; Velleman & Clark, 2015). Essas modificações no músculo alteram não apenas o processamento na indústria, mas a qualidade final da carne (Velleman & Clark, 2015).

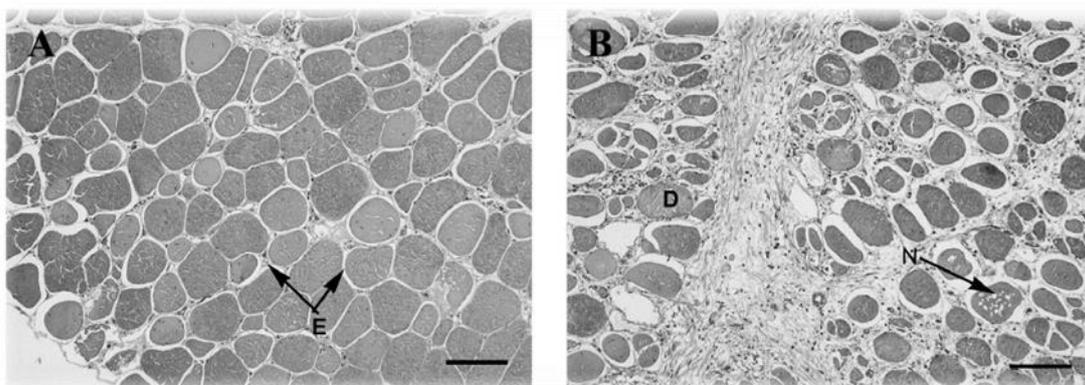


Figura 5 - Histomorfologia de *wooden breast* no músculo peitoral de frangos de corte (B) e normal (A). E = endomísio. D = degeneração muscular. N = necrose. Fonte: Velleman e Clark (2015).

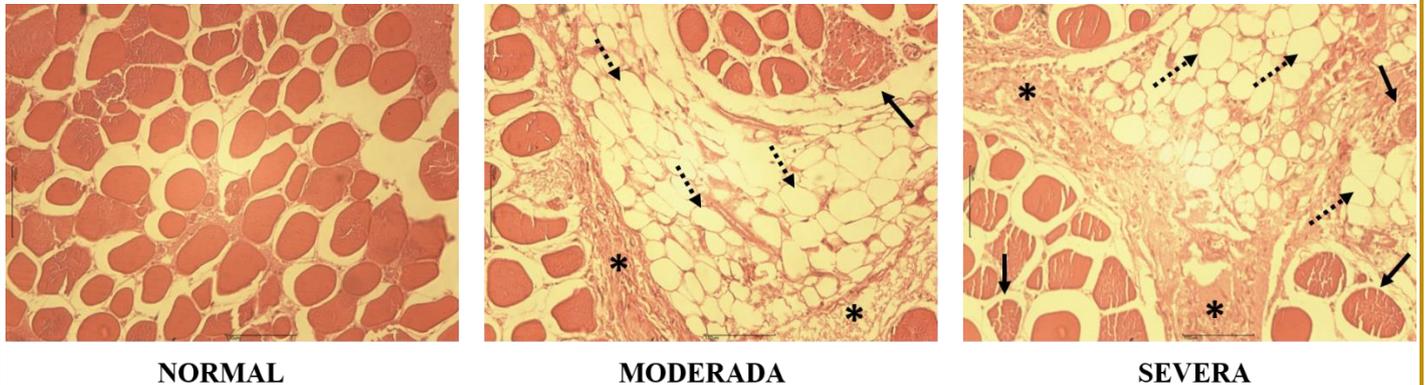


Figura 6 - Fotomicrografias do músculo *Pectoralis major* em frangos de corte conforme o grau de severidade (normal, moderada e severa) da miopatia *wooden breast*. Asterisco: acúmulo de tecido conjuntivo endomisial e perimisial. Setas: fibras com necrose. Setas pontilhadas: acúmulo de tecido adiposo. Coloração Hematoxilina e Eosina (H&E). Barra de escala: 100 µm. Fonte: O autor (2020).

Velleman & Clark (2015) e Velleman et al. (2017), constataram que os processos fibróticos que envolvem o aumento da deposição do colágeno nas áreas do tecido conjuntivo do perimísio e endomísio, são diferentes nos filés de peito em linhagens de frangos de corte de crescimento rápido. Velleman et al. (2017) sugeriram que o aumento da dureza do músculo afetado pela WB é possivelmente em virtude da extensão e das características estruturais do colágeno fibrótico e não apenas ao aumento da concentração de colágeno. Tais características incluem o diâmetro da fibrila, reticulação, densidade da fibrila, conteúdo de glicosaminoglicano, alinhamento da fibrila e organização geral da rede de fibrilas de colágeno (Velleman et al., 2017)

Velleman e Clark (2015) observaram que a miopatia *wooden breast* em frangos de corte em linhagens de crescimento rápido (A e B) em comparação com linhagens de crescimento lento (C, sem miopatia) foi caracterizado morfologicamente por necrose, fibrose e regeneração das fibras musculares. Entretanto a fibrose, infiltração de tecido conjuntivo oriundo de um processo de cicatrização, nas linhagens com miopatia mostrou-se uma distribuição e arranjo das fibrilas de colágeno diferentes. Os autores evidenciaram que as fibrilas de colágenos foram compactadas e difusas. A justificativa, segundo os autores, é que

esta diferenciação na organização do colágeno provavelmente seja devido à expressão gênica de decorina na matriz extracelular que foi quantitativamente maior nas linhagens com miopatia.

Ao verificarem a estrutura e a organização fibrilar do colágeno em três diferentes linhagens de frangos de corte com *Wooden breast*, Velleman et al. (2017) sugeriram que alterações no comprimento e diâmetro das fibrilas de colágeno é consequência direta do arranjo ordenado da molécula de colágeno e que tais alterações são indicativos de modificações no empacotamento molecular dos monômeros de colágeno, que podem afetar sua função e alterar os sítios de ligação das proteínas ou a flexibilidade da fibrila de colágeno.

Estudos revelaram que filés de frangos de corte com WB apresentam aspectos qualitativos da carne inferiores que podem impactar de forma negativa a cadeia avícola. Quando comparado aos filés normais, filés com WB possuem maiores perdas por cozimento (%) e gotejamento (%), maiores valores de pH, menor absorção de marinação (%) e maiores teores de a^* e b^* (Dalle Zotte et al., 2017; Mudalal et al., 2015; Tasoniero et al., 2016). Tais propriedades tecnológicas inferiores podem ser devido a alterações no tecido muscular após degenerações de músculos anormais. No entanto, quando comparado a miopatia WS os desafios para reduzir WB são maiores, uma vez que WB pode apresentar maiores perdas por cozimento (%) e menor absorção de marinação (%) em relação a WS, indicando que danos nas fibras musculares podem ser mais severos em filés com WB (Mudalal et al., 2015; Tasoniero et al., 2016).

Embora sua causa não foi elucidada de forma completa, pesquisas têm associado a incidência diretamente com o aumento da taxa de crescimento e peso do filé de peito (Kuttappan et al., 2017; Sanchez Brambila et al., 2018). Por outro lado, estudos sobre sequenciação 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. Outra possibilidade, por exemplo, é o excesso da produção de decorina que aumenta a reticulação do colágeno, fator que contribui para o aumento da dureza de WB (Velleman & Clark, 2015).

Abasht et al. (2016), caracterizaram o perfil metabólico de filés de frangos de corte acometidos pela WB e verificaram que além do estresse oxidativo, houve alteração do metabolismo de aminoácidos e carboidratos, devido aos níveis elevados de histidina acompanhados por acumulação de histamina (associado a dor e inflamação) e redução do glicogênio muscular combinados com níveis reduzidos de enzimas glicolíticas (glicose 6

fosfato e frutose 6 fosfato) e produtos finais (lactato e piruvato), respectivamente. Zambonelli et al. (2016), através do perfil de transcrição gênica, verificaram que além do estresse oxidativo, inflamação, degeneração e regeneração das fibras musculares, o surgimento de miopatias (WS e WB) está relacionado com a síntese de proteoglicanos, alterações no metabolismo de glicose e via de sinalização de cálcio.

Análises que proporcionam esclarecimentos sobre as vias bioquímicas e alterações genéticas são fundamentais para o entendimento dos filés com WB, como por exemplo a avaliação proteômica (Schilling et al., 2017). Através do estudo no perfil proteômico em filés normais e com WB de frangos de corte, Cai et al. (2018) observaram oito proteínas expressas diferentemente entre os filés normais e WB. Este resultado demonstrou que filés com WB obteve aumento do estresse oxidativo (indicado pela enzima Anidrase carbônica III) e menor quantidade de enzimas glicolíticas (importante para regeneração de ATP em músculos *post mortem*) quando comparado aos filés normais.

Estudos recentes relataram que alterações iônicas ocasionados pelo aumento de cálcio (Ca^{2+}) e sódio (Na^{+}), e a redução do suprimento sanguíneo na fase inicial de WB que pode estar relacionada as mudanças ultra-estruturais no desequilíbrio osmótico, são fatores que podem contribuir para melhor compreensão da etiologia de WB (Sihvo et al., 2018; Soglia et al., 2016). Esses fatores estão relacionados com a regulação de íons intracelulares mediante o desenvolvimento de danos musculares nos músculos das aves (Sandercock & Mitchell, 2004).

3.4 Spaghetti Meat (SM)

Petracci & Cavani, (2012) relataram que a falta de coesão na carne devido a imaturidade do tecido conjuntivo intramuscular em relação a idade de abate precoce das linhagens atuais é um problema de qualidade emergente em frangos e perus.

Atualmente, foi observada uma nova anormalidade no músculo peitoral de frangos de corte (Figura 7) denominada de carne espaguete (*Spaghetti meat - SM*) ou peito espaguete (*Spaghetti breast*), que exhibe integridade estrutural alterada do filé de peito e pode ser identificada simultaneamente com a miopatia *white striping* (Baldi et al., 2018; Sirri et al., 2016).

A SM é caracterizada por apresentar o tecido conjuntivo intramuscular imaturo, ao qual modifica a integridade estrutural do músculo do peito (Maiorano, 2017). Este defeito proporciona má coesão da carne e torna-se frouxa na estrutura que os feixes de fibras

musculares podem ser separados facilmente com os dedos (Figura 7). A SM pode ser classificada de acordo com a severidade da coesão no filé de peito em grau 0 (sem coesão), grau 1 (estrutura frouxa moderada perceptível ao toque na superfície cranial) e grau 2 (lacerações superficiais extensas) (Sirri et al., 2016).

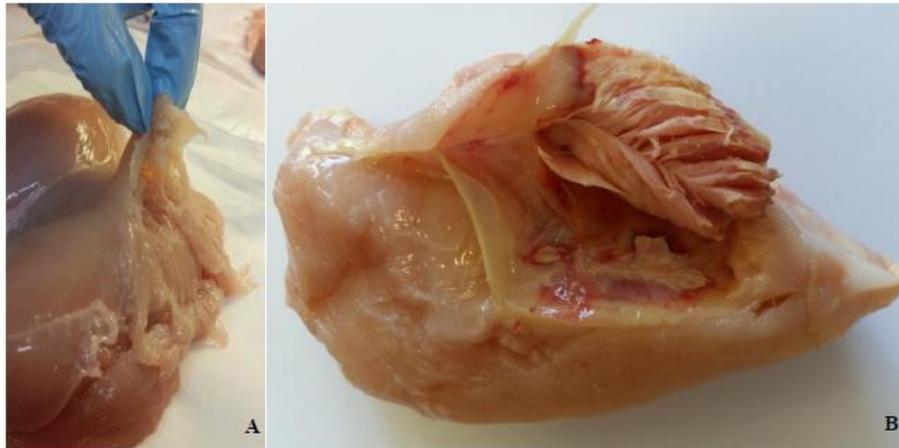


Figura 7 - Carne espaguete em filés de peito de frangos de corte. Fonte: Maiorano (2017).

Semelhante a MPP, WS e WB, a SM altera as características de qualidade, histológicas, centesimais e medidas morfométricas dos filés de peito de frangos de corte. Baldi et al. (2018) relataram menor teor de proteína atrelado ao maior nível de umidade nos filés de peito acometidos pela SM em relação aos filés normais, além de infiltração de gordura e tecido conjuntivo, observaram aumento da porção de água extra-miofibrilar em relação a água contida no meio intra-miofibrilar, representando desta forma menor capacidade de retenção de água. Os autores notaram que a miopatia SM apresenta uma diminuição progressiva do endomísio e perimísio, na qual possivelmente está envolvida em uma integridade estrutural alterada na superfície do músculo peitoral.

4. Conclusões

A presença de miopatias verificadas na linha de abate, em filés de frangos de corte de linhagens de alto rendimento de peito, é uma preocupação emergente para a indústria avícola e demanda de estratégias que viabilizem o sistema de produção para amenizar as perdas econômicas provenientes das condenações das carcaças ou pela rejeição dos consumidores,

tendo em vista que alguns países ainda não determinaram um critério referente a aceitabilidade ou condenação dos filés acometidos pelas anormalidades musculares.

A dificuldade enfrentada pela indústria é diminuir a ocorrência dessas anormalidades sem prejudicar os índices zootécnicos alcançados na atualidade, haja vista ser considerado uma das principais causas que diminuem a qualidade da carne do peito e com potencial de impactar a escolha do consumidor final. Resultados de pesquisas verificados na literatura científica em relação a sua etiologia ainda são insuficientes, uma vez que sua origem é de natureza multifatorial. Portanto, estudos que forneçam alternativas nutricionais ou de manejo e fundamentado em ferramentas “ômicas” (proteômica, transcriptômica, genômica e metabolômica) relacionando o crescimento e desenvolvimento nas fibras musculares, podem ser eficazes para reduzir a ocorrência de miopatias nos músculos do peito de frangos de corte.

Referências

Abasht, B., Mutryn, M. F., Michalek, R. D., Lee, W. R. (2016). Oxidative Stress and Metabolic Perturbations in Wooden Breast Disorder in Chickens. *Plos One*, 11, 1–16.

Bailey, R. A., Watson, K. A., Bilgili, S. F., Avendano, S. (2015). The genetic basis of pectoralis major myopathies in modern broiler chicken lines. *Poultry Science*, 94, 2870–2879.

Baldi, G., Soglia, F., Mazzoni, M., Sirri, F., Canonico, L., Babini, E., Laghi, L., Cavani, C., Petracci, M. (2018). Implications of white striping and spaghetti meat abnormalities on meat quality and histological features in broilers. *Animal*, 12, 164–173.

Cai, K., Shao, W., Chen, X., Campbell, Y. L., Nair, M. N., Suman, S. P., Beach, C. M., Guyton, M. C., Schilling, M. W. (2018). Meat quality traits and proteome profile of woody broiler breast (pectoralis major) meat. *Poultry Science*, 97, 337–346.

Cruz, R. F. A., Vieira, S. L., Kindlein, L., Kipper, M., Cemin, H. S., Rauber, S. M. (2017). Occurrence of white striping and wooden breast in broilers fed grower and finisher diets with increasing Lysine levels. *Poultry Science*, 96, 501–510.

Dalle Zotte, A., Tasoniero, G., Puolanne, E., Remignon, H., Cecchinato, M., Catelli, E., Cullere, M. (2017). Effect of “wooden breast” appearance on poultry meat quality,

histological traits, and lesions characterization. *Czech Journal of Animal Science*, 62, 51–57.

De Brot, S., Perez, S., Shivaprasad, H. L., Baiker, K., Polledo, L., Clark, M., Grau-Roma, L. (2016). Wooden breast lesions in broiler chickens in the UK. *Veterinary Record*, 178, 141.

Dinev, I., Kanakov, D. (2011). Deep pectoral myopathy: prevalence in 7 weeks old broiler chickens in Bulgaria. *Revue de Médecine Vétérinaire*, 6, 279–283.

Kawasaki, T., Iwasaki, T., Yamada, M., Yoshida, T., Watanabe, T. (2018). Rapid growth rate results in remarkably hardened breast in broilers during the middle stage of rearing: A biochemical and histopathological study. *Plos One*, 13, 1–14.

Kijowski, J., Konstańczak, M. (2009). Deep pectoral myopathy in broiler chickens. *Bulletin of the Veterinary Institute in Pulawy*, 53, 487–491.

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

Kuttappan, V. A., Brewer, V. B., Mauromoustakos, A., Mckee, S. R., Emmert, J. L., Meullenet, J. F., Owens, C. M. (2013). Estimation of factors associated with the occurrence of white striping in broiler breast fillets. *Poultry Science*, 92, 811–819.

Kuttappan, V.A., Goodgame, S. D., Bradley, C. D., Mauromoustakos, A., Hargis, B. M., Waldroup, P. W., Owens, C. M. (2012a). Effect of different levels of dietary vitamin E (DL- α -tocopherol acetate) on the occurrence of various degrees of white striping on broiler breast fillets. *Poultry Science*, 91, 3230–3235.

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.

Kuttappan, V. A., Lee, Y. S., ERF, G. F., Meullenet, J. F. C., Mckee, S. R., Owens, C. M. (2012b). Consumer acceptance of visual appearance of broiler breast meat with varying degrees of white striping. *Poultry Science*, 91, 1240–1247.

Kuttappan, V. A., Owens, C. M., Coon, C., Hargis, B. M., Vazquez-a non, M. (2017). Incidence of broiler breast myopathies at 2 different ages and its impact on selected raw meat quality parameters. *Poultry Science*, 96, 3005–3009.

Maiorano, G. (2017). Meat defects and emergent muscle myopathies in broiler chickens : implications for the modern poultry industry. *Scientific Annals of Polish Society of Animal Production*, 13, 43–51.

Mazzoni, M., Petracci, M., Meluzzi, A., Cavani, C., Clavenzani, P., Sirri, F. (2015). Relationship between pectoralis major muscle histology and quality traits of chicken meat. *Poultry Science*, 94, 123–130.

Mudalal, S., Lorenzi, M., Soglia, F., Cavani, C., Petracci, M. (2015). Implications of white striping and wooden breast abnormalities on quality traits of raw and marinated chicken meat. *Animal*, 9, 728–734.

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.

Paschoal, E. C., Santos, J. M. G. (2013). Miopatia peitoral profunda como causa de condenação em abatedouro de aves. *Revista em Agronegócios e Meio Ambiente*. 6, 223–233.

Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J., Shitsuka, R. (2018). Metodologia da pesquisa científica. [e-book]. Santa Maria. Ed. UAB/NTE/UFSM. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1. Acesso em: 08 fev. 2020.

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

Petracci, M., Mudalal, S., Babini, E., Cavani, C. (2014). Effect of white striping on chemical composition and nutritional value of chicken breast meat. *Italian Journal of Animal Science*,

13, 179–183.

Petracci, M., Mudalal, S., Bonfiglio, A., Cavani, C. (2013b). Occurrence of white striping under commercial conditions and its impact on breast meat quality in broiler chickens. *Poultry Science*, 92, 1670–1675.

Petracci, M., MudalaL, S., Soglia, F., Cavani, C. (2015). Meat quality in fast-growing broiler chickens. *World's Poultry Science Journal*, 71, 363–374.

Petracci, M., Sirri, F., Mazzoni, M., Meluzzi, A. (2013a). Comparison of breast muscle traits and meat quality characteristics in 2 commercial chicken hybrids. *Poultry Science*, 92, 2438–2447.

Petracci, M., Soglia, F., Berri, C. (2017). Muscle Metabolism and Meat Quality Abnormalities, in: Petracci, M., Berri, C. (Eds.), *Poultry Quality Evaluation: Quality Attributes and Consumer Values*. Woodhead Publishing, Cambridge, p. 51–75.

Russo, E., Drigo, M., Longoni, C., Pezzotti, R., Fasoli, P., Recordati, C. (2015). Evaluation of White Striping prevalence and predisposing factors in broilers at slaughter. *Poultry Science*, 94, 1843–1848.

Sanchez Brambila, G., Bowker, B. C., Chatterjee, D., Zhuang, H. (2018). Descriptive texture analyses of broiler breast fillets with the wooden breast condition stored at 4°C and -20°C. *Poultry Science*, 97, 1762–1767.

Sandercock, D. A., Mitchell, M. A. (2004). The role of sodium ions in the pathogenesis of skeletal muscle damage in broiler chickens. *Poultry Science*, 83, 701–706.

Schilling, M. W., Suman, S. P., Zhang, X., Nair, M. N., Desai, M. A., Cai, K., Ciaramella, M. A., Allen, P. J. (2017). Proteomic approach to characterize biochemistry of meat quality defects. *Meat Science*, 132, 131–138.

Sihvo, H. K., Airas, N., Lindén, J., Puolanne, E. (2018). Pectoral Vessel Density and Early Ultrastructural Changes in Broiler Chicken Wooden Breast Myopathy. *Journal of*

Comparative Pathology, 161, 1–10.

Sihvo, H. K., Immonen, K., Puolanne, E. (2014). Myodegeneration With Fibrosis and Regeneration in the Pectoralis Major Muscle of Broilers. *Veterinary Pathology*, 51, 619–623.

Sihvo, 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.

Sirri, F., Maiorano, G., Tavaniello, S., Chen, J., Petracci, M., Meluzzi, A. (2016). Effect of different levels of dietary zinc, manganese, and copper from organic or inorganic sources on performance, bacterial chondronecrosis, intramuscular collagen characteristics, and occurrence of meat quality defects of broiler chickens. *Poultry Science*, 95, 1813–1824.

Soglia, F., Mudalal, S., Babini, E., Di Nunzio, M., Mazzoni, M., Sirri, F., Cavani, C., Petracci, M. (2016). Histology, composition, and quality traits of chicken Pectoralis major muscle affected by wooden breast abnormality. *Poultry Science*, 95, 651–659.

Tasoniero, G., Cullere, M., Cecchinato, M., Puolanne, E., Dalle Zotte, A. (2016). Technological quality, mineral profile, and sensory attributes of broiler chicken breasts affected by White Striping and Wooden Breast myopathies. *Poultry Science*, 95, 2707–2714.

Tijare, V. V., Yang, F. L., Kuttappan, 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, 1–7.

Trocino, A., Piccirillo, A., Birolo, M., Radaelli, G., Bertotto, D., Filiou, E., Petracci, M., Xiccato, G. (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.

Velleman, S. G., Clark, D. L. (2015). Histopathologic and Myogenic Gene Expression Changes Associated with Wooden Breast in Broiler Breast Muscles. *Avian Diseases*, 59, 410–418.

Velleman, S. G., Clark, D. L., Tonniges, J. R. (2017). Fibrillar Collagen Organization Associated with Broiler Wooden Breast Fibrotic Myopathy. *Avian Diseases*, 61, 481–490.

Zambonelli, P., Zappaterra, M., Soglia, F., Petracci, M., Sirri, F., Cavani, C., Davoli, R. (2016). Detection of differentially expressed genes in broiler pectoralis major muscle affected by White Striping - Wooden Breast myopathies. *Poultry Science*, 95, 2771–2785.

Porcentagem de contribuição de cada autor no manuscrito

Andrey Sávio de Almeida Assunção – 40%

Rodrigo Garófallo Garcia – 20%

Claudia Marie Komiyama – 20%

Renata Aparecida Martins – 20%