



UDESC

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA – UDESC
CENTRO DE EDUCAÇÃO SUPERIOR DO OESTE – UDESC/OESTE
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO

**RELAÇÃO ENTRE A MIOPATIA *WHITE STRIPING*
E O ESTRESSE OXIDATIVO EM FILÉS DE PEITO
DE FRANGOS DE CORTE**

GLEIDSON BIASI CARVALHO SALLES

CHAPECÓ, 2018

GLEIDSON BIASI CARVALHO SALLES

**RELAÇÃO ENTRE A MIOPATIA *WHITE STRIPING* E O ESTRESSE
OXIDATIVO EM FILÉS DE PEITO DE FRANGOS DE CORTE**

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, Área de Concentração Ciência e Produção Animal, da Universidade do Estado de Santa Catarina (UDESC), como requisito parcial para obtenção de grau de **Mestre em Zootecnia**.

Orientador (a): Dr. Marcel Manente Boiago
Co-orientador(s): Dr. Aleksandro Schafer da Silva

Chapecó, SC, Brasil

2018

FICHA CATALOGRÁFICA

(Será fornecida pela biblioteca após defesa, aluno deve solicitar)

**Universidade do Estado de Santa Catarina
UDESC Oeste
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova a Dissertação de Mestrado

**RELAÇÃO ENTRE A MIOPATIA *WHITE STRIPING* E O ESTRESSE
OXIDATIVO EM FILÉS DE PEITO DE FRANGOS DE CORTE**

Elaborada por
Gleidson Biasi Carvalho Salles

como requisito parcial para obtenção do grau de
Mestre em Zootecnia

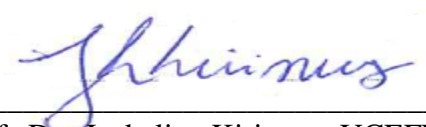
Comissão Examinadora:



Prof. Dr. Marcel M. Boiago – UDESC Oeste



Profa Dra Lenita Moura Stefani – UDESC Oeste



Profa Dra Jackeline Kirinus – UCEFF Chapecó

Chapecó, 13 de julho de 2018.

AGRADECIMENTOS

Deus em primeiro lugar, por ter me dado saúde e força para encarar essa dupla jornada, me dividindo entre mestrado e trabalho. A Cooperativa Central Aurora Alimentos por ter me liberado em alguns momentos das atividades para poder desempenhar as minhas obrigações como acadêmico de pós-graduação. Ao meu orientador Dr. Marcel, sempre muito prestativo e parceiro, aprendi muito e cresci muito como profissional esse período ao seu lado, agradeço muito os meus colegas de mestrado que em muitos momentos me auxiliaram, são eles: Jonatah Lucca, Mauricio Barretta, Sinara Bordignon, Claudio Novack.

Meu agradecimento especial a minha mãe Loreci, meu padrasto Joce, e minha amada esposa Marina, que foi meu ponto de equilíbrio e meu refúgio nesses últimos dois anos.

RESUMO

Dissertação de Mestrado
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Universidade do Estado de Santa Catarina

**RELAÇÃO ENTRE A MIOPATIA *WHITE STRIPING* E O ESTRESSE
OXIDATIVO EM FILÉS DE PEITO DE FRANGOS DE CORTE**

AUTOR: Gleidson Biasi Carvalho Salles

ORIENTADOR: Prof. Dr. Marcel Manente Boiago

Chapecó, 20 de julho de 2018

Resumo: A miopatia *White Striping* (WS) na carne de peito de frango é caracterizada pela presença de estrias brancas paralelas na mesma direção das fibras musculares e geralmente ocorre nos músculos *pectoralis major*. A WS é causada por uma alta demanda de oxigênio e, como resultado da redução de antioxidantes endógenos, ocorre um aumento da formação de radicais livres. O principal objetivo do presente estudo foi avaliar o perfil bioquímico e histológico da carne de peito de frango com diferentes níveis de WS. Um total de 1.500 frangos de corte machos foram utilizados para o presente estudo, divididos em três grupos: normal, moderado (estria <1 mm) e severo (estria > 1 mm). Foram avaliadas a composição química (proteína bruta, porcentagem de lipídeos, minerais e colágeno total) e os padrões bioquímicos dos respectivos peitos como espécies reativas de oxigênio (ROS), substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) e atividade da glutathiona peroxidase (GPx). Também foram realizadas análises histológicas. Os peitos classificados como severos apresentaram maiores porcentagens de umidade, gordura e colágeno, além de menor teor de proteína bruta. O perfil antioxidante também foi afetado pela presença dos WS, observou-se que a atividade da GPx foi menor nos peitos com maior presença de estrias e a oxidação lipídica também foi maior. Os peitos classificados como severos também apresentaram menor área de fibra e diâmetro quando comparados aos normais.

Palavras-chave: Composição química, diâmetro de fibras, glutathiona peroxidase, peroxidação.

ABSTRACT

Master's Dissertation
Programa de Pós-Graduação em Zootecnia
Universidade do Estado de Santa Catarina

**RELATIONSHIP BETWEEN WHITE STRIPING MYOPATHIE AND
OXIDATIVE STRESS IN BROILER CHICKENS BREASTS**

AUTHOR: Gleidson Biasi Carvalho Salles
ADVISER: Prof. Dr. Marcel Manente Boiago
Chapecó, 20 June 2018.

Abstract: White striping (WS) myopathy in chicken breast meat are characterized by presence of parallel white striations in the same direction of the muscular fibers and usually occurs in the major pectoral muscles. The WS is caused by a high demand for oxygen and as a result from the reduction of endogenous antioxidants occurs an increase of free radical formation. The main objective of the present study was to evaluate the biochemical and histological profile of chicken breast meat with different WS levels. A total of 1,500 male broiler chickens were used for the present study, divided into three groups: normal, moderate WS (striations <1 mm) and severe WS (striations > 1mm). It were evaluated the chemical composition (crude protein, percentage of lipids, minerals and total collagen) and the biochemical patterns of the respective breasts as lipid reactive oxygen species (ROS), thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) and glutathione activity. It was also evaluated the histological examinations. Breasts classified as severe had higher percentages of moisture, fat and collagen, as well as lower crude protein content. The antioxidant profile was also affected by the WS presence. We observed that the GPx activity was lower in the breasts with higher streak presences, where lipid oxidation was also higher. These breasts classified as severe also presented smaller fiber area and diameter when compared to the normal ones.

Key-words: Chemical composition; fiber diameter; Glatatione peroxidase; peroxidation.

SUMÁRIO

1	CAPÍTULO I	9
1.1	Introdução.....	9
1.2	A miopatia White Striping	10
1.3	Alterações químicas e histopatológicas de músculos com a miopatia White striping 12	
1.4	Bioquímica muscular vs estresse oxidativo	13
1.5	Antioxidantes	15
1.6	Objetivos	16
1.6.1	Objetivo geral.....	16
1.6.2	Objetivo específico	16
2	CAPÍTULO II	17
3	Referências (Cap I)	32
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	36

1 CAPÍTULO I

REVISÃO DE LITERATURA

1.1 Introdução

Dentro das atividades que fazem parte do agronegócio brasileiro, a avicultura tem grande destaque, sendo que o Brasil é o maior exportador e segundo maior produtor de carne de frango, com 13,05 milhões de toneladas produzidas em 2017. A projeção de produção para 2018 é de 13,5 milhões de toneladas (ABPA, 2017). As razões para este aumento da produção, exportação e consumo de carne são atribuídas a imagem de um produto saudável, com alto valor nutricional, aumento da disponibilidade de produtos processados e ao preço relativamente baixo quando comparado à carne de outras espécies (PETRACCI, BIACHI E CAVANI, 2009). Segundo a (ABPA, 2015), a carne de frango brasileira é a mais consumida do mundo há uma década, desde que assumiu a liderança das exportações 2004.

Fatores como a globalização, aumento da concorrência e a exigência crescente dos consumidores com relação à qualidade têm levado o setor avícola a investir cada vez mais no sentido de otimizar a produção (YANAGI JUNIOR, 2006). Diversas empresas especialistas em melhoramento genético trabalham constantemente na seleção de frangos de desde o final da década de 40 (HAVESTEIN *et al.*, 1994). Na década de 30, um frango com 105 dias de idade pesava 1,5 kg e apresentava uma conversão alimentar de 3,5, diminuindo gradativamente com o decorrer dos anos e alcançando 1,59 em 2009 (HAVERSON *et al.*, 2003). Durante esse processo evolutivo, notou-se que o aumento das fibras musculares em corte transversal está sendo superior aos tecidos conjuntivos endomísio e perimísio, sugerindo-se, assim, que a seleção para o rápido crescimento desenvolveu músculos que superam seus limites de suporte, com conseqüente lesão muscular (PETRACCI & CAVANNI, 2011).

Pesquisas relacionam o elevado desempenho com modificações histológicas e bioquímicas do tecido muscular (BARBUT, 2008), ocorrendo um aumento na incidência de miopatias (espontâneas ou geradas por estresse), em especial localizadas no músculo do peito (FERREIRA, 2014), como a miopatia. Com conseqüência das lesões musculares, são

observadas implicações na qualidade final da carne, bem como no seu rendimento da carcaça (MACRAE *et al.*, 2007).

1.2 A miopatia White Striping

Em frangos de corte, a seleção para taxa de crescimento é intensa e o rendimento de peito e coxa pode não afetar significativamente o tipo de fibra presente no músculo, mas afeta o aumento no diâmetro e comprimento das fibras musculares (BERRI *et al.*, 2007).

Nos machos, o número de fibras musculares é superior ao das fêmeas, conferindo a ele um maior ganho de peso. A quantia de células satélites é determinante para estipular o tamanho em que cada músculo pode alcançar, e a quantia de células satélites no músculo varia com o tipo de músculo, idade, nutrição e demanda de esforço. Músculos com caráter oxidativo possuem uma maior densidade de células satélites que músculos glicolíticos (LAWRIE, 2005).

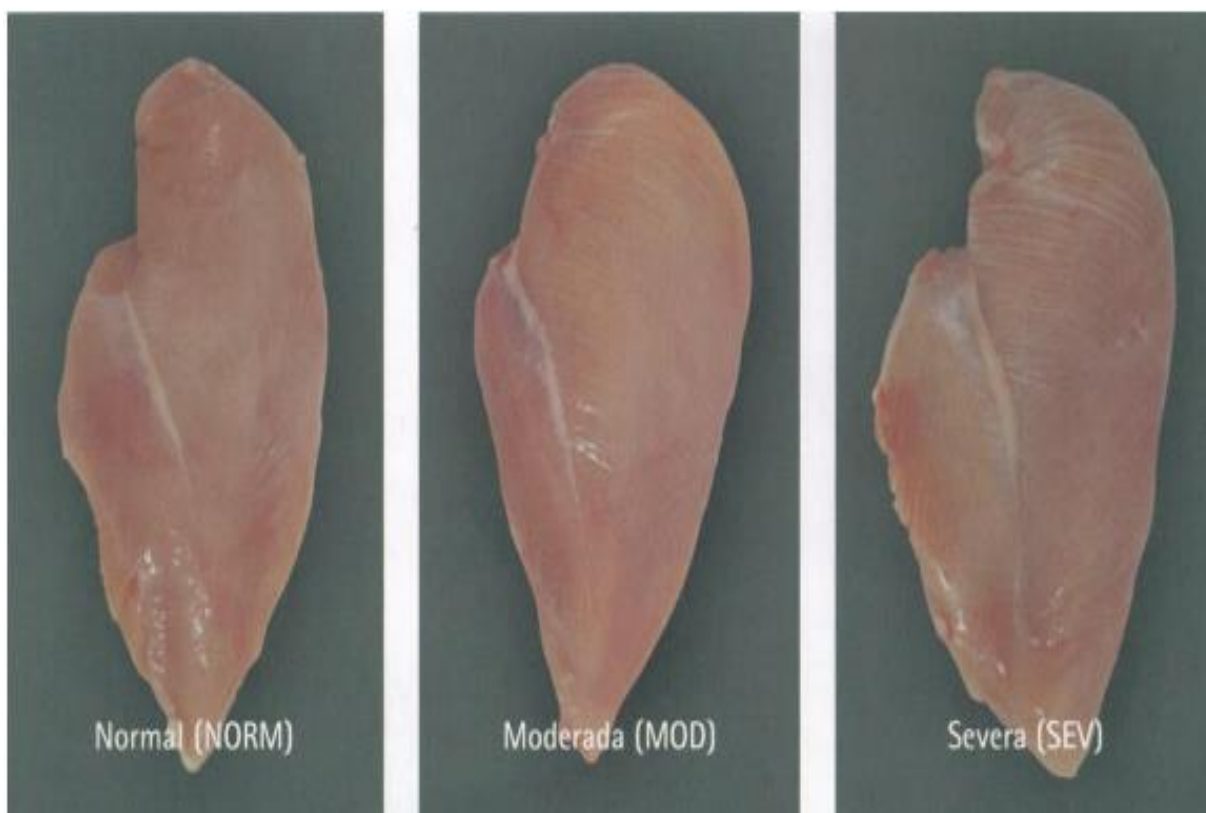
Um problema que tem sido recorrente em abatedouros frigoríficos no Brasil é a condenação por miosite, caracarisada pela miopatia peitoral *white striping* em frangos de corte. Essa miopatia caracteriza-se por estrias brancas localizadas no músculo *pectoralis major* (KUTTAPAN *et al.*, 2013b), que têm afetado a aceitação pelo consumidor final (KUTTAPAN 2012).

O diâmetro da fibra muscular aumenta significativamente com a idade, enquanto que os números absolutos de capilares e vasos sanguíneos diminuem juntamente com a marginalização de suporte vascular em miofibrilas de animais de rápido crescimento, visto que para compensar a perda de densidade capilar existe um aumento paralelo do número de capilares em torno da fibra (Joiner, 2014). VELLEMAN (2015) relatou que a seleção para crescimento de massa muscular de peito foi essencialmente baseada na hipertrofia, que resultou em aumento do diâmetro da fibra muscular, na redução do espaço disponível para o tecido conjuntivo e aumento na proporção de miofibrilas degeneradas. Essas mudanças estruturais e morfológicas no músculo *pectoralis major* limitou o aporte de oxigênio e de nutrientes, consequentemente afetando a qualidade.

KUTTAPAN (2013c), classificou os graus de estriação branca de 3 formas: a primeira onde há ausência de estrias, os peitos de frangos são considerados normais, a segunda,

ou moderada, as estrias não ultrapassam 1mm de espessura, e a terceira, a severa, as lesões ultrapassam 1 mm de espessura. O rendimento e idade superior dos frangos de corte estão ligados diretamente com o aumento do aparecimento dessas referidas lesões (KUTTAPAN *et al.*, 2013b). A presença de estriações brancas peitorais em frangos de corte tem sido relacionada a um maior rendimento de peito, peso de peito e dietas de alta energia (SANTIAGO, 2015).

Figura 1 – Classificação dos peitos conforme o grau da presença da miopatia *white striping*.



Fonte: Owens e Vieira (2012)

Algumas miopatias peitorais como deficiência de vitamina E e intoxicação por ionóforos se assemelham as descritas na lesão causada por *White striping*, no entanto, (KUTTAPAN *et al.*, 2012b) não associam as causas desta miopatia aos diferentes níveis de vitamina E e intoxicação por ionóforos. Essas alterações em formas de estrias no músculo do peito têm causado condenação do corte pelo Serviço de Inspeção Federal (SIF), o que gera prejuízos para os frigoríficos. Como não há categoria específica para essas alterações musculares, as carcaças são condenadas por aspecto repugnantes, miosites, visto que essa

alteração é visual. O artigo 172 do Regulamento e Inspeção Industrial de Produtos de Origem Animal - RIISPOA afirma que “carnes repugnantes” são assim consideradas e condenadas totalmente, as carcaças que apresentam mal aspecto, coloração anormal ou que exalem odores medicamentosos, excrementícias, sexuais ou outros considerados anormais (BRASIL, 1998).

Segundo FERREIRA (2014), existe certa subjetividade na condenação, a legislação não aborda esse tema de forma específica e fica a critério do fiscal de inspeção o descarte, gerando uma grande variação no percentual de condenação. Sendo que essas carnes seriam vendidas *in natura* no mercado, e acabam sendo utilizadas como subprodutos perdendo muito o seu valor comercial. Em países da Europa, assim como nos Estados Unidos, não há condenação de carcaças devido à presença de miopatias (VIEIRA, 2014).

Essa miopatia acomete aves com maior peso de abate e que a composição química é alterada nesses casos, porém pouco tem se estudado sobre o perfil bioquímico e enzimático desses peitos com estrias, fazendo-se necessário um estudo voltado para investigar esse assunto, somando a dados literários (MCKEE et al., 2010).

1.3 Alterações químicas e histopatológicas de músculos com a miopatia *White striping*

Mudalal *et al.* (2014) verificaram alteração da composição físico-química de carnes acometidas por diferentes graus da miopatia *White striping*. Os filés com estrias brancas apresentaram maior porcentagem de umidade, gordura intramuscular e colágeno total, e menor teor de proteína e cinzas em comparação com filés normais. Com o aumento da intensidade das estrias ocorreu a diminuição do conteúdo miofibrilar e sarcoplasmático e da solubilidade proteica, assim como aumento na perda por cozimento.

Os níveis de colágeno, gordura e umidade de carnes com níveis moderados e severos de *White striping* são crescentes, e o percentual de proteína diminui a medida que as miopatias aumentam de nível (SOGLIA *et al.*, 2016). Esses resultados se assemelharam ao que Baldi *et al.* (2018) encontrou na sua avaliação de peitos com lesão por *White striping* e *spaguetti*, além da diminuição do percentual de proteína, os percentuais de gordura e umidade estavam acima do normal. Esses filés de peitos apresentavam aspectos degenerativos, maior

conteúdo extra-fibrilar, e conseqüentemente uma redução da capacidade de retenção de água inferior.

1.4 Bioquímica muscular vs estresse oxidativo

As fibras musculares intermediárias ou mistas, também chamadas do tipo IIa, são formadas em sua maioria de fibras brancas cujo metabolismo é predominantemente anaeróbico. Além disso, apresentam uma capacidade oxidativa maior quando comparada aos outros tipos de fibras musculares (KIERSZENBAUM, 2004). Quanto as fibras do tipo IIb, esta tem metabolismo predominantemente anaeróbico (MINAMOTO, 2005). Às características dos tipos de fibras recrutadas prioritariamente no crescimento acelerado, sugere-se que exista uma elevação no conteúdo de ácidos (ácido lático e íons H⁺) formados dentro da fibra muscular, os quais são moléculas envolvidas na formação de espécies reativas ao oxigênio (EROs) e outros radicais livres. O crescimento acelerado de animais de alta performance demanda altas taxas de energia, uma das vias importante para obtenção de energia celular, é através da mitocondrial, e com isso, a demanda de oxigênio também aumenta, podendo levar a formação de EROs e radicais livres, (BRAND-WILLIAMS *et al.*, 1996), e que a constante exposição a esta condição, o estresse oxidativo estará elevado.

A produção de ERO participa de várias funções, como, lesões teciduais causadas por traumas, infecções, parasitas, radiações, hipóxia, toxinas e exercícios extremos, devido a um conjunto de processos como o aumento de enzimas envolvidas na formação de radicais, a ativação da fagocitose, liberação de ferro e cobre ou uma interrupção da cadeia transportadora de elétrons (ROCK *et al.*, 1996). Na medicina veterinária, o estresse oxidativo também tem sido relacionado com inúmeras afecções, como sepsis, mastite, enterites, pneumonia, doenças respiratórias e articulares (CELI, 2010). A mitocôndria é a principal fonte geradora de radicais livres, por meio da cadeia transportadora de elétrons, durante a produção de energia a partir da glicose e do oxigênio. Outra importante fonte geradora de radicais livres são as enzimas NADPH oxidases, que são proteínas de membrana que tem a função de transferir elétrons através das membranas celulares (BARBOSA *et al.*, 2010).

Um radical livre é um íon que possui um ou mais que um elétron livre na sua órbita externa. Essas partículas, formadas por elétrons livres ou não pareados tem uma instabilidade elétrica grande, e por esta razão, possuem meia vida curta, apresentam reatividade grande, o que pode acontecer com qualquer composto que esteja próximo, a fim de captar um elétron desse composto para sua estabilização, independentemente de ser uma molécula, uma célula, ou tecido do organismo, a partir do que, acontecem reações em cadeia de lesão celular (BARBOSA, 2010).

O oxigênio tem a sua atividade fundamental no metabolismo celular aeróbico. Deste modo, a formação de radicais livres pelo organismo em condições normais é inevitável, pois são necessários no processo de respiração celular que ocorre nas mitocôndrias das células, a fim de gerar o ATP (energia). Também os radicais livres, produzidos pelos macrófagos e neutrófilos (glóbulos brancos de defesa), são usados contra bactérias e fungos invasores do organismo, produzindo ação lesiva a estes microrganismos. Um elétron desemparelhado pode se associar com átomos isolados (HALLIWELL, 1987).

A produção dos ERO se dá primeiramente pelo o radical superóxido ($O_2^{\bullet -}$), que pode ser dismutado em peróxido de hidrogênio (H_2O_2) ou mesmo através de ação catalítica, pela atuação da enzima superóxido dismutase (SOD). No organismo existem duas SODs principais, uma citoplasmática, que é a CuZnSOD e outra, mitocondrial, que é a MnSOD, esta contendo manganês e aquela contendo cobre-zinco na mesma molécula (Halliwell & Gutteridge, 1989). Esse processo de produção e eliminação de radicais livres acontece a todo momento, e o organismo possui sistemas naturais de eliminação de radicais livres, enzimáticos ou não, produzindo a sua eliminação ou então impedindo sua transformação em produtos mais tóxicos para as células. O efeito prejudicial dos radicais livres ocorre quando eles estão em quantidade excessiva no organismo, ultrapassando a capacidade do organismo de neutralizá-los com os seus sistemas naturais. Os sistemas enzimáticos de defesa são compostos pelas seguintes enzimas: glutationa-peroxidase (que necessita do selênio), catalase, metionina-redutase e superóxido dismutase, as quais combatem, no organismo os seguintes radicais livres: peróxido de hidrogênio, superóxido, oxigênio single, íon hidroxila, óxido nítrico e óxido nítrico. Os antioxidantes não enzimáticos, em sua maioria são exógenos, ou seja, necessitam ser absorvidos pela alimentação apropriada. Os principais podem ser divididos em: vitaminas lipossolúveis (vitamina A vitamina E, beta-caroteno), vitaminas hidrossolúveis (vitamina C,

vitaminas do complexo B), e os oligoelementos (zinco, cobre, selênio, magnésio etc.), os bioflavonóides (derivados de plantas).

1.5 Antioxidantes

A produção excessiva de radicais livres no organismo é equilibrada pelos antioxidantes enzimáticos ou não enzimáticos (BARREIROS *et al.*, 2006), e podem ser definidos como qualquer substância que, quando presente em baixa concentração comparada à do substrato oxidável, regenera o substrato ou previne significativamente a sua oxidação (HALLIWELL *et al.*, 2000). Existem três sistemas enzimáticos antioxidantes de defesa: o primeiro é formado por dois tipos de enzimas SOD (superóxido dismutase), que catalisam a desmutação do radical ânion superóxido $O_2^{\cdot-}$, convertendo-o em oxigênio e peróxido de hidrogênio (BABIOR, 1997). Segundo (BABIOR, 1997) existem duas formas de SOD no organismo, a primeira contém Cu^{2+} e Zn^{2+} , a segunda contém Mn^{2+} . O segundo sistema antioxidante é mais simples, sendo formado pela enzima catalase que atua na desmutação do peróxido de hidrogênio em oxigênio e água.

Segundo (BARREIROS *et al.*, 2006) o terceiro sistema é composto pela glutathiona (GSH) em conjunto com duas enzimas, a glutathiona peroxidase (GPx ou GSH-Px) e a glutathiona redutase (GR ou GSH-Rd), e a presença de selênio na enzima (seleno-cisteína). Esse sistema também catalisa a desmutação do peróxido de hidrogênio em água e oxigênio.

Quando se tem o desbalanço entre a quantidade de EROs e a produção de antioxidantes ocorre a instalação do quadro de estresse oxidativo. O grande desenvolvimento do músculo *Pectoralis major* do frango de corte, associado ao aumento da demanda energética e de oxigênio resultou numa maior produção de radicais livres, ativando assim, uma produção maior de enzimas antioxidantes, e o desbalanço entre a formação e de radicais livres e produção de enzimas antioxidantes, o que gera o estresse oxidativo.

1.6 Objetivos

1.6.1 Objetivo geral

Estudar os efeitos dos diferentes níveis de miopatia *White striping* sobre a composição química e o perfil bioquímico e histopatológico do músculo *Pectoralis major* de frangos de corte acima de 40 dias de idade,

1.6.2 Objetivo específico

- Classificar os peitos conforme o grau de estrias no músculo *Pectoralis major*.
- Analisar a composição química dos peitos.
- Avaliar histológica e bioquimicamente quais as possíveis alterações que ocorrem nos peitos.

2 CAPÍTULO II

MANUSCRITO

Os resultados desta dissertação são apresentados na forma de um manuscrito, com sua formatação de acordo com as orientações da revista ao qual será submetido:

Meat Science Journal - Elsevier

2.1 – MANUSCRITO

OXIDATIVE STRESS IN BROILER BREAST FILLETS WITH WHITE STRIPING MYOPATHY

Autores: Gleidson Biasi Carvalho Salles, Marcel Manente Boaigo, Aleksandro Schafer da Silva

De acordo com normas para publicação em:

Meat Science Journal - Elsevier

3.2 – MANUSCRITO

Oxidative stress in broiler breast fillets with white striping myopathy

Gleidson Biasi Carvalho Salles¹, Marcel Manente Boiago^{1*}, Anielen Dutra Silva², Vera Maria Morsch², Anderson Griss³, Ricardo Evandro Mendes³, Matheus D. Baldissera⁴, Aleksandro Schafer da Silva^{1,2}

¹ Department of Animal Science, Universidade do Estado de Santa Catarina, Chapecó, SC, Brazil

² Graduate Program in Toxicological Biochemistry and Molecular Biology, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, Brazil

³ Veterinary Pathology Laboratory, Instituto Federal Catarinense, Concordia, Brazil.

⁴ Graduate Program in Pharmacology, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brazil.

* Author for correspondence: mmboiago@gmail.com (M.M. Boiago).

ABSTRACT

White striping (WS) myopathy in broiler breast fillets is characterized by the presence of parallel white stripes in the same direction as the muscular fiber, commonly occurring in the pectoralis major muscle. WS is caused by high oxygen demand and, as result of reduction on endogenous antioxidants, generates increased free radical formation. The aim of this study was to evaluate whether broiler breast fillets with severe WS had elevated of levels oxidative stress. A total of 1500 male broiler chickens were divided in three groups: normal, moderate (stripes < 1 mm) and severe (stripes > 1 mm). We evaluated chemical composition (crude protein, percentage of lipids, minerals and total collagen) and parameters linked to oxidative stress, including reactive oxygen species (ROS), thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) and activities of glutathione peroxidase (GPx) and glutathione S-transferase (GST). Chicken breasts with severe WS showed muscular cells with small areas and diameters ($P<0.05$), as well as the presence of inflammatory cells. These chicken breasts also demonstrated higher percentages of humidity, fat, collagen, and smaller protein content than did breast samples in the control group. Breast samples with moderate and severe degrees of WS had higher ROS levels than did the control group, and animals with severe WS had higher TBARS levels. The activities of GST and GPx were higher ($P<0.0001$) in animals with moderate WS than those in the control group. Based on this evidence, chicken breasts with WS demonstrated imbalances of antioxidant/oxidant status, characterizing a state of oxidative stress.

Keywords: meat quality; glutathione peroxidase; hypereosinophilia.

1. INTRODUCTION

The increased production of high-quality protein from chickens, as well as market competitiveness have stimulated the search for improvement in poultry genetic stock. In particular, weight gain and food conversion have been improved in order to meet the human demand for chicken protein, altering histological and biochemical characteristics of muscular tissue, especially the pectoralis major muscle of broiler chickens, giving rise to myopathies (Kuttappan, et al.,20013c).

These myopathies affect meat quality, and may cause several degrees of white stripes in chicken breast that increase with age, weight and growth rate of the animals (McKee *et al.*, 2010; Petracci and Cavani, 2011; Kuttappan *et al.*, 2013b). White striping (WS) is characterized by presence of parallel visible white stripes in the same direction as the muscular fibers, commonly occurring in the pectoralis major muscle, but it can also occur in thigh muscle (Kuttappan *et al.*, 2013c).

WS is caused by increases in oxygen demands by mitochondria that favor an imbalance between formation and removal of free radicals resulting from reduction of endogenous antioxidants and increased formation of free radicals. This imbalance favors the appearance of lesions and creation of oxidative stress states in cells and tissues (Boerboom *et al.*, 2018). According to Navarro (1999), the cell membranes possess an elevated number of polyunsaturated fatty acids that are targets of free radicals, or reactive oxygen species (ROS). In these ways, the excessive formation of ROS stimulates the antioxidant defense system, particularly enzymes associated with glutathione metabolism such as glutathione peroxidase (GPx) and glutathione S-transferase (GST), that act to reduce the excessive content of free radicals. In this content, a study of biomarkers has stimulated studies associated with genetic enhancement in order to modulate or reduce these alterations and their negative consequences (Kuttappan *et al.*, 2013a). Therefore, the aim of this study was to evaluate the biochemical and histological profiles of chicken breast meat with various levels of WS in order to correlate this myopathy with oxidative stress states.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1. Sampling

A total of 1500 male broiler chickens used in this study were collected in an agro-industrial plant located in Chapecó (SC, Brazil), and were divided in three groups with 500 animals each according to the WS myopathy profiles, as follows: group A (normal breasts, without stripes); group B (moderate WS, stripes < 1 mm), and group C (severe WS, stripes > 1 mm), following screening parameters recommended by Kuttappan *et al.* (2013c). The samples were collected in the cutting room of the plant by previously-trained employees.

2.2 Physical-chemical analysis

The breast samples ($n = 15$ per group) were randomly evaluated for chemical composition, humidity, crude protein, percentage of lipids and mineral matter according to guidelines of the AOAC (2016). The total collagen content was measured according to the methodologies described by Woessner Junior (1961) and Cross *et al.* (1973). All parameters were performed in triplicate.

2.3 Biochemical analysis

Fifteen samples per group were randomly evaluated for thiobarbituric acid reactive substances (TBARS), reactive oxygen species (ROS) levels, glutathione peroxidase activity (GPx) and glutathione S-transferase (GST) activities. The muscle fragments were weighed and allocated into test tubes, where they were homogenized separately in Tris-HCl 10 mmol, pH 7.2 to measure oxidants and antioxidants. The samples were stored in tubes and frozen at $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ until analysis. All procedures described above were performed at $4\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Lipid peroxidation was determined according to Giampietro *et al.* (2008), measuring the malonaldehyde formed during the decomposition of lipid peroxides at 532 nm using a spectrophotometer. Compound 1,1,3,3-tetramethoxypropane (TMP) was used as the TBARS standard. The results were expressed as mg TMP/kg sample.

The oxidation of 2'-7'-dichlorofluorescein (DCFH) levels was determined in tissue homogenates as the index of peroxide produced by cellular components, according to the modified method described by Ali *et al.* (1992), and used to determine ROS levels. We incubated 10 μL of serum with DCFH (10 μL) 1 mM at $37\text{ }^{\circ}\text{C}$ during 1 h in the dark. The fluorescence was determined using 448 nm for excitation and 520 nm for emission. Fluorescence measurement was normalized for time, values and fluorescence rates (reflecting the levels of ROS). The results were expressed in U DCF/mg protein.

Tissue homogenate GST was determined spectrophotometrically according to the method described by Habig *et al.* (1974) and expressed in nmol Cdnb/h/mg protein. GPx in muscle was determined according to the method described by Paglia and Valentine (1967), that determines the oxidation of nicotinamide adenine dinucleotide phosphate (NADH). The enzymatic activity was expressed in nmol of oxidized NADPH/h/mg of protein.

Muscle fragments were collected and fixed in 10 % buffered formalin and embedded in paraffin. Tissue sections were stained with hematoxylin and eosin (HE) for histopathological examinations, and were evaluated using a light microscope.

First, the data were subjected to a normality test (Shapiro-Wilk). This test showed that the data had normal distribution, and therefore parametric statistical analysis was chosen. The data were subjected to analysis of variance (ANOVA) followed by the Tukey test ($P < 0.05$). The analyses were performed using SAS statistical package (SAS Institute, Cary, NC, USA) with a significance level of 5% ($P < 0.05$).

3. RESULTS

A small area and diameter of muscle cells was observed in animals with severe WS (Figure 1A, B). Histopathological analysis from the control group (without WS) revealed isolated multifocal mild hypereosinophilia of fibers, associated with loss of striations, nuclear pyknosis and focal lymphoplasmacytic inflammatory infiltrates (Figure 2A). Chicken breast samples with moderate WS showed multifocal moderate hypereosinophilia of fibers, associated with loss of striations, nuclear pyknosis and phagocytosis of fibers, as well as mild lymphoplasmacytic inflammatory infiltrates and proliferation of mild-to-moderate fibrous connective tissue (Figure 2B). Chicken breast samples from severe WS showed isolated multifocal fibers with severe hypereosinophilia, associated with loss of striations, nuclear pyknosis and phagocytosis of fibers, as well as moderate lymphoplasmacytic inflammatory infiltrates, with formation of lymphoid follicles and proliferation of moderate fibrous connective tissue (Figure 2C).

Contents of lipids, humidity and total collagen were higher in chicken breasts with severe WS than in the control group, while the percentage of crude protein and mineral matter were lower (Table 1).

ROS levels were higher in chicken breasts with moderate and severe WS than in the control group, while the TBARS levels were higher only in the severe WS group. GPx activity was higher in chicken breasts with moderate WS than in the control group, while this activity was lower in the severe WS group than in the control group. Finally, GST activity was higher in chicken breasts with moderate and severe WS than in the control group (Table 2).

4. DISCUSSION

In the present study, we observed that chicken breasts with WS myopathy showed several alterations in terms of composition, as well as alterations linked to oxidative stress and tissue changes. The decrease in area and diameter of muscle cells can be linked to pathophysiological responses due to muscular degeneration, myopathic alterations, lysis of fibers, insertion of collagen and lipids, and the presence of inflammation, in accordance to findings reported by Kuttapan *et al.* (2013a). Chicken breasts with WS myopathy showed inflammatory and structural alterations, occurring because of recruitment of neutrophils and macrophages in areas with muscular lesions (Paglia *et al.*, 1967), because these cells act in damaged tissues during myopathies (Barbosa *et al.*, 2010; Baldi *et al.*, 2018). In agreement with our observations, Kuttapan *et al.* (2013a) demonstrated several histopathological alterations during moderate and severe WS, including mononuclear cell infiltration, lipodosis, interstitial inflammation, fibrosis, polyphasic lesions, floccular/vacuolar degeneration and lysis of fibers. Furthermore, these authors demonstrated that the incidence of lesions was associated with changes in meat composition, explaining the alterations in meat quality observed in the present study; this was in agreement with findings reported by Baldi *et al.* (2018). Recently, a study conducted by Soglia *et al.* (2018) revealed that the pectoralis major muscle of turkeys affected by WS showed higher contents of lipids and collagen, in agreement with the observations in the present study. According to these authors, this effect occurred because of complete reorganization of skeletal muscle involving the proliferation of connective tissue and fat infiltration, augmenting collagen and lipid deposition in chicken breasts.

ROS levels were higher in chicken breasts with moderate and severe WS myopathy, indicating an excessive formation of free radicals, in agreement with observations reported by Abasth *et al.* (2016) in chickens with wooden breast myopathy. According to these authors, this condition may be related to higher oxygen consumption by mitochondria owing to increased metabolic activity in breast muscle. According to Cesaratto *et al.* (2004), the excessive production of free radicals, mainly ROS, damages important macromolecules such as lipids and proteins, as evidenced in this study by augmentation of TBARS levels, indicating lipid damage. Lipids, primarily polyunsaturated fatty acids, are sensitive to oxidation by free radicals, forming MDA, and their accumulation in tissues is an important marker of extensive

free radical formation, oxidative stress and damage to cells and tissues (Rezaei and Dalir-Naghadeh, 2006).

The antioxidant defense system, including the enzymes GPx and GST, might be stimulated in order to remove or reduce the excessive formation of free radicals, consequently reducing tissue and cellular damage (El-Sayed *et al.*, 2015). In this study, a significant increase in GST activity was observed in chicken breasts with moderate and severe WS; this may be considered an attempt to reduce or remove excessive ROS formation, in agreement with observations reported by Abasth *et al.* (2016) in chickens with wooden breast myopathy. According to Sheehan *et al.* (2001), GST is a major phase II detoxification enzyme found mainly in cytosol, exerting an important role biochemical protection mechanism through scavenging and biotransformation of free radicals such as ROS. Thus, the augmentation of GST activity can be considered an attempt to remove excessive ROS formation during WS myopathy. Similarly, GPx activity was stimulated in chicken breasts with moderate WS, also observed in an attempt to remove the excessive production of free radicals, principally hydrogen peroxide (H_2O_2), because this enzyme transforms H_2O_2 into water and oxygen. Nevertheless, GPx activity was inhibited in chicken breasts with severe WS, indicating an impairment in the antioxidant defense system and less protection against the damaging effects of H_2O_2 (Cesaratto *et al.*, 2014). It is important to emphasize that the antioxidant defense system might be affected by an increase in free radicals, principally ROS. When the antioxidant defense system is unable to remove excess free radicals, the excess might affect the synthesis of antioxidant enzymes and may inhibit them (Winterbourne, 2015), explaining the inhibition of GPx activity in severe WS myopathy.

5. CONCLUSION

Chicken breasts classified as having severe WS showed high percentages of humidity, fat and collagen, as well as small contents of crude protein. The most important result was that WS myopathy affected oxidant/antioxidant status, causing an oxidative stress state, possibly explaining the severe histopathological damage observed in animals affected by WS myopathy. Therefore, chicken breasts with WS myopathy showed oxidative stress contributing to tissue alterations.

REFERENCES

Abasht B, Mutryn MF, Michalek RD, Lee RW. Oxidative stress and metabolic perturbations in wooden breast disorder in chickens. *PloS One* 11, e0153750, 2016.

Ali S.F., Lebel C.P., Bondy S.C., 1992. Reactive oxygen species formation as a biomarker of methylmercury and trimethyltin neurotoxicity. *Neurotoxicology*. 113, 637–648.

AOAC International, *Official Methods of Analysis 20th Edition* (2016). Since 1884, AOACINTERNATIONAL has ensured the ability of analytical scientists.

Baldi, G; Soglia, F; Mazzone, M; Sirri, F; Canonino, L; Babini, E; Laghi, L; Cavani, C; Petracchi, M. Implications of White striping and spaguetti meat abnormalities on meat quality and histological features in broilers. *Animal*. 2018 jan; 12(1):164-173.

Boerboom G, van Kempen T, Navarro-Villa A, Pérez-Bonilla A. Unraveling the cause of white striping in broilers using metabolomics. *Poult. Sci*. 2018 DOI:10.3382/ps/pey266.

Cesaratto L, Vascotto C, Calligaris S, Tell G., 2004. The importance of redox state in liver damage. *Annals of Hepatology* 2004;

El-Sayed YS, Lebda MA, Hassini M, Neoman SA, Chicory (*Cichorium intybus* L.) root extract regulated the oxidative status and antioxidant gene transcripts in ccl4 induced

hepatotoxicity, PloS One 10 (2015).

Giampietro A, Scatolini AM, Boiagio MM, Coró DMO, Souza HBA, Souza PA, Pizzolante CC. 2008. Estudo da metodologia de TBARS em ovos. J Avisite 13: 18.

Habig W.H., Pabst M.J., Jakob W.B., 1974. Glutathione S-transferases: The first enzymatic step in mercapturic acid formation. J. Biol. Chem. 249, 7130–7139.

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

Kuttappan, V. A. *et al*. Comparison of hematological and serological profiles of broiler birds with normal and severe degrees of white striping in breast fillets. Poultry Science, n 92, p. 339-345, 2013a.

Kuttappan, V. A. *et al*. Estimation of factors associated with the occurrence of white striping in broiler breast fillets. Poultry Science, n. 92, p. 811-810, 2013b.

Mckee S.; Bauermeister, L.; Morey, A.; Moran, E.; Singh, M.; Owens, C. Occurrence of White Striping in Broiler Breast Fillets in Relation to Broiler Size. In *Proceedings of the XIII European Poultry Conference* [CD-ROMs], Tours, France, August 2010; French Branch of World's Poultry Science Association: Tours, France, 2010.

Navarro, J.; Obrador, E.; Carretero, J.; Petschen, I.; Aviñó, J.; Perez, P; Estrela, J.M.; *Free Rad. Biol. Med.* 1999, 26 410.

Paglia D., Valentine W., 1967. Studies on the quantitative and qualitative characterization of erythrocyte glutathione peroxidase. *J. Lab. Clin. Med.* **70**, 158–169.

Sheehan D, Meade G, Foley VM, Dowd CA. Structure, function and evolution of glutathione transferases: implications for classification of non-mammalian members of an ancient enzyme superfamily. *Biochem. J.* 360, 1-6, 2001.

Soglia F, Baldi G, Laghi L, Mudalal S, Cavani C, Petracci M. Effect of White striping on turkey breast meat quality. *Animal* doi:10.1017/S1751731117003469, 2018.

Winterbourne, C.C., 2015. Are free radicals involved in thiol-based redox signaling? *Free Radic. Biol. Med.* 80, 164–170.

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

Table 1: Percentage of humidity (H), crude protein (CP), lipids (L), mineral matter (MM) and total collagen (TC) of breasts with various levels of WS myopathy.

Variables	Normal	Moderate	Severe	P value
H	73.75 ± 0.61 ^b	74.11 ± 0.21 ^b	75.13 ± 0.80 ^a	0.002
CP	22.97 ± 0.42 ^a	22.75 ± 0.10 ^a	21.54 ± 0.49 ^b	< 0.001
L	2.21 ± 0.20 ^b	2.24 ± 0.16 ^b	2.75 ± 0.26 ^a	0.0052
MM	1.44 ± 0.11 ^a	1.40 ± 0.07 ^a	1.28 ± 0.13 ^a	0.091
TC	0.250 ± 0.05 ^b	0.249 ± 0.10 ^b	0.352 ± 0.13 ^a	< 0.001

^{a, b} Different letters in the same line indicates significant difference between groups by Tukey test (P<0.05).

Table 2: Reactive oxygen species (ROS) and thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) levels, as well as glutathione peroxidase (GPx) and glutathione S-transferase (GST) activities of breasts with different levels of WS myopathy.

Variables	Normal	Moderate	Severe	P value
ROS	3.09 ± 1.29 ^b	6.14 ± 2.63 ^a	7.15 ± 2.69 ^a	< 0.001
TBARS	0.45 ± 0.10 ^b	0.50 ± 0.11 ^b	0.88 ± 0.182 ^a	0.0012
GPx	5.48 ± 1.79 ^b	7.85 ± 0.98 ^a	2.14 ± 1.02 ^c	< 0.001
GST	10.70 ± 1.63 ^b	17.04 ± 3.72 ^a	15.7 ± 3.64 ^a	<0.001

^{a, b} Different letters in the same line indicates significant difference between groups by Tukey test (P<0.05).

Note: ROS (U DCF/mg protein); TBARS (mg TMP/kg sample); GPx (NADPH/h/mg protein); GST (GST, nmol Cdnb/h/mg protein).

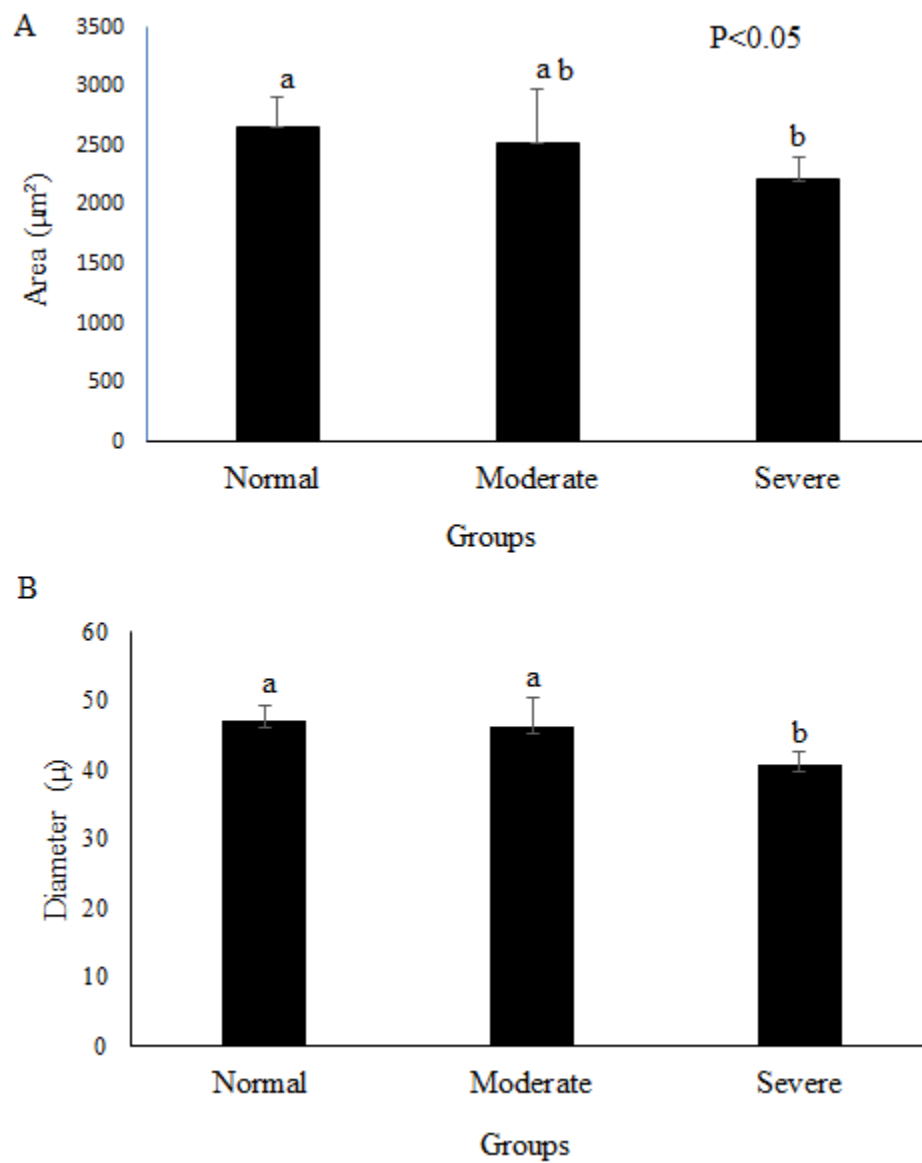


Figure 1: Area (A) and diameter (B) of chicken breast muscle with normal, moderate and severe white striping.

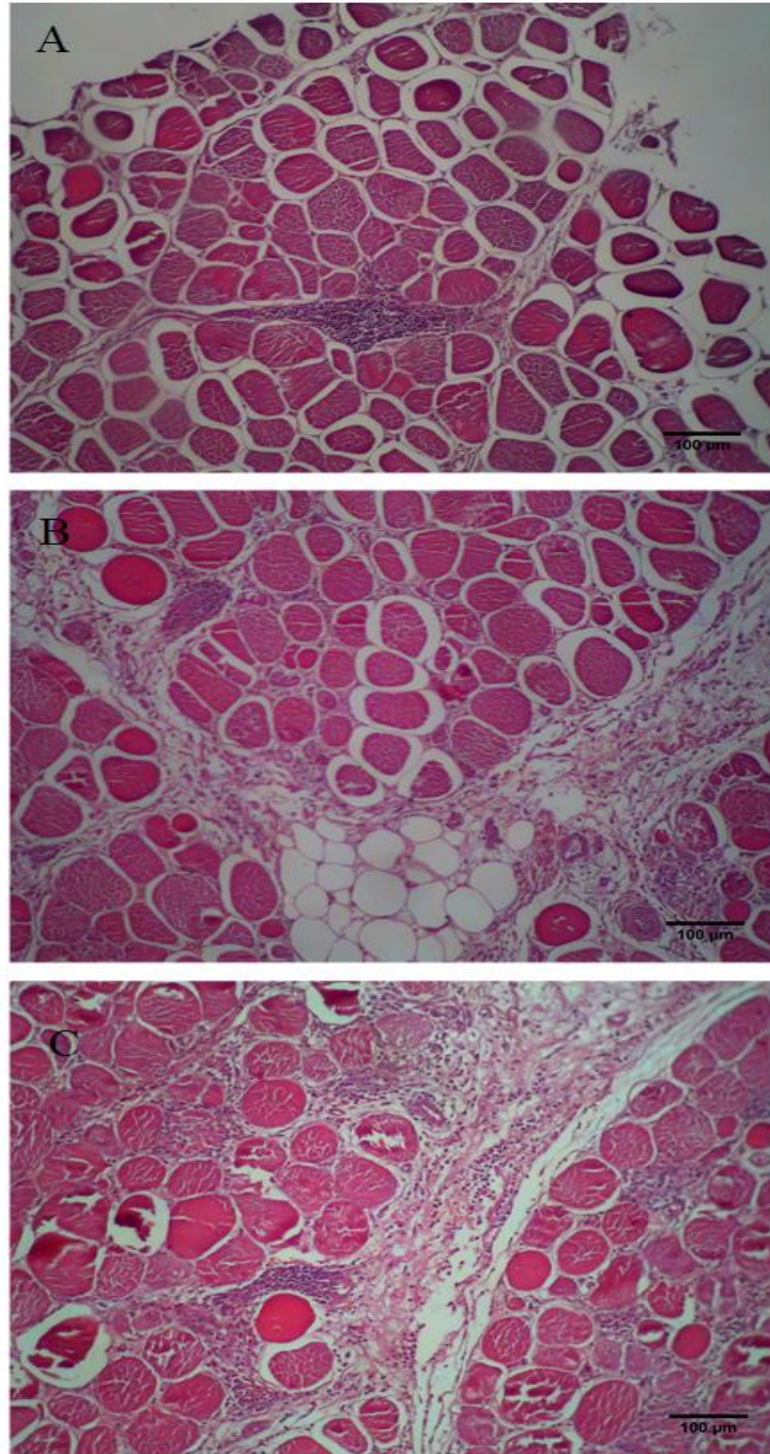


Figure 2: A (normal) – Focal extensive area of mononuclear inflammatory infiltrate (HE – 100x). B (moderate) – Multifocal areas of moderate multifocal mononuclear inflammatory infiltrates associated with eosinophilia and fragmentation of multifocal fibers and light fibrosis (HE – 100x). C (severe) - Multifocal areas of severe multifocal mononuclear inflammatory infiltrates associated with eosinophilia and fragmentation of multifocal fibers and moderate fibrosis (HE – 100x).

3 Referências (Cap I)

ABPA- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. Relatório Anual da ABPA 2018. São Paulo- SP. Disponível em: <<http://abpa-br.com.br/setores/avicultura/publicacoes/relatorios-anuais/2018>>. Acesso em: 23 Ago. 2018.

BABIOR, B. M. Superoxide: a two-edged sword. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, v. 30, p. 141-155, 1997.

BALDI, G; SOGLIA, F; MAZZONE, M; SIRRI, F; CANONINO, L; BABINI, E; LAGHI, L; CAVANI, C; PETRACCI, M; Implications of White striping and spaguetti meat abnormalities on meat quality and histological features in broilers. *Animal*. 2018 jan; 12(1):164-173. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28528595>> Acesso em: 20 Abr. 2018.

BARBOSA, K. B. F.; COSTA, N. M. B.; ALFENAS, R. de C. G.; PAULA, S. O. de; MINIM, V. P. R.; BRESSAN, J. Estresse oxidativo: conceito, implicações e fatores modulatórios. *Revista de Nutrição*, v. 23, n. 4, p. 629-643, 2010.

BARREIROS, A. L. B. S.; DAVID, J. M.; DAVID, J. P. Estresse oxidativo: relação entre gerações de espécies reativas e defesa do organismo. *Química Nova*, v. 29, n. 1, p. 113-123, 2006.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER M; BERSERT, C. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT – Food Science and Tehnology*, 1995, v. 28, n.1, p. 25-30.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Regulamento técnico da Inspeção Tecnológica e Higiênico-Sanitária de Carnes de Aves. Portaria nº.210, de 10 de novembro de 1998. Publicado no Diário Oficial da União de 26/11/1998, Seção 1, Página 226.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de origem Animal. Decreto nº 30.691, de março de 1952. Publicado no Diário Oficial da União de 07/07/1952, Seção 3, página 55.

CELLI, P. O papel do estresse oxidativo na saúde e produção de pequenos ruminantes. *Revista Brasileira de Zootecnia*, v. 39 (suplemento especial), p. 348-363, 2010.

FERREIRA, T. Z. Características histopatológicas da miopatia *white striping* de frangos de corte. 2012. 25f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Produção, Tecnologia e Higiene de Alimentos de Origem Animal) – Faculdade de Veterinária, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012. Disponível em: <www.lume.ufrgs.br/handle/10183/65931>. Acesso em 20 dez. 2017.

FERREIRA, T.Z. Estudo histomorfológico do músculo Pectoralis de frangos de corte acometidos com White striping. 2014, 77 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias) – Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade do Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2014.

HALLIWELL, B. & GUTTERIDGE, J.M.C. Free radicals in Biology and Medicine. Oxford: Clarendon Press, 1989, 543 p

HALLIWELL, B. Oxidants and human disease: some new concepts. *FASEB J.*, 1 ed., 1987, p. 358-364.

HALLIWELL, B.; CLEMENT, M. V.; LONG, L. H. Hydrogen peroxide in the human body. *Febs Letters*, v. 486, n. 1, p. 10-13, 2000.

Havenstein, G.B., Ferket, P.R., Qureshi, M.A. Growth, livability, and feed conversion of 1957 versus 2001 broilers when fed representative 1957 and 2001 broiler diets. *Poult. Sci.* 2003, 82: 10, 1500-1508.

HAVENSTEIN, G.B.; FERKET, P.R.; QURESHI, M.A. Growth, livability, and feed conversion of 1957 versus 2001 broilers when fed representative 1957 and 2001 broiler diets. *Poultry Science*, Champaign, v. 82, n.10, p. 1500-1508, Oct. 2003.

JOINER, K. S. Evolution of Capillary and Myofiber Density in the Pectoralis Major Muscles of Rapidly Growing, High-Yield Broiler Chickens During Increased Heat Stress. *Avian Diseases*, n. 58, v.3, p.382,2014.

KIERSZEMBAUM AL, *Histologia e biologia molecular. Uma introdução a patologia*. New York. Elsevier Editora Ltda 2004.

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

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

KUTTAPPAN, V. A. *et al*. Comparison of hematological and serological profiles of broiler birds with normal and severe degree of white striping in breast fillets. *Poultry Science*, n 92, p. 339-345, 2013a.

KUTTAPPAN, V. A. *et al*. Estimation of factors associated with the occurrence of white striping in broiler breast fillets. *Poultry Science*, n. 92, p. 811-810, 2013b.

KUTTAPPAN, V.A. *et al*. Estimation of factors associated with the occurrence of White striping in broiler breast fillets. *Poultry Science*, Champagnain, v.92, n.3, p.811-819, Mar, 2013a.

KUTTAPPAN,V.A; SHIVAPRASAD, H.L; SHAW, D.P; VALENTINE, B.A; HARGIS, B.M; CLARK, F.D; MCKEE, S.R; OWENS, C.M. Pathologic changes associated with white striping in broiler breast muscles. *Poultry Science Association Inc*. 2013. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/23300297>>. Acesso em: 30 Set. 2017.

LAWRIE, R.A. *Ciência da Carne*, 6 ed. Porto Alegre: Atrmed, 2005, 382p.

MACRAE, V.E. *et al*. A comparison of breast muscle characteristics in three broiler great-grandparent lines. *Poultry Science*, Champaign, v.86, n. 2, p. 382-385, Feb, 2007.

Mckee, S.; Bauermeister, L.; Morey, A.; Moran, E.; Singh, M.; Owens, C. Occurrence of White Striping in Broiler Breast Fillets in Relation to Broiler Size. In *Proceedings of the XIII European Poultry Conference [CD-ROMs]*, Tours, France, August 2010; French Branch of World's Poultry Science Association: Tours, France, 2010.

MINAMOTO VB. Classificação e adaptações das fibras musculares: uma revisão. *Fisioterapia e pesquisa* 2005; 12(3): 50-58.

MUDALAL, S; BABINI, E; CAVANI, C; PETROCCI, M. Quantity and functionality of protein fractions in chicken breast fillets affected by white striping. *Poultry Science Association Inc*.2014. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24902697>>. Acesso em: 22 Abr. 2018.

OWENS, C. M.; VIEIRA S. L. *Qualidade de carcaças de frangos de corte: uma avaliação a partir dos locais de produção*. 2.ed. São Paulo: Zimpro Corp, 2012.

PETRACCI, M.; BIANCHI, M.; CAVANI, C. The European perspective on pale, soft, exudative conditions in poultry. *Poultry Science*, Champaign, v. 88, n. 7, p. 1518–1523, 2009.

PETRACCI, M; Cavani, C. Muscle Growth and Poutry Meat Quality Issues. *Nutrients* 2012, 4,1-12

ROCK, C. L.; JACOB, R. A.; BOWEN, P. E. Update on the biological characteristics of the antioxidant micronutrientes: vitamin C, vitamin E, and the carotenoids. *Journal of the American Dietetic Association*, v. 96, p. 693-702, 1996.

SANTIAGO, G.O. Caracterização das principais lesões peitorais em frangos de corte. 2015, 34 f. Conclusão de curso (Medicina Veterinária) – Faculdade de Medicina Veterinária, Universidade do Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

SAS INSTITUTE. SAS user's guide: statistics. Release 8. 02. Cary, 1999.

SLATER, T.F. Free radical mechanisms in tissue injury. *Biochem. J.*, v.222, p.1-15, 1984.

SOGLIA, F; LAGHI, L; CANANICO, L; CAVANI, C; PETRACCI, M. Functional property issues in broiler breast meat related to emerging. *Food Research International* Volume 89, Part 3, November 2016, Pages 1071-1076. Disponível em: <<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996916301892?via%3Dihub>> Acesso em: 26 Dez. 2017.

UBABEF- União brasileira de Avicultura. Informe UBABEF: Dados do setor.2015.

VELLEMAN, S. G. Relationship of skeletal muscle development and growth to breast muscle myopathies: a review. *Avian Diseases*, Jacksonville, v. 59, n. 4, p. 525-531, 2015.

VIEIRA, S. L. Miopatias Tradicionais e Recentes em Frangos de Corte. 2014. Trabalho apresentado no 7. Encontro Técnico Unifrango, Maringá, 2014.

YANAGI, J. T. Inovações tecnológicas na bioclimatologia animal visando a aumento da produção animal: relação bem-estar animal x clima. *Infobibos: Informações Tecnológicas*, 2006. Disponível em: http://www.infobibos.com/Artigos/2006_2/ITBA/Index.ht. Acesso em: 20 setembro 2016.

BARBUT, S.; Sosnicki, A. A.; Lonergan, S. M.; Knapp, T.; Ciobanu, D. C.; Gatcliffe, L. J.; Huff-Lonergan, E.; Wilson, E. W. (2008), Progress in reducing the pale, soft and exudative (PSE) problem in pork and poultry meat. *Meat Science*, 79, 46-63.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A miopatia White striping é atualmente um desafio para as agroindústrias, pois causa consideráveis prejuízos. Estudos recentes confirmam que o elevado desempenho, principalmente em aves machos abatidos pesados são os principais fatores que contribuem para o surgimento dessa miopatia, e que a qualidade e a composição da carne também são comprometidas. O presente estudo permitiu compreender de forma mais clara as alterações bioquímicas e histológicas que ocorrem nos tecidos dos peitos acometidos pela miopatia em questão, o que oportunizará mais estudos que contribuirão para o desenvolvimento de técnicas de manejo para a diminuição da ocorrência dessa síndrome na cadeia avícola.