

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP CAMPUS DE
JABOTICABAL**

**CARACTERIZAÇÃO DA CARNE DO PEITO DE FRANGO
AMADEIRADO DURANTE O CONGELAMENTO POR 12
MESES**

Erick Alonso Villegas Cayllahua
Zootecnista

2020

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP CAMPUS DE
JABOTICABAL**

**CARACTERIZAÇÃO DA CARNE DO PEITO DE FRANGO
AMADEIRADO DURANTE O CONGELAMENTO POR 12
MESES**

Erick Alonso Villegas Cayllahua

Orientadora: Profa. Dra. Hrasilva Borba

Coorientadora: Dra. Juliana Lolli Malagoli de Mello

Dissertação apresentada a Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Zootecnia.

2020

C385c

Cayllahua, Erick Alonso Villegas

Caracterização da carne do peito de frango amadeirado durante o congelamento por 12 meses / Erick Alonso Villegas Cayllahua. -- Jaboticabal, 2020

41 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal

Orientadora: Hirasilva Borba

Coorientadora: Juliana Lolli Malagoli de Mello

1. Armazenamento. 2. Maciez. 3. Miopatia. 4. Qualidade da carne.
I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: CARACTERIZAÇÃO DA CARNE DO PEITO DE FRANGO AMADEIRADO DURANTE O CONGELAMENTO POR 12 MESES

AUTOR: ERICK ALONSO VILLEGAS CAYLLAHUA

ORIENTADORA: HIRASILVA BORBA

COORIENTADORA: JULIANA LOLLI MALAGOLI DE MELLO

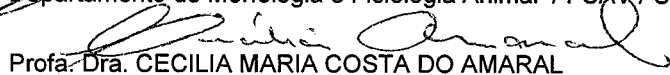
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em ZOOTECNIA, pela Comissão Examinadora:



Profa. Dra. HIRASILVA BORBA
Departamento de Tecnologia / FCAV / UNESP - Jaboticabal



Profa. Dra. LIZANDRA AMOROSO
Departamento de Morfologia e Fisiologia Animal / FCAV / UNESP - Jaboticabal



Profa. Dra. CECILIA MARIA COSTA DO AMARAL
Centro Universitário Barão de Mauá / Ribeirão Preto/SP

Jaboticabal, 27 de fevereiro de 2020

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

ERICK ALONSO VILLEGAS CAYLLAHUA, nascido no dia 18 de janeiro de 1994 em Lima, Perú, filho de Honorato Alonso Villegas Perez e Rosalia Adela Cayllahua Chancahuana. Ingressou no curso de Zootecnia em 2010 na Universidad Nacional Agraria la Molina, Lima, graduando-se em 2016, sob a orientação do prof. Dr Carlos Vilchez Perales. Em março de 2018 iniciou as atividades do curso de Mestrado na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Campus Jaboticabal, São Paulo, sob a orientação da Profa. Dra Hirasilva Borba, sendo bolsista CNPq e submetendo-se à defesa de dissertação em fevereiro de 2020.

Dedico a meu pai, mãe, meus irmãos pelo amor incondicional, por todo apoio e carinho depositados durante a minha vida, por serem o meu pilar e fonte de todo o meu esforço e dedicação.

Dedico

AGRADECIMENTOS

A meus Pais Honorato Alonso e Rosalia Adela, por ser meu alicerce e exemplos de superação, esforço e amor incondicional. São aqueles que me motivam sempre a buscar o melhor de mim. Sou eternamente grato por tudo que me proporcionaram até hoje, nunca vou parar de agradecer a Deus por ter me dado padres tão admiráveis.

A meus irmãos Karol, Joel e Rogger, por ser meus amigos e apoio de toda minha vida, aqueles que sempre tem algum motivo para me alegrar os dias e me motivar nos momentos difíceis, por me motivar a fazer meu mestrado no estrangeiro. São aqueles que me motivam sempre a buscar o melhor de mim. Sou eternamente grato por tudo que me proporcionaram até hoje e me sentir afortunado de ter a vocês.

A minha orientadora Prof^a Dr^a. Hirasilva Borba, agradeço por ter me aceitado como orientado. A senhora é um exemplo a qual me inspiro, sempre paciente e bem-humorada para ensinar. Conquista a todos com sua simplicidade e alto astral. Que nossa contribuição acadêmica continue, pois ainda há muito a aprender.

A minha coorientadora Juliana Lolli Malagoli de Mello, por ter contribuído com a metodologia do trabalho, enriquecendo-o. Você é uma pessoa extremamente competente e confiável sem a qual minha etapa no mestrado não seria o mesmo, tenho muita admiração por tudo que conquistou e ainda vai conquistar podendo ser considerado como um referente para mim. Com certeza. Obrigado por todo o companheirismo e amizade nesse tempo.

A todos do laboratório de LaORA, por todos os ensinamentos partilhados, pela paciência, pelo apoio que vocês me deram, sem vocês não teria conseguido avançar e melhorar na vida profissional e pessoal, adoro sua companhia e amizade, por ter me ajudado nestes momentos Daniel Dutra, Erika Cavalcanti, Juliana Lolli, Aline Giampietro, Amanda Macario, Fabio Borba, Davi Salvador, Fernanda Lopes, Heloisa Fidelis, Hirasilva Borba, Jose Sonogo, Maisa Santos, Mateus Roberto, Nivea Carneiro, Pedro Alves, Rodrigo Alves, Rodrigo Fortunato.

Aos meus amigos presentes no Perú, pelo apoio e amizade, e por ser esse tipo de pessoas que me motivam a ser cada vez melhor. Percebo cada vez mais que pouco importa o tempo e a distância na formação de laços. Erika Mateo, Erick Rojas, Efrain Zarate, Fernando Prado, Fiorella Rojas, Kari Yupanqui.

A toda minha família, por ter me apoiado sempre, estando nos momentos mais importantes de minha, celebrando cada vitória comigo, e sabendo que muitas vezes a distância não tem importância quando o afeto é grande.

À Universidade Estadual Paulista – UNESP, Campus de Jaboticabal, pela minha formação como Mestre.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico CNPq, pela bolsa de estudo concedida (nº do processo: 131748/2018-1).

À todos os professores pela contribuição à minha formação profissional.

E por fim, a todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para essa etapa da minha vida.

AGRADEÇO!

SUMÁRIO

	Página
RESUMO	v
ABSTRACT.....	vi
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DA LITERATURA	2
2.1 Miopatia Peito de Madeira.....	2
2.2 Qualidade da carne.....	5
2.3 Congelamento <i>versus</i> qualidade de carne.....	8
3. OBJETIVOS	11
4. MATERIAIS E MÉTODOS	11
4.1 Local e período e coleta das amostras	11
4.2 Classificação das amostras segundo o grau de severidade da miopatia peito de madeira.....	12
4.3 Coleta das amostras.....	13
4.4 Análises físicas.....	14
4.5 Análises químicas.....	15
4.6 Análises microbiológicas.....	18
4.7 Delineamento experimental.....	18
4.8 Análises estatística.....	19
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
6. CONCLUSÕES	34
7. REFERÊNCIAS.....	34

CARACTERIZAÇÃO DA CARNE DO PEITO DE FRANGO AMADEIRADO DURANTE O CONGELAMENTO POR 12 MESES

RESUMO: Este estudo foi desenvolvido com o objetivo de caracterizar as possíveis variações da qualidade da carne de peito de frango amadeirado durante o congelamento por 12 meses, de modo a comprovar se há possibilidade de armazenar esse tipo de carne durante o tempo preconizado nas embalagens sem que haja alteração de qualidade que possa comprometer o consumo. Foram utilizadas em total 300 amostras, sendo 40 amostras acometidas por peito de madeira (graus moderado (n=20) e severo (n=20) e também amostras classificadas como normais (n=20) (ausência da miopatia – grupo controle) de frangos machos da linhagem Cobb 500, abatidos aos 42 dias de idade. Parte das amostras (n=60; n=20 para cada grau de severidade) foi analisada no dia da coleta (início). As demais amostras (n=120) foram armazenadas (-18°C) por até 12 meses. Ao final de cada período de congelamento proposto (3, 6, 9 e 12 meses) foram realizadas as análises físicas e químicas. Foram avaliadas cor, pH, capacidade de retenção e água, perda de peso por cozimento, maciez, oxidação lipídica, composição química, concentração de colesterol, colágeno, análise microbiológica. Houve interação significativa ($p < 0.05$) entre os graus de miopatia e tempo de armazenamento para as variáveis de intensidade de amarelo, colágeno total e insolúvel, volume de exsudato, oxidação lipídica e concentração de colesterol. Além disso, houve uma redução dos percentuais de capacidade de retenção de água, cinzas e proteína, acompanhados de aumento de valores de perdas por cozimento, intensidade de vermelho, lipídeos totais, colágeno, colesterol e oxidação lipídica com o aumento de grau de severidade da miopatia e também com o decorrer do tempo. Com relação aos valores de pH e luminosidades houve um aumento conforme ao grau da miopatia, mas houve uma diminuição destes valores ao longo do armazenamento. A qualidade físico-química das amostras acometidas pelo peito de madeira é alterada durante o armazenamento por doze meses, o que resulta, provavelmente, em maior perda nutricional e de propriedades sensoriais e tecnológicas importantes para o consumidor, diante dos resultados obtidos, não é recomendável que tais amostras sejam comercializadas na forma de filés, mas podem ser aproveitadas para a fabricação de produtos processados, deste que suas deficiências (nutricionais e tecnológicas) sejam compensadas nas formulações dos produtos. As análises microbiológicas apontam que a carne de peito amadeirado estocada por até 12 meses sob congelamento, ainda que não apresente *Salmonella* ou coliformes, pode apresentar *Staphylococcus spp.* em quantidades que poderiam significar risco à saúde pública.

Palavras-chave: armazenamento, maciez, miopatia, peito de madeira, qualidade da carne

Characterization of wooden chicken breast meat during freezing for 12 months

Abstract: This study will be developed with the aim of studying the possible effects of the freezing for up to 12 months (validity period determined by the industry for frozen chicken meat) on the meat quality from broiler chickens affected by the different degrees of wooden breast myopathy, in order to verify if it's possible to store this meat during the time recommended in the packaging without there being a change of quality that could compromise the safe consumption. We used 60 samples affected by wooden breast (moderate (n = 20) and severe (n = 20)) and also samples classified as normal (n = 20) (absence of myopathy - control group) of male broilers Cobb 500, slaughtered at 42 days of age. Part of the samples (n = 60; n = 20 for each degree of severity) was analyzed on the day of collection (beginning). The remaining samples (n=120) will be stored (-18 °C) for up to 12 months. At the end of each proposed freezing period (3, 6, 9 and 12 months), physical and chemical analyzes will be carried out. Color, pH, water holding capacity, cooking loss, tenderness, lipid oxidation, chemical composition, cholesterol concentration, total, soluble and insoluble collagen, microbiologic analyses. There was a significant interaction ($p < 0,05$) between the degrees of myopathy and storage time for the variable's intensity of yellow, total and insoluble collagen, exudate volume, lipid oxidation and cholesterol concentration. In addition, there was a reduction in the percentages of moisture, ash and protein retention capacity, accompanied by increased values of cooking losses, red intensity, total lipids, collagen, cholesterol and lipid oxidation with increasing severity. myopathy and also over time. Regarding pH and luminosity values, there was an increase according to the degree of myopathy, but there was a decrease of these values during storage. The physical-chemical quality of the samples affected by the wooden breast is altered during storage for twelve months, which probably results in greater nutritional loss and sensory and technological properties important for the consumer in view of the results obtained, it is not recommended that such samples be sold in the form of fillets, but they can be used to manufacture processed products, so that their deficiencies (nutritional and technological) are compensated for in the formulations of the products. Microbiological analyzes indicate that wooden breast meat stored for up to 12 months under freezing, even if it does not contain *Salmonella* or coliforms, may have *Staphylococcus spp.* in quantities that could pose a risk to public health.

Key words: meat quality, myopathy, storage, tenderness, wooden breast

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Luminosidade (L*), intensidade de vermelho (a*) e de amarelo (b*) das superfícies externa e interna da carne do peito de frango amadeirado, armazenado por 12 meses sob congelamento.....	20
Tabela 2. Desdobramento da interação entre o grau de severidade da miopatia e tempo de armazenamento sob congelamento para a intensidade de amarelo (b*) das superfícies externa e interna da carne do peito de frango amadeirado.....	21
Tabela 3. pH, capacidade de retenção de água (CRA), perda de peso por cozimento (PPC) e força de cisalhamento (FC) da carne do peito de frango amadeirado, armazenado por 12 meses sob congelamento.....	22
Tabela 4. Desdobramento da interação entre o grau de severidade da miopatia e tempo de armazenamento sob congelamento para a perda por cozimento da carne do peito de frango amadeirado.....	24
Tabela 5. Concentrações de colágeno insolúvel, solúvel e total da carne do peito de frango amadeirado, armazenado por 12 meses sob congelamento.....	25
Tabela 6. Desdobramento da interação entre o grau de severidade da miopatia e tempo de armazenamento sob congelamento para as concentrações de colágeno solúvel e de colágeno total da carne do peito de frango amadeirado.....	26
Tabela 7. Volume de exsudato e concentração de proteína solúvel (PS) no exsudato produzido pela carne de peito de frango amadeirado, armazenada por 12 meses.....	27
Tabela 8. Desdobramento da interação entre o grau de severidade da miopatia e tempo de armazenamento sob congelamento para a variável volume do exsudato da carne do peito de frango amadeirado.....	28

Tabela 9. Composição química (umidade, matéria mineral, proteína e gordura) da carne do peito de frango amadeirado, armazenado por 12 meses.....	29
Tabela 10. Concentração de colesterol total e oxidação lipídica segundo o Teste de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) da carne do peito de frango amadeirado, armazenado por 12 meses sob congelamento..	31
Tabela 11. Desdobramento da interação entre o grau de severidade da miopatia e tempo de armazenamento sob congelamento para as variáveis oxidação lipídica segundo o Teste de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) e concentração de colesterol.....	32
Tabela 12 Contagem de coliformes totais e termotolerantes (NMP/g) <i>Staphylococcus spp.</i> e avaliação da presença de <i>Salmonella spp.</i> na carne do peito de frango amadeirado, armazenado por 12 meses sob congelamento.....	33

1. INTRODUÇÃO

Atualmente o setor avícola brasileiro está em segundo lugar no ranking mundial de produção de carne de frango, com uma produção de 12,86 milhões de toneladas de carne em 2018 (ABPA, 2019). Além disso, o Brasil foi o maior exportador mundial de carne de frango em 2018, com 4,1 milhões de toneladas de carne exportadas (ABPA, 2019). O consumo de carne de frango em 2018 no Brasil foi de 41,99 kg/habitante (ABPA, 2019) e há tendência de aumento em detrimento ao consumo de carne vermelha, possivelmente vinculado aos baixos preços da carne de frango, quando comparado ao da carne vermelha, tornando-a, assim, economicamente mais acessível ao consumidor de baixa renda, além do forte apelo comercial ao consumo de carne branca como alternativa saudável ao da carne vermelha.

A evolução na produção de carne de aves permitiu grande diversificação de produtos, com maior elaboração de itens de conveniência, praticidade e valor agregado. Devido à maior demanda por carne de frango, o mercado tem que constantemente se adaptar para conseguir melhores índices de produtividade, graças ao melhoramento genético, utilizado para selecionar linhagens de alto potencial de crescimento (Kuttappan et al., 2013). Com isso, tem-se constatado a presença de lesões musculares, denominadas miopatias, em frangos de linhagens de desenvolvimento rápido e que são detectadas apenas no momento do abate destas aves.

Estes novos desafios à indústria, como o aparecimento de estrias esbranquiçadas e a miopatia “peito de madeira”, em diferentes graus de severidade, têm aumentado a necessidade de estudos sobre as alterações físicas, químicas e sensoriais que o progresso genético pode introduzir à qualidade da carne produzida. Qualquer condição que afete negativamente a aparência visual da carne resulta em perda econômica (Kuttappan et al., 2012b). A enorme mudança visual causada pelas miopatias na aparência da carne de peito de frango pode tornar a carne fresca e produtos derivados não comercializáveis (Galiropoulou,

2013), pois os abatedouros trabalham com a política de condenação de carcaças com lesões de etiologia desconhecida.

Lesões como a miopatia Peito de Madeira atuam como potenciais desvantagens para a aceitação do consumidor e intenção de compra da carne de aves. A miopatia peito de madeira é caracterizada por conferir dureza ao peito notável à palpação, produção de exsudado mucoso, petéquias e estrias brancas, bem como áreas com feixes musculares separados, particularmente dentro das camadas profundas do músculo. Estas lesões não se limitam em afetar negativamente as características visuais do peito, como também diminui o rendimento do produto durante o processamento, o que também resulta em perda econômica à indústria e ao produtor.

A causa desta afecção ainda não está clara, mas é uma realidade que está afetando a avicultura brasileira por ter impacto negativo na produção de aves comerciais. Diante deste cenário e de outras pesquisas em desenvolvimento, que visam avaliar as características dos cortes acometidos pela miopatia acima citada, este estudo propõe caracterizar as possíveis variações da qualidade da carne de peito de frango amadeirado durante o congelamento por 12 meses, para comprovar se há possibilidade de armazenar esse tipo de carne congelada nas embalagens sem que haja alteração de qualidade que comprometa o consumo.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 MIOPATIA PEITO DE MADEIRA

Peito de madeira é uma das miopatias recentemente encontradas em filés de peito de frango. Caracterizada por coloração pálida, áreas edemaciadas, endurecidas e hemorrágicas, cuja incidência é diária nos abatedouros (Mudalal et al., 2014). O músculo afetado é caracterizado estruturalmente por presença de vários graus de necrose das fibras, fibrose, lipidose, presença de pequenas fibras regenerativas, deposição de colágeno fibrilar extenso e infiltração de células imunes (Sihvo et al., 2014; Velleman e Clark, 2015). A causa da miopatia ainda não

está definida, no entanto, há possibilidade de que sua ocorrência seja em função da seleção genética para crescimento de frangos de corte, rápida taxa de crescimento das aves e, conseqüentemente, aumento do rendimento de peito (Sihvo et al., 2014). A fim de atender a maior demanda do mercado por carne de frango, a indústria avícola seleciona de aves com alta taxa de crescimento e produção de híbridos para maior acúmulo de massa muscular e com melhor conversão alimentar o que resulta, por exemplo, em frangos de corte com músculo peitoral dez vezes maior que aqueles comercializados em 1955 com a mesma idade de abate (Collins et al., 2014). Outra pesquisa (Petracci et al., 2015) relatou que em comparação com as aves produzidas no ano 2005, a seleção genética contínua de frangos de corte resultou em aumento de cerca de 5% do rendimento de carne de peito no ano 2015.

Embora o mecanismo pelo qual as altas taxas de crescimento em frangos de corte modernos desencadeiem as miopatias ainda não seja conhecido, aves mais pesadas têm maior incidência de afeções musculares (Lorenzi et al. 2014), o que as tornam importante objetivo de pesquisa, uma vez que o peito é o corte de maior valor comercial da carcaça de frango (Kuttapan et al., 2012b). As pesquisas também indicam que os filés afetados são vendidos em outros países a preço reduzido ou utilizados para produtos processados e moídos, resultando em perdas econômicas consideráveis para a indústria de carne de frango (Petracci et al., 2015).

Mazzoni et al. (2015) observaram que frangos de corte pesados produzidos sob sistema intensivo apresentaram maior incidência de miodegeneração (Peito de madeira), o que influenciou a composição química e a capacidade de retenção de água da carne. Sihvo et al. (2014) ao investigarem lesões macroscópicas e histológicas em carne de aves da linhagem Ross-508 acometidas pela miopatia Peito de Madeira observaram que as alterações estavam restritas ao músculo *Pectoralis major* o qual apresentava coloração pálida e aparência endurecida, além de apresentar, em conjunto, áreas com estrias brancas (Figura 1B). Em amostras afetadas o número de fibras musculares foi reduzido e diferentes tamanhos de fibras musculares foram encontrados, tendo sido substituídas por tecido conjuntivo em algumas regiões (Figura 1).

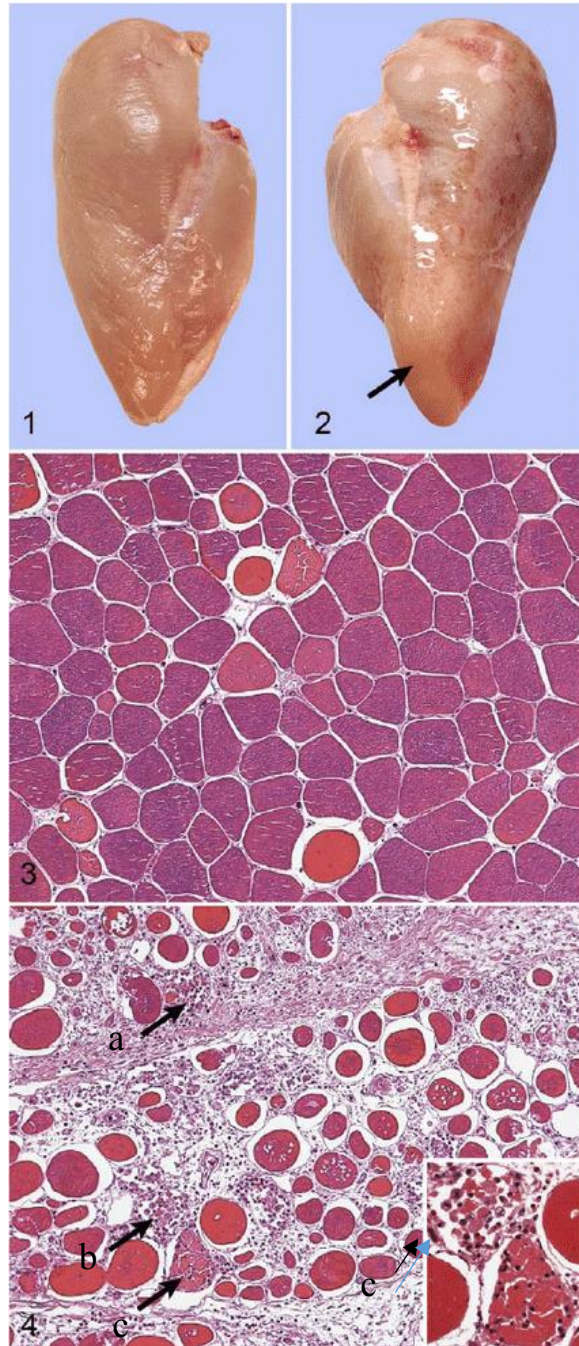


Figura 1. 1) Aspectos macroscópicos da carne de peito de frango Normal (2) e como grau severo de Peito de Madeira (PM). 3) Fotomicrografia por coloração de seções transversais do musculo peitoral de frango classificada como Normal (N) apresentando fibras musculares poligonais de um caso de controle estão bem compactadas e relativamente uniformes em tamanho em comparação com amostras provenientes de amostras acometidas pelo Peito de Madeira no grau severo (4), que apresentam um número de fibras musculares reduzido, são de tamanhos variados e arredondadas; a) e b) Indicam presença de infiltrado inflamatório c) indicam seção transversal de fibra muscular degenerada (Sihvo et al., 2014).

Em pesquisa recente realizada na Europa, Dalle Zotte et al. (2017) avaliaram os efeitos da severidade sobre alguns atributos relacionados à qualidade da carne e observaram que houve diferença significativa quanto ao peso dos filés (maior em carcaças acometidas), área de seção transversal (espessura maior em carcaças acometidas), pH (mais alto em carcaças acometidas), perdas por cozimento (maior perda em carcaças acometidas) e cor (carne pálida, menos vermelha e mais amarelada em carcaças acometidas), quando comparados a filés considerados normais. Estes mesmos autores, no entanto, verificaram que, apesar da dureza detectável à palpação, os resultados de força de cisalhamento não foram afetados ($p < 0,05$) pela miopatia.

2. 2. QUALIDADE DA CARNE:

Pode-se definir qualidade da carne como ao conjunto de atributos relacionados com apresentação, composição do produto, inocuidade e valor nutritivo. Entre os parâmetros que determinam a qualidade da carne e que podem ser avaliados instrumentalmente estão incluídos a cor, o quanto a carne é fresca e sua maciez, que são os principais componentes da satisfação do consumidor e a maior ênfase comercial dos processadores de frango (Kumar et al., 2007).

A maciez, considerada como um dos atributos mais importantes que determinam a satisfação dos consumidores (Morgan et al., 1991), é definida como a dificuldade ou facilidade com que a carne pode ser mastigada ou cortada (Hui et al., 1996). Está diretamente relacionada com as estruturas miofibrilares e conjuntivas do músculo, podendo ser influenciada por fatores como espécie, raça, sistema de produção, sistema de refrigeração, sistema de congelamento, maturação, características do tecido conjuntivo, entre outros. O método de cocção também pode afetar a maciez, sendo que o cozimento sob alta temperatura pode resultar no endurecimento, enquanto a cocção prolongada pode aumentar a maciez da carne caso presente alta concentração de colágeno solúvel (Junqueira e Carneiro, 2004; Powell et al., 2000). A determinação da maciez pode ser feita por métodos objetivos, utilizando equipamentos como o texturômetro, por exemplo, que

registra força necessária para cortar uma seção de transversal de carne, em que quanto maior a força registrada mais dura é a carne; e utilizando métodos subjetivos como análise sensorial ou teste de aceitação baseados em respostas de grupos de pessoas treinadas, ou não, que classificam a carne em relação à maciez após terem provado as amostras (Alves et al., 2005).

A capacidade de retenção de água, é a característica da carne de manter sua umidade quando empregadas forças externas (Van Laak, 1999), também é uma característica de qualidade da carne que não deve ser negligenciada porque está diretamente associada ao rendimento do produto. Os fatores intrínsecos que podem influenciar a capacidade de retenção de água são, por exemplo, o tipo de músculo, a idade e a linhagem da ave; já os fatores extrínsecos podem ser a alimentação, o estresse do animal no pré-abate e, finalmente, as condições pós-abate (Sañudo, 1992). Quando a carne apresenta menor capacidade de retenção de água, a perda de exsudato (conformado por água, proteína, minerais e vitaminas hidrossolúveis) e, conseqüentemente, a perda de peso, são maiores durante o armazenamento (Pardi et al., 1993).

São muitos os fatores que podem influenciar o pH: fatores *ante-mortem* e *post-mortem*. (De Huidobro et al., 2003). Estão principalmente relacionados ao estresse pré-abate, causado por manejo inadequado (Amtmann et al., 2006). No caso dos frangos, o pH inicial do músculo vivo é próximo a 7,2 e vai diminuindo durante o tempo *post-mortem* até apresentar um pH final entre 5,7 e 5,9, valores fora desta faixa indicam uma possível queda na qualidade da carne.

A cor dos filés de peito cru também pode ser importante contribuinte para a aceitação do consumidor, especialmente no caso do peito de frango pois que a maioria dos filés de peito é vendida sem pele (Lyon e Lyon, 2001; Sañudo, 2004). O sistema de representação de cor mais utilizado é o CIE $L^*a^*b^*$ que foi desenvolvido pela CIE (CIE, 1986). Este sistema é um modelo tridimensional que utiliza coordenadas tri cromáticas: L^* (Luminosidade), a^* (intensidade de vermelho) e b^* (intensidade de amarelo). Os valores de cor vão depender de diversos fatores como a concentração de pigmentos hemínicos (principalmente a mioglobina que é o pigmento de músculo) (Berriain et al., 2009), a quantidade de gordura, da estrutura do músculo, sendo esta última ligada ao pH. Descoloração pode ocorrer durante o

congelamento, o que pode aumentar o desenvolvimento de metamioglobina resultando em coloração marrom (Van Laack, 1994; Coggins e Chamul, 2004).

A oxidação lipídica é a principal forma de deterioração dos produtos cárneos depois da deterioração microbiana, sendo a principal causadora da perda da qualidade alterando sabor, maciez, valor nutritivo e cor (Gray et al., 1996, Shahidi, 2002; Soyer et al., 2010). A queda da qualidade nutricional é devido à destruição parcial dos ácidos graxos insaturados essenciais (linoleico e linolênico); destruição parcial de outros lipídios insaturados como os carotenoides e tocoferóis; destruição parcial das vitaminas A e C; esta oxidação é induzida pela geração de radicais livres e resulta em formação de produtos secundários como malonaldeído e óxidos de colesterol, e de compostos oriundos da reação de Maillard, capazes de reagir com biomoléculas, especialmente proteínas, diminuindo sua absorção; e formação de lipídios oxidados que são antagonistas de diversos nutrientes (Kirk, 1984; Kanner, 1994; Morrisey et al., 1998).

As taxas e a extensão da oxidação lipídica em carne parecem ter influência de outros fatores relacionados ao abate e ao processamento das carnes (pH, temperatura da carcaça, técnica de maturação da carne, estresse) (Min e Ahn, 2005), além dos fatores que influenciam a oxidação durante longos períodos de estocagem que influenciam a composição dos ácidos graxos e colesterol (Baggio e Bragagnolo; 2006).

O tecido conjuntivo contribui para a redução da maciez da carne e é constituído por duas frações: colágeno e a elastina (Swatland e Findlay, 1997), sendo o colágeno o principal componente do tecido conjuntivo, e está presente nos ossos, pele e nos músculos.

O aumento na taxa específica de colágeno nas carnes vai tender reduzir o número absoluto de aminoácidos essenciais desequilibrando seu balanço, diminuindo a qualidade da proteína (Quang e Zarkadas, 1989), observando casos os quais elevados teores de colágeno geram carnes inaceitavelmente duras, diminuindo a qualidade do produto devido à redução da maciez e do valor nutricional (Steinharth et al., 1994).

2. 3. CONGELAMENTO *VERSUS* QUALIDADE DA CARNE:

Um dos processos de conservação mais eficientes para manter a qualidade da carne ao longo prazo é o congelamento, resultando em alterações mínimas nas propriedades qualitativas e sensoriais do alimento (Hendrick et al., 1989). O processo de congelamento se originou desde a pré-história quando os habitantes das regiões glaciais usavam armazenar seus alimentos em locais de temperatura baixa com o objetivo de prolongar o tempo de consumo (Jul, 1984). No uso de temperaturas baixas, a velocidade das reações químicas e biológicas tende a diminuir, por causa da redução da atividade de água presente na carne e, com isso, o tempo de prateleira tende a ser maior (Fennema et al., 1973).

Contudo, antes do processo de congelamento, a indústria promove o resfriamento da carne tendo por objetivo a remoção do calor sensível até atingir a temperatura considerada ideal para este tipo de produto, igual ao ponto de congelamento da água pura (0°C); este processo é fundamental para a manutenção da sua qualidade final (Becker et al., 1999).

O processo de congelamento industrial ocorre através da passagem da carne por um túnel que proporcionará a queda da temperatura para -18°C, ou temperatura inferior, em um curto espaço de tempo, sendo que este processo cristalizará a água e alguns solutos presentes nesta carne (Robertson, 1992). No processo de cristalização, ocorre a cristalização de parte da água livre, resultando assim, no aumento da concentração dos solutos presentes na solução, gerando a queda no ponto de fusão, logo, a quantidade de gelo e água neste processo estarão vinculadas intrinsecamente aos valores de temperatura (Becker et al., 1999). Além disso, este processo, gera alterações no pH devido ao aumento da concentração do soluto no interior celular (Neves et al., 1991). Em seguida se inicia a segunda fase da cristalização, que consiste no crescimento dos cristais formados inicialmente, sendo que este segundo momento abarca a incorporação de moléculas de água aos núcleos.

Durante um congelamento lento (cristalização lenta) as moléculas de água se aderem à superfície dos cristais diminuindo a temperatura dessas moléculas até

uma temperatura de estabilidade para sua incorporação ao cristal, sendo que, esta taxa de crescimento pode variar de acordo com a concentração e tipo de soluto presente no alimento. Em produtos que passam por um período prolongado de congelamento, nota-se um considerável encolhimento das células e a formação de cristais de gelo no meio extracelular (Colla et al., 2003).

O processo de congelamento da carne de frango ocasiona possíveis alterações das características físicas do produto final; no entanto, é de grande importância, por diminuir a velocidade de deterioração microbiana, enzimática ou por algum agente químico, proporcionando assim um maior tempo de prateleira do produto cárneo (Ben, 1999). Essa queda da velocidade de deterioração é devida às características empíricas dos microrganismos presentes nas carnes, pois estes se desenvolvem em um intervalo de temperatura de -5°C a -8°C . Além disso, podemos citar alguns fatores que prejudicam o desenvolvimento dos microrganismos, submetidos a temperatura de -18°C , que são: danos mecânicos às paredes celulares e membranas devido à formação de cristais de gelo no interior de suas células; com a formação de gelo, há perda do balanço eletrolítico; além disso, o gelo gera a ruptura das paredes celulares e membranas, devido à compressão das membranas no interior das células (Geiges, 1996).

Alguns fatores podem influenciar a qualidade da carne de frango, sendo um deles a temperatura do tecido muscular durante o resfriamento pós-abate, pois irá influenciar a velocidade das reações bioquímicas ocorridas na carne, que possuem menor velocidade em temperaturas mais baixas (Venturini et al., 2007).

O grau de desnaturação proteica pode ser estudado para determinar a qualidade da carne congelada, pois a desnaturação está associada à velocidade de reações enzimáticas, químicas e microbiológicas; as reações de desnaturação proteica ocorrem em velocidades diferentes de acordo com a qualidade do processo de congelamento, pois a velocidade pode variar de acordo com a variação da temperatura de congelamento, ou, se durante o congelamento houver o descongelamento e recongelamento da carne (Colla, 2003); além disso, o grau de desnaturação proteica pode influenciar a capacidade da carne em reter água que, por consequência, altera sua textura, além da possível desidratação da superfície, da oxidação lipídica e da alteração da cor dos cortes.

A coloração da carne congelada pode ser alterada devido ao tipo de material da embalagem e à velocidade de congelamento, e pelas características do armazenamento (temperatura, tempo e a intensidade de luz) (Sarantopoulos et al., 2001). Carnes congeladas possuem o mesmo tipo de pigmentos que a carne fresca, em que a metamioglobina (mioglobina oxidada com o átomo de ferro na forma Fe^{3+}) faz com que a carne apresente coloração mais escura que a carne fresca (Varnam e Sutherland, 1998).

A carne de frango é rica em ácidos graxos insaturados, com isso, este tipo de alimento é bastante susceptível à oxidação lipídica, que proporciona a formação de óxidos de colesterol e alterações na composição dos ácidos graxos, que originam compostos voláteis com papel fundamental na queda da qualidade, das características nutricionais do alimento (Mariutti et al., 2009) e na rancificação da gordura.

Os frangos exportados são principalmente na forma de cortes (66 %) como peito, pernas e asas (ABPA, 2019). Entre eles os filés de peito sem osso e sem pele são os mais valiosos na carcaça das aves (Cavitt e Sams, 2003). A qualidade, incluindo o sabor, a cor, a frescura e a maciez, são os principais componentes da satisfação do consumidor e a principal ênfase comercial dos processadores de frango (Kumar et al., 2007).

Entre as características da carne que podem sofrer mudanças podemos ressaltar a maciez, que é considerada como um dos atributos mais importantes para determinação da satisfação dos consumidores (Morgan et al. 1991); a capacidade de retenção de água (CRA), que é a capacidade da carne de manter sua umidade quando empregada forças externas (Van Lack, 1999), uma característica de qualidade da carne que não deve ser negligenciada porque está diretamente associada ao rendimento final do produto; a cor dos filés crus, um importante contribuinte para a aceitação do consumidor, uma vez que a maioria dos filés de peito é vendida sem pele (Lyon e Lyon, 2001); o pH, que tem relação direta com a conservação das carnes durante o congelamento, com a capacidade de retenção de água e, conseqüentemente, perdas por exsudação, além da sua relação com a coloração da carne e a ocorrência de carne PSE (Teira et al., 2004).

3. OBJETIVOS

OBJETIVO GERAL: Caracterizar as possíveis variações da qualidade da carne de peito de frango amadeirado durante o congelamento por 12 meses, para comprovar a possibilidade de armazenar esse tipo de carne durante o tempo preconizado nas embalagens sem que haja alteração de qualidade que comprometa o consumo.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Avaliar as possíveis variações de coloração e pH da carne de peito de frangos de corte acometidos pela miopatia peito de madeira em seus diferentes graus de severidade ao longo do armazenamento sob congelamento por até 12 meses, bem como as possíveis variações das perdas decorrentes do cozimento e do armazenamento.
- Caracterizar a composição química, concentração de colesterol e oxidação lipídica do músculo *Pectoralis major* proveniente de frangos de corte acometidos pela miopatia peito de madeira em seus diferentes graus de severidade ao longo do armazenamento sob congelamento por até 12 meses.
- Caracterizar o percentual de colágeno e a variação da maciez do músculo *Pectoralis major* oriundo de frangos de corte acometidos pela miopatia de peito de madeira em seus diferentes graus de severidade, ao longo do armazenamento sob congelamento por até 12 meses.

4. MATERIAIS E METODOS

4.1. LOCAL E PERÍODO DE EXECUÇÃO:

Este trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Análise de Alimentos de Origem Animal do Departamento de Tecnologia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – FCAV/UNESP, Campus de Jaboticabal.

As amostras foram coletadas em abatedouros comerciais do Estado de São Paulo, sendo provenientes de frangos de corte machos, da linhagem Cobb 500, abatidos aos 42 dias de idade de acordo com a rotina da planta frigorífica. Foram coletadas amostras do músculo *Pectoralis major* acometidos pela miopatia peito de madeira (graus moderado e severo). Foram também coletadas amostras classificadas como normais (ausência de miopatia no músculo *Pectoralis major*) (grupo controle). Após as coletas, as amostras foram encaminhadas ao laboratório para realização das análises e armazenamento; as amostras foram transportadas em veículo refrigerado para manutenção da cadeia de frio.

4.2 CLASSIFICAÇÃO DAS AMOSTRAS SEGUNDO O GRAU DE SEVERIDADE DA MIOPATIA PEITO DE MADEIRA:

A classificação macroscópica das amostras foi realizada manualmente por meio da palpação (Mutryn et al., 2015). Foram classificadas como acometidas por Peito de Madeira aquelas que apresentaram musculatura enrijecida e pálida, podendo, em alguns casos, serem recobertas por líquido viscoso e apresentarem petéquias.

A classificação da miopatia foi realizada de acordo com Sihvo et al. (2017), propuseram classificar a miopatia peito de madeira em três categorias, categoria 1, grau moderado (apresenta dureza na região cranial, com uma cor mais pálida), categoria 2, grau Severo (apresenta dureza em toda a sua extensão do peito, acompanhado em alguns casos com estrias brancas) e o grupo controle, ausente de miopatia. (Fig. 2).

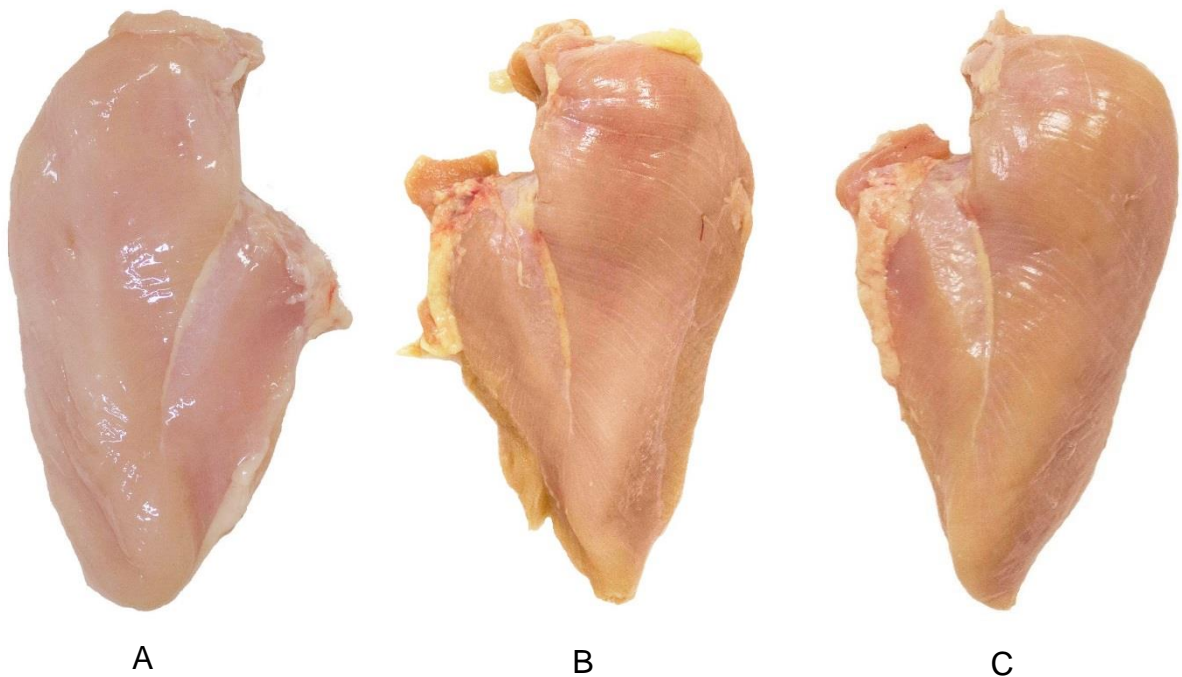


Fig. 2. Aspectos macroscópicos do músculo peitoral de frangos de corte acometidos pela miopatia Peito de Madeira. (2A) Amostra controle,: não apresenta alteração de cor e de aparência, amostra normal; (2B) grau moderado: dureza localizada na região cranial do músculo com cor pálida e cercada por músculo não afetado, e presença de estrias brancas; (2C) grau severo: a musculatura se encontra pálida e enrijecida em toda a extensão do peito, com presença de estrias branca (Sihvo et al., 2017).

4.3 COLETA DAS AMOSTRAS

Foram coletadas um total de 300 amostras do músculo *Pectoralis major* provenientes de frangos de corte machos, da linhagem Cobb 500, acometidos pela miopatia peito de madeira, nos graus moderado e severo, bem como de um grupo controle (ausência de miopatia), foram coletadas em abatedouros comerciais localizados no interior do estado de São Paulo.

Parte das amostras (n=60; n=20 para cada grau de severidade e grupo controle) foram somente refrigeradas e analisadas no dia da coleta (início). Ainda no abatedouro, as demais amostras foram pesadas, embaladas em sacolas plásticas e identificadas com etiquetas individuais para proceder com o congelamento rápido em túnel de congelamento (-40°C) e, posteriormente, foram mantidas armazenadas (-18°C) por até 12 meses. Ao final de cada período de

congelamento proposto (3, 6, 9 e 12 meses) as amostras (n=60; n=20 para cada grau de severidade) foram descongeladas sob refrigeração (4°C) para a realização de análises físicas e químicas. O congelamento foi realizado por até 12 meses, sendo este o período máximo de validade para carne de frango congelada (FDA, 2018).

4.4 ANÁLISES FÍSICAS:

4.4.1 Cor: foi determinada através do colorímetro Minolta Chrome Meter modelo CR-400, que utiliza o sistema CIELAB (L*, a* e b*). Foram avaliados parâmetros como luminosidade (L*), intensidade de vermelho (a*) e intensidade de amarelo (b*) do músculo *Pectoralis major*. A coloração foi determinada no momento da desossa, na superfície do músculo (anteriormente em contato com a pele; denominada superfície externa) e na parte interna do músculo (anteriormente em contato com o osso do peito; denominada superfície interna).

4.4.2 pH: o pH foi determinado em triplicata, utilizando um peagâmetro digital da marca Testo modelo 205 com de eletrodo de penetração, por meio da inserção direta do eletrodo no músculo *Pectoralis major*.

4.4.3 Capacidade de retenção de água (CRA): foi determinada através da metodologia descrita por Hamm (1960). Foram utilizadas 2 g de amostra do músculo desossado, colocados entre dois papéis de filtro e placas de acrílico e submetidos à pressão exercida por um peso de 10 kg durante cinco minutos. Posteriormente as amostras foram novamente pesadas para determinação da CRA, expressa em porcentagem, de acordo com o cálculo: $(\text{Peso final} \times 100) / \text{Peso inicial}$.

4.4.4 Perdas por cozimento (PPC): foi determinada em amostras do músculo *Pectoralis major* desossado utilizando-se a metodologia descrita por Honikel (1987). Foi determinada em amostras do músculo desossado. Amostras de

tamanho e peso aproximados foram pesadas, embaladas e cozidas em banho-maria (85 °C) durante 30 minutos. Após o resfriamento em temperatura ambiente, foram novamente pesadas para determinação da PPC, expressa em porcentagem, de acordo com o cálculo: $(\text{Peso inicial} - \text{Peso final}) \times 100 / \text{Peso inicial}$.

4.4.5 Força de cisalhamento (FC): foram utilizadas amostras cozidas provenientes da análise de perda de peso por cozimento. Após o resfriamento em temperatura ambiente, as amostras foram cortadas em tiras com área de, aproximadamente, 1 cm², as quais foram colocadas com as fibras orientadas no sentido perpendicular ao do dispositivo *Warner-Bratzler*, acoplado ao texturômetro *Texture Analyser TA-XT2i*, e submetidas ao corte, o qual expressou a força necessária para cisalhar as amostras em Newton, de acordo com o método descrito por Lyon et al. (1998).

4.5 ANÁLISES QUÍMICAS:

4.5.1 Colágeno total, solúvel e insolúvel: as concentrações de colágeno total, solúvel e insolúvel foram quantificadas pela determinação do aminoácido hidroxiprolina segundo metodologias propostas por Woessner Junior (1961) e Cross et al. (1973), adaptadas por Hadlich et al. (2006) e pelo Laboratório de Análise de Alimentos de Origem Animal (LaOra) da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP, Campus Jaboticabal, São Paulo, Brasil. Foram pesados cinco gramas de carne crua congelada cortada em pequenos pedaços em tubos falcon de 50 mL. Imediatamente antes de serem levadas ao banho-maria (80°C por duas horas), à amostra foram adicionados 20 mL de água destilada. Posteriormente, as amostras foram homogeneizadas em Ultra-turrax (Marconi MA102, Marconi Equipamentos Para Laboratórios Ltda., Piracicaba, São Paulo, Brasil) (5050 g durante 1 minuto) e centrifugadas (Himac CR22N, Hitachi Koki do Brasil Ltda., Indaiatuba, São Paulo, Brasil) (170 g durante 15 minutos). As amostras foram transferidas para tubos autoclaváveis, separando-se a fração sólida da fração líquida. À fração líquida foram adicionados 30 mL de HCl 6N e à fração sólida foram

adicionados 50 mL de HCl 6N (Woessner Junior, 1961). Todas as amostras foram hidrolisadas em autoclave (Phoenix Luferco AV-75 Plus, Phoenix Industria e Comercio de Equipamentos Científicos Ltda., Araraquara, São Paulo, Brasil) durante 4 horas (120 °C e 1 atm) (CROSS et al., 1973). Após a hidrólise, o pH de todas as amostras foi ajustado para 6,0 (com pHmetro MS Tecnopon mPA-210, MS Tecnopon Equipamentos Especiais Ltda., Piracicaba, São Paulo, Brasil) utilizando NaOH 2N. A fração sólida foi filtrada para balão volumétrico de 250 mL, a fração líquida foi filtrada para balão volumétrico de 100 mL e o volume dos balões preenchido com água destilada. Posteriormente, de cada amostra filtrada foi retirada uma alíquota de 10 mL a qual foi transferida para um novo balão volumétrico (de 100 mL para fração sólida e de 50 mL para fração líquida). Novamente o volume dos balões foi preenchido com água destilada (HADLICH et al., 2006). Em seguida, foi transferida, em duplicata, alíquota de 2 mL da fração sólida e da fração líquida para tubos de ensaio, aos quais foram adicionados 1 mL de reagente de oxidação (Chloramina-T 1.41%) e 1 mL de reagente de cor (10 g de p-dimethylaminobenzaldehydo em 35 mL de ácido perclórico 60% e 65 mL de isopropanol). Para finalizar, as amostras foram levadas ao banho-maria (15 min, 60°C) e foi procedida a leitura das amostras em espectrofotômetro (Shimadzu UV-1800, Shimadzu Corporation, Kyoto, Japan) com λ igual a 560 nm. Resultados para concentração de colágeno solúvel foram obtidos através da fração líquida da amostra e resultados para concentração de colágeno insolúvel foram obtidos através da fração sólida. Foi analisada curva padrão utilizando uma solução com concentração conhecida de hidroxiprolina. Os cálculos das concentrações de colágeno foram realizados de acordo com as fórmulas descritas por Hadlich et al. (2006), em que F é igual a 8,33, (média dos valores de absorvância equivalentes a 1 mg de hidroxiprolina obtidos da curva padrão) e 7,14 é o fator de conversão de hidroxiprolina em colágeno.

$$\% \text{ Colágeno total} = \% \text{ Colágeno insolúvel} + \% \text{ Colágeno solúvel}$$

$$\% \text{ Colágeno solúvel} = \frac{\text{absorbância} \times F \times 100 \times 50 \times 7,14 \times 106 \times 100}{10 \times 2 \times \text{peso da amostra de carne (g)}}$$

$$\% \text{ Colágeno insolúvel} = \frac{\text{absorbância} \times F \times 250 \times 100 \times 7,14 \times 106 \times 100}{10 \times 2 \times \text{peso da amostra de carne (g)}}$$

4.5.2. Volume de exsudato: o volume de exsudato foi mesurado após a abertura de cada embalagem com o uso de uma proveta graduada em mL, medindo o volume de exsudato em cada embalagem.

4.5.3. Proteína solúvel no exsudato: dosagem de proteína solúvel no exsudato foi efetuada de acordo com o método descrito por Hartree (1972). Primeiramente foi feita a diluição de 1 mL da amostra em um balão de 100 mL de água destilada, após esse processo foi feita a transferência de 1 mL de amostra diluída para um tubo de ensaio e adicionado 0,9 mL de solução A (carbonato de sódio, tartarato de sódio e potássio), os tubos foram levados ao banho maria a 50°C por 10 minutos, após esfriar para temperatura ambiente foi adicionado 1 mL de solução B (tartarato de sódio e potássio, sulfato de cobre e NaOH) e aguardado o tempo de 10 minutos em temperatura ambiente foi adicionada a solução C (reagente x e água), foi feita a agitação dos tubos no vórtex (um por um) e colocados no banho maria a 50°C por 10 minutos, após esfriarem a temperatura ambiente as amostras foram lidas a 650 nm.

4.5.4 Composição química: a composição química foi determinada através das análises de percentual de umidade (método 950.46), proteína (método 977.14) e cinzas (método 920.153), conforme procedimentos preconizados pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2011), e concentração de lipídios totais (Bligh e Dyer, 1959).

4.5.5 Colesterol: se utilizou uma adaptação da técnica descrita por Saldanha et al. (2004). Foi utilizado 0,5 g de amostra liofilizada, pesado em tubos tipo falcon, aos quais foram adicionados 6 mL de etanol e 4 mL de solução KOH 50 %. Os tubos foram mantidos em banho-maria com agitação (40°C) até que a amostra esteja totalmente dissolvida. Em seguida as amostras foram mantidas em banho-maria (60°C) por mais 10 minutos e foram adicionados 5 mL de água destilada.

Posteriormente, as amostras foram lavadas três vezes com 10 mL de hexano para separação de fases. Da fase superior foi retirada uma alíquota de 3 mL a qual foi evaporada com N₂. Foi adicionado 0,5 mL de isopropanol e os tubos foram agitados em vortex. O reagente enzimático para análise de colesterol foi adicionado em seguida (3 mL). As amostras foram mantidas em banho-maria por 10 minutos (37°C) e a leitura em espectrofotômetro foi realizada com o comprimento de onda indicado pelo fabricante do reagente enzimático.

4.5.6 Oxidação lipídica: foi determinada pelo teste de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS), segundo a metodologia descrita por Vyncke et al. (1970). Foi utilizada para extração com ácido tricloroacético 5 gramas de amostra moídas e após áreação de coloração sob aquecimento com ácido tiobarbitúrico, leitura no comprimento de onda 538 nm e o resultado expresso em mg de tetrametoxipropano (TMP)/kg de amostra.

4.6 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS:

Aos 12 meses de armazenamento sob congelamento foram realizadas análises microbiológicas de modo a comprovar se houve possibilidade de se armazenar esse tipo de carne durante o tempo preconizado nas embalagens sem que haja alteração de qualidade que possa comprometer o consumo seguro. Foram realizadas também análises microbiológicas para contagem de coliformes termotolerantes, *Staphylococcus aureus*, e *Salmonellas p.* das amostras armazenadas por 12 meses, as metodologias utilizadas foram de acordo com a legislação IN 62/2003 (Brasil, 2003).

4.7 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial 3x5, com três em dois graus de severidade da miopatia (moderado e severo) e um grupo controle (normal - ausência da miopatia) e cinco períodos de

congelamento (Início – sem congelamento, 3 meses, 6 meses, 9 meses e 12 meses), com 20 repetições cada.

4.8 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados foram analisados pelo procedimento General Linear Models do Statistical Analysis System (SAS Institute Inc. 2002–2003). Todos os dados foram testados por análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a um nível de significância de $p < 0,05$.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 encontram-se as médias obtidas para luminosidade (L^*), intensidade de vermelho (a^*) e de amarelo (b^*) das superfícies externa e interna da carne do peito de frango normal e classificada segundo o grau de severidade da miopatia (graus moderado e severo), assim como a avaliação de amostras antes do congelamento (início) e após 3, 6, 9 e 12 meses de congelamento.

Tabela 1. Luminosidade (L^*), intensidade de vermelho (a^*) e de amarelo (b^*) das superfícies externa e interna da carne do peito de frango amadeirado, armazenado por 12 meses sob congelamento.

	EXTERNA			INTERNA		
	L^*	a^*	b^*	L^*	a^*	b^*
<i>Grau de severidade (G)</i>						
Normal	57,70±3,06 ^B	0,71±0,63 ^B	4,75±2,16 ^B	55,38±2,81 ^B	0,99±1,01 ^A	7,78±1,82 ^C
Moderado	61,44±4,09 ^A	1,36±0,70 ^A	6,50±2,19 ^A	56,50±2,88 ^A	0,46±0,85 ^B	8,28±1,77 ^B
Severo	61,89±4,67 ^A	1,48±0,57 ^A	5,85±1,53 ^B	57,40±3,42 ^A	1,20±1,02 ^A	9,03±2,14 ^A
<i>Tempo de armazenamento (T)</i>						
Início	65,66±4,11 ^A	0,89±0,52 ^B	4,54±2,06 ^B	59,11±2,96 ^A	0,17±0,78 ^B	7,85±2,12 ^C
3 meses	58,04±3,39 ^D	1,49±0,48 ^A	6,65±1,34 ^A	56,47±2,34 ^B	0,83±1,08 ^A	8,62±1,90 ^B
6 meses	57,48±3,41 ^E	1,81±0,36 ^A	6,05±2,02 ^A	52,85±1,91 ^C	1,40±0,86 ^A	7,53±1,84 ^C
9 meses	59,93±2,79 ^C	0,86±0,58 ^B	4,73±1,60 ^B	56,58±1,91 ^B	0,84±0,83 ^A	8,18±1,39 ^C
12 meses	60,61±2,81 ^B	0,87±0,94 ^B	6,52±2,42 ^A	57,12±2,82 ^B	1,19±1,03 ^A	9,64±1,96 ^A
<i>P-value</i>						
P (G)	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
P (T)	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
P Int (GxT)	0,1006	0,6947	<0,0001	0,1005	0,1362	<0,0001

^{A-E}Médias seguidas por letras distintas (nas colunas) diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Foi observado aumento dos valores de L^* nas superfícies externa e interna dos filés com o aumento do grau de severidade da miopatia, o que pode estar relacionado com a maior perda de água da carne, (menor capacidade de retenção de água) já que, segundo Olivo (2001) e Anadón (2002), a carne que apresenta maior produção de exsudato, produto de uma maior desnaturação proteica, apresenta maior acúmulo de água na superfície, tornando-a mais clara ou brilhante, o que resulta em maior valor de L^* .

Esse maior acúmulo de água presente nas amostras acometidas pela miopatia, possivelmente, é devido à ocorrência de processos inflamatórios nos

músculos que podem resultar em edemas com a finalidade de isolar o agente causador bem como reparar o tecido danado (Abbas, 2009).

Foi verificado aumento da intensidade de vermelho das superfícies externa e interna com relação ao grau de severidade da miopatia, em que as amostras consideradas normais apresentaram menores ($p < 0,05$) valores de a^* em relação às amostras acometidas pela miopatia. Esse aumento dos valores de a^* é causado pelo aparecimento de zonas vermelhas no peito devido ao maior conteúdo de mioglobina (Dalle Zotte et al., 2017) ou também à presença de hemorragias petequais (Zhuang e Bowker, 2018). Mutryn et al. (2015) comprovaram que animais que apresentaram a miopatia peito de madeira tinham elevada expressão dos genes da mioglobina.

Observa-se na Tabela 1 que houve interação significativa entre grau de severidade da miopatia e tempo de armazenamento ($p < 0,05$) para a variável intensidade de amarelo (b^*) das superfícies externa e interna do filé de peito. Assim, os desdobramentos das interações estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Desdobramento da interação entre o grau de severidade da miopatia e tempo de armazenamento sob congelamento para a intensidade de amarelo (b^*) das superfícies externa e interna da carne do peito de frango amadeirado.

Tempo de armazenamento	Grau de severidade		
	Normal	Moderado	Severo
b^* EXTERNA			
Início	2,16±1,31 ^{Dc}	5,26±0,91 ^{Db}	6,19±1,14 ^{Ba}
3 meses	7,03±0,97 ^{Ab}	7,28±0,53 ^{Ba}	5,63±1,67 ^{Cc}
6 meses	6,27±1,34 ^{Ab}	7,09±2,75 ^{Ca}	4,78±0,88 ^{Cc}
9 meses	3,61±1,54 ^{Cc}	4,46±1,33 ^{Eb}	6,13±0,72 ^{Ba}
12 meses	4,68±1,16 ^{Bc}	8,39±2,12 ^{Aa}	6,50±2,33 ^{Ab}
b^* INTERNA			
Início	6,26±1,54 ^{Dc}	8,04±1,69 ^{Bb}	9,26±2,05 ^{Ba}
3 meses	8,88±2,20 ^{Aa}	9,41±1,65 ^{Aa}	7,55±1,42 ^{Cb}
6 meses	7,10±1,63 ^{Ca}	7,61±2,09 ^{Ba}	7,89±1,87 ^{Ca}
9 meses	7,88±1,13 ^{Ca}	8,21±2,09 ^{Ba}	8,46±0,62 ^{Ca}
12 meses	8,80±1,18 ^{Bb}	8,12±0,87 ^{Bb}	12,01±0,83 ^{Aa}

A-E, a-c Médias seguidas por letras distintas nas colunas (maiúsculas) e nas linhas (minúsculas) diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$)

Na tabela 2, foi observada que as amostras acometidas pela miopatia no grau severo apresentaram maiores ($p < 0,05$) valores intensidade de amarelo na

superfície externa do musculo iniciais e após doze meses de congelamento (6,19 a 6,50) quando comparadas com as amostras normais (de 2,16 a 4,68).

Observando-se a mesma tendência nos valores de intensidade de amarelo das superfície interna do musculo, na qual as amostras acometidas pela miopatia no grau severo apresentaram maiores ($p < 0.05$) valores iniciais e maior aumento nos valores de intensidade de amarelo na superfície externa do musculo total após doze meses de congelamento (9,26 a 12,01) quando comparada com as amostras normais (6,26 a 8,80).

Esses maiores valores de intensidade de amarelo observado nas amostras acometidas pela miopatia possivelmente e devido a maior concentração de tecido conjuntivo no musculo devido à fibrose grave produto das tentativas do musculo para regenerar-se (Zambonelli et al., 2016). O que faz relação com as amostras, já que foi evidenciado macroscopicamente a presença de endurecimento nas amostras que apresentavam a miopatia.

Na tabela 3, encontram-se as médias obtidas para pH, capacidade de retenção de água, perda de peso por cozimento e força de cisalhamento da carne do peito de frango normal e classificada segundo o grau de severidade da miopatia peito de madeira, assim como a avaliação das amostras antes e após o congelamento por 3, 6, 9 e 12 meses.

Tabela 3. pH, capacidade de retenção de água (CRA), perda de peso por cozimento (PPC) e força de cisalhamento (FC) da carne do peito de frango amadeirado, armazenado por 12 meses sob congelamento.

	pH	CRA (%)	PPC (%)	FC (N)
<i>Grau de severidade (G)</i>				
Normal	5,84±0,1 ^B	72,03±5,0 ^A	25,33±2,4 ^B	38,66±7,5 ^A
Moderado	5,90±0,1 ^B	69,03±4,8 ^B	27,46±2,7 ^A	28,53±16,0 ^B
Severo	6,01±0,1 ^A	68,67±5,7 ^B	28,10±4,3 ^A	23,55±13,3 ^C
<i>Tempo de armazenamento (T)</i>				
Início	5,84±0,14 ^C	74,25±3,88 ^A	25,79±2,4 ^B	48,46±6,8 ^A
3 meses	6,11±0,13 ^A	72,05±4,69 ^A	25,91±3,3 ^B	32,00±11,9 ^B
6 meses	5,78±0,15 ^D	70,83±3,95 ^B	25,92±2,0 ^B	24,89±9,7 ^C
9 meses	5,90±0,10 ^C	69,60±3,49 ^B	26,86±2,8 ^B	23,71±10,2 ^C
12 meses	5,96±0,15 ^B	62,80±2,77 ^C	30,34±4,0 ^A	22,15±10,6 ^C
<i>P-value</i>				
P (G)	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
P (T)	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
P Int (GxT)	0,4805	0,9025	<0,0001	0,5510

^{A-D} Médias seguidas por letras distintas (nas colunas) diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

As amostras acometidas pelo grau severo da miopatia apresentaram maior pH que as amostras consideradas normais, observando-se que só as amostras afetadas pelo grau severo (5,96) sobrepassavam o nível de pH final comumente recomendado (pH 5.90) (Venturini et al., 2007). O que poderia estar relacionado à utilização alterada de glicose, resultando em depleção do glicogênio já que, normalmente, o teor de glicogênio *post mortem* gera acúmulo de ácido láctico e resulta no declínio do pH muscular (Olivo e Shimokomaki, 2002). Quanto à capacidade glicolítica, há relação inversa entre o tamanho do peito e a capacidade glicolítica do músculo (Le Bihan-Duval et al., 2008), em que amostras maiores (como o caso das acometidas pela miopatia) tem capacidade glicolítica reduzida, produzindo menor quantidade de ácido láctico. Soglia et al. (2016) comprovaram que amostras acometidas pela miopatia têm utilização alterada do glicogênio, gerando esgotamento mais rápido do glicogênio no músculo, o que diminui o substrato para a via metabólica anaeróbica necessária para abaixar o pH *post mortem*.

Os valores de capacidade de retenção de água tendem a diminuir com o aumento do grau de severidade da miopatia, em que as amostras normais apresentavam valores mais altos (72,03%) ($p < 0,05$) do que as amostras afetadas (69,03% e 68,67% para os graus moderado e severo respectivamente), possivelmente e devido a que as amostras acometidas pela miopatia apresentam uma maior degeneração das proteínas miofibrilares, afetando de forma direta a capacidade dela de manter as ligações com as moléculas de água (Anadón, 2002; Olivo, 2005),

Foi observada diminuição ($p < 0.05$) da capacidade de retenção de água conforme aumentou o tempo de armazenamento (de 71,25% no Início para 62,80% quando armazenadas por 12 meses), isso é devido à desnaturação proteica causada pelo longo tempo de congelamento que ocasiona a formação de grandes cristais de gelo no meio extracelular danificando a estrutura das membranas celulares e promovendo a perda de água por exsudação (Varnam e Sutherland, 1995), já que quando com a desnaturação proteica ocorre a redução da sua capacidade em reter água (Ardito, 1994, Leygonie et al., 2012).

Amostras provenientes de frangos normais apresentaram maiores ($p < 0,05$) valores de força de cisalhamento (38,66 N) em comparação de carne de frangos acometidos pela miopatia (28,53 N e 23,55 N), isto pode estar relacionado com os maiores teores de colágeno intramuscular presentes nas amostras acometidas pela miopatia, produto dos processos miodegenerativos (Zambonelli et al., 2016), no entanto quando o colágeno é submetido aos aquecimento à temperaturas acima de 60°C ocorre sua transformação em gelatina hidrossolúvel o que diminui a dureza do produto final (Christensen et al., 2000).

Foi verificada diminuição ($p < 0,05$) da força de cisalhamento conforme aumentou o tempo de armazenamento (de 48,46 N em amostras não armazenadas para 22,15 N em amostras congeladas por 12 meses). Esta diminuição pode ter sido causada devido por cristais de gelo extracelulares que podem ter quebrado as miofibrilas, danificando sua estrutura e que podem ter interferido nas propriedades físicas em amostras após o cozimento (Leygonie et al., 2012) e, possivelmente, também pelo aumento de concentração de colágeno solúvel conforme aumentou o tempo de armazenamento (dados mostrados na Tabela 5).

Observa-se na tabela 3 que houve interação significativa entre grau de severidade da miopatia e tempo de armazenamento ($p < 0,05$) para a variável perda por cozimento (PPC) cujos desdobramentos das interações estão apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Desdobramento da interação entre o grau de severidade da miopatia e tempo de armazenamento sob congelamento para a perda por cozimento da carne do peito de frango amadeirado.

Tempo de armazenamento	Grau de severidade		
	Normal	Moderado	Severo
Perdas por cozimento (%)			
Início	24,15±2,61 ^{Bc}	25,25±2,44 ^{Cb}	26,65±1,44 ^{Ba}
3 meses	24,56±2,25 ^{Bb}	26,55±1,58 ^{Ba}	26,67±2,19 ^{Ba}
6 meses	25,12±2,15 ^{Ab}	26,57±1,86 ^{Ba}	27,36±4,71 ^{Ba}
9 meses	25,40±3,20 ^{Ac}	26,65±2,24 ^{Bb}	28,55±2,26 ^{Ba}
12 meses	26,17±2,65 ^{Ac}	30,41±2,10 ^{Ab}	34,43±34,43 ^{Aa}

A-E, a-c Médias seguidas por letras distintas nas colunas (maiúsculas) e nas linhas (minúsculas) diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Observando-se na tabela 4 que as amostras acometidas pela miopatia no grau severo apresentaram maiores ($p < 0.05$) perdas e maior aumento nos valores de perda por cozimento após doze meses de congelamento (26,65% a 34,43%) quando comparada com as amostras normais (24,15% a 26,17%), possivelmente devido às amostras acometidas pela miopatia apresentarem maior grau de degradação proteica, produto de uma miodegeneração progressiva, sendo as miofibrilas afetadas negativamente durante o processo, repercutindo negativamente na capacidade do musculo de reter agua durante o cozimento, já que a maioria da agua (>85%) presente na célula e mantida nas miofibrilas (Huff-Lonergan e Lonergan, 2005).

Na tabela 5, encontram-se as médias obtidas para concentrações de colágeno insolúvel, solúvel e total da carne do peito de frango amadeirado classificado segundo o grau de severidade da miopatia, assim como a avaliação das amostras antes e após o congelamento por 3, 6, 9 e 12 meses.

Tabela 5. Concentrações de colágeno insolúvel, solúvel e total da carne do peito de frango amadeirado, armazenado por 12 meses sob congelamento.

	Colágeno insolúvel (%)	Colágeno solúvel (%)	Colágeno total (%)
<i>Grau de severidade (G)</i>			
Normal	0,25±0,16	0,13±0,02 ^C	0,38±0,25 ^C
Moderado	0,25±0,15	0,15±0,03 ^B	0,41±0,21 ^B
Severo	0,26±0,12	0,16±0,03 ^A	0,43±0,22 ^A
<i>Tempo de armazenamento (T)</i>			
Início	0,12±0,02 ^D	0,12±0,02 ^D	0,23±0,02 ^E
3 meses	0,17±0,07 ^C	0,13±0,02 ^C	0,31±0,06 ^D
6 meses	0,18±0,05 ^C	0,14±0,03 ^C	0,34±0,08 ^C
9 meses	0,30±0,04 ^B	0,15±0,01 ^B	0,49±0,03 ^B
12 meses	0,50±0,06 ^A	0,20±0,03 ^A	0,66±0,05 ^A
<i>P-value</i>			
P (G)	0,447	<0,0001	<0,0001
P (T)	<0,0001	<0,0001	<0,0001
P Int (GxT)	0,551	<0,0001	<0,0001

^{A-D} Médias seguidas por letras distintas (nas colunas) diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Foi observado um incremento no percentual de colágeno insolúvel durante o tempo de armazenamento, possivelmente devido à concentração de alguns

componentes pela perda de exsudato e umidade ao longo do tempo de congelamento. Também foi observado um aumento no percentual de colágeno insolúvel com o aumento do grau da miopatia, possivelmente devido aos processos de fibrose que acontecem no músculo danificado, em que ocorre a substituição de miofibrilas danificadas por tecido conjuntivo (Velleman e Clark, 2015).

Observa-se na Tabela 5 que houve interação significativa entre grau de severidade da miopatia e tempo de armazenamento ($p < 0.05$) para as variáveis colágeno solúvel e colágeno total, cujos desdobramentos das interações estão apresentados na Tabela 6.

Tabela 6. Desdobramento da interação entre o grau de severidade da miopatia e tempo de armazenamento sob congelamento para as concentrações de colágeno solúvel e de colágeno total da carne do peito de frango amadeirado.

Tempo de armazenamento	Grau de severidade		
	Normal	Moderado	Severo
Colágeno total (%)			
Início	0,21±0,06 ^{Eb}	0,22±0,04 ^{Eb}	0,26±0,06 ^{Ea}
3 meses	0,24±0,02 ^{Dc}	0,26±0,04 ^{Db}	0,39±0,03 ^{Da}
6 meses	0,31±0,03 ^{Cc}	0,33±0,06 ^{Cb}	0,42±0,04 ^{Ca}
9 meses	0,41±0,05 ^{Bc}	0,50±0,08 ^{Bb}	0,56±0,03 ^{Ba}
12 meses	0,60±0,03 ^{Ac}	0,69±0,07 ^{Ab}	0,71±0,09 ^{Aa}
Colágeno solúvel (%)			
Início	0,10±0,01 ^{Ec}	0,12±0,09 ^{Eb}	0,13±0,06 ^{Ea}
3 meses	0,11±0,08 ^{Dc}	0,13±0,09 ^{Db}	0,14±0,07 ^{Da}
6 meses	0,14±0,06 ^{Cc}	0,15±0,03 ^{Cb}	0,16±0,08 ^{Ca}
9 meses	0,15±0,02 ^{Bc}	0,15±0,07 ^{Bb}	0,17±0,04 ^{Ba}
12 meses	0,15±0,02 ^{Ac}	0,21±0,03 ^{Ab}	0,22±0,05 ^{Aa}

^{A-E, a-c} Médias seguidas por letras distintas nas colunas (maiúsculas) e nas linhas (minúsculas) diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Foi observado incremento nas concentrações de colágeno solúvel e total, durante o tempo de armazenamento, possivelmente é devido ao fato de que ao diminuir os teores de umidade ao longo do armazenamento vai tender-se a concentrar os outros componentes, sendo neste caso do colágeno. As amostras acometidas pelo grau severo da miopatia peito de madeira, em comparação com amostras de frango normais, apresentaram maiores concentrações e maior aumento nos valores de colágeno solúvel após doze meses de congelamento, variando de 0,13% a 0,22%. Em amostras normais os teores de colágeno variaram

de 0,10% a 0,15% no mesmo período (0 e 12 meses), possivelmente, devido à fibrose produzida pelas tentativas de regeneração do músculo peitoral que é resultante da progressiva miodegeneração causada pela hipóxia no músculo danificado (Natarajan et al., 2010; Sihvo et al., 2014).

Na tabela 7, encontram-se as médias obtidas para volume de exsudato e concentração de proteína solúvel da carne do peito de frango classificado segundo o grau de severidade da miopatia, assim como a avaliação das amostras antes e após o congelamento por 3, 6, 9 e 12 meses.

Tabela 7. Volume de exsudato e concentração de proteína solúvel (PS) no exsudato produzido pela carne de peito de frango amadeirado, armazenado por 12 meses sob congelamento.

	Volume de exsudato (mL)	PS (mg/mL)
<i>Grau de Severidade (G)</i>		
Normal	61,46±13,20 ^C	0,066±0,006
Moderado	77,32±18,39 ^B	0,068±0,003
Severo	89,81±18,61 ^A	0,073±0,003
<i>Tempo de Armazenamento (T)</i>		
3 meses	67,13±15,23 ^B	0,101±0,004 ^B
6 meses	69,15±15,42 ^B	0,104±0,002 ^A
9 meses	81,26±21,04 ^A	0,104±0,006 ^A
12 meses	81,55±22,75 ^A	0,105±0,003 ^A
<i>P-value</i>		
P (G)	<0,0001	0,1023
P (T)	<0,0001	0,0125
P Int (GxT)	<0,0001	0,1037

^{A-C} Médias seguidas por letras distintas (nas colunas) diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Não houve diferença ($p > 0,05$) com relação à concentração de proteína solúvel no exsudato entre os graus de severidade estudados mas foi observado aumento nos teores de proteína solúvel em relação ao tempo de armazenamento, em que amostras armazenadas por 12 meses apresentaram maiores teores de proteína solúvel (0,105 mg/mL) em comparação com o início (0,101 mg/mL), possivelmente devido ao processo de miodegeneração oriundo da estocagem prolongada, causado principalmente aparição de grandes cristais de gelo no meio extracelular e a ação deles sobre a estrutura das membranas celulares ocasionando muitas vezes a ruptura das mesmas (Colla, 2003).

Observa-se na tabela 7 que houve interação significativa entre grau de severidade da miopatia e tempo de armazenamento ($p < 0,05$) para a variável de

volume do exsudato (VE) cujos desdobramentos das interações estão apresentados na Tabela 8.

Tabela 8. Desdobramento da interação entre o grau de severidade da miopatia e tempo de armazenamento sob congelamento para a variável volume do exsudato da carne do peito de frango amadeirado.

Tempo de armazenamento	Grau de severidade		
	Normal	Moderado	Severo
Volume de exsudato (mL)			
Início	-	-	-
3 meses	56,20±9,63 ^{Cb}	71,70±19,64 ^{Ba}	73,50±8,25 ^{Da}
6 meses	59,85±12,03 ^{Bc}	69,30±19,96 ^{Bb}	78,30±5,79 ^{Ca}
9 meses	60,40±10,69 ^{Bc}	85,85±15,90 ^{Ab}	99,65±13,63 ^{Ba}
12 meses	69,40±17,26 ^{Ac}	82,45±14,58 ^{Ab}	107,80±17,63 ^{Aa}

^{A-D} Médias seguidas por letras distintas nas colunas (maiúsculas) e nas linhas (minúsculas) diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Houve efeito ($p < 0,05$) quanto ao volume de exsudato durante o tempo de armazenamento. Amostras acometidas pelo grau severo da miopatia de peito de madeira apresentaram um maior incremento nas produções de exsudado com o aumento do tempo de armazenamento (Início e 12 meses), variando de 73,59 mL a 107,80 mL, quando comparadas com as amostras normais que apresentaram variação de 56,20 mL a 69,40 mL no mesmo período (Início e 12 meses), possivelmente isso é devido a miodegeneração presente nas amostras acometidas pela miopatia tornando a estrutura celular e tissular dela mais susceptíveis aos efeitos negativos de um armazenamento prolongado (Colla, 2013), resultando numa maior taxa de degradação das membranas e uma menor capacidade de manter a água após o processo de descongelamento aos 12 meses quando comparadas com as amostras normais (Roça, 2000).

Na tabela 9, encontram-se as médias obtidas para composição química (umidade, matéria mineral, proteína e gordura) da carne do peito de frango classificado segundo o grau de severidade da miopatia, assim como a avaliação das amostras antes e após o congelamento por 3, 6, 9 e 12 meses.

Tabela 9. Composição química (umidade, matéria mineral, proteína e gordura) da carne do peito de frango amadeirado, armazenado por 12 meses sob congelamento.

	Umidade (%)	Matéria mineral (%)	Proteína (%)	Gordura (%)
<i>Grau de Severidade (G)</i>				
Normal	71,89±0,99 ^B	1,54±0,16 ^A	23,33±0,27 ^A	2,68±0,12 ^B
Moderado	72,70±1,06 ^A	1,36±0,24 ^B	22,01±0,27 ^B	2,98±0,12 ^B
Severo	72,84±1,05 ^A	1,22±0,20 ^C	20,02±0,26 ^C	3,18±0,12 ^A
<i>Tempo de Armazenamento (T)</i>				
<i>Início</i>	72,88±0,89 ^A	1,45±0,20 ^A	21,70±0,27	2,24±0,12 ^B
3 meses	72,62±0,73 ^A	1,48±0,22 ^A	21,56±0,27	2,26±0,12 ^B
6 meses	72,56±0,79 ^A	1,22±0,22 ^D	22,09±0,26	2,85±0,12 ^A
9 meses	72,56±1,44 ^A	1,30±0,27 ^C	21,26±0,27	2,31±0,12 ^B
12 meses	71,74±1,24 ^B	1,41±0,25 ^B	22,02±0,26	2,74±0,12 ^A
<i>P-value</i>				
P (G)	<0,0001	<0,0001	<0,0001	<0,0001
P (T)	<0,0001	<0,0001	0,3535	0,0158
P Int (GxT)	0,5147	0,0921	0,0881	0,4246

^{A-D} Médias seguidas por letras distintas (nas colunas) diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Não houve interação significativa entre grau de severidade da miopatia e tempo de armazenamento para as variáveis percentual de umidade, matéria mineral, proteína e gordura.

Houve efeito ($p < 0,05$) no percentual de umidade com relação ao grau da miopatia, as amostras provenientes de frangos normais apresentaram menores ($p < 0,05$) valores (71,89%) do que a carne de frangos acometidos pela miopatia (72,70% e 72,89% em amostras acometidas pelos graus moderado e severo, respectivamente), possivelmente, devido à presença de edema como resultado de processos inflamatórios de amostras acometidas pela miopatia (Cai et al., 2017; Sihvo et al., 2014). Também foi observado decréscimo no percentual de umidade com relação ao tempo de congelamento em que as amostras armazenadas por 12 meses apresentaram menor percentual de umidade (71,74%) em comparação com o *início* (72,88%), possivelmente devido às perdas de água através do exsudato.

Amostras de frango que apresentam a miopatia tiveram menores concentrações de matéria mineral e proteína e maiores valores de umidade e gordura que amostras de frangos normais. Houve redução ($P < 0,001$) do percentual de matéria mineral e aumento ($p = 0,0158$) nas concentrações de gordura devido ao tempo de armazenamento.

Com relação ao teor de matéria mineral, pode-se observar que houve redução ($p < 0,05$) da concentração de cinzas com o aumento do grau de severidade, em que amostras acometidas pela miopatia apresentam menores valores (1,36% e 1,22% em amostras acometidas pelos graus moderado e severo da miopatia, respectivamente) a comparação com amostras normais (1,54%). Além disso, houve redução ($P < 0,001$) da concentração de cinzas ao longo tempo de armazenamento de 1,45% (*Início*) para 1,41% após doze, devido à redução da capacidade de retenção de água da carne ao longo do tempo de armazenamento e às perdas de material solúvel (como a matéria mineral) (Petracci et al., 2015).

Não houve efeito ($p < 0,05$) com relação ao percentual de proteína durante o tempo de armazenamento, no entanto as amostras provenientes de frangos normais apresentaram maiores ($p < 0,05$) valores (23,33%) do que a carne de frangos acometidos pela miopatia (22,01 % e 20,02 % em amostras acometidas pelos graus moderado e severo, respectivamente). O contrário aconteceu com relação ao teor de gordura, em que amostras que apresentavam a miopatia no grau severo tiveram maiores ($p < 0,05$) valores (3,18 %) do que a carne de frango normal (2,68%).

De forma geral pode-se dizer que a mudança nas concentrações conforme o grau da miopatia é produto dos processos de miodegeneração das fibras musculares em que ocorre diminuição nos teores de proteína no músculo, devido à sua taxa de degeneração ser maior que sua taxa de regeneração; o sistema tenta substituir essas fibras musculares danificadas por tecido conjuntivo (colágeno) e adiposo causando fibrose e lipidose, respectivamente, diminuindo a quantidade de proteína miofibrilares presentes no músculo do peito (Brack, et al., 2007; Natarajan et al., 2010; Petracci et al., 2014), o que corrobora com Sihvo et al. (2014) já que indica que as fibras musculares presentes nos músculos acometidos pela miopatia estavam em menor quantidade e apresentavam menor área transversa se foram comparadas com amostras de peito normais.

Com relação ao tempo de armazenamento as amostras armazenadas durante 12 meses apresentaram maiores ($p = 0,0158$) valores de gordura (2,74%) com relação às amostras não armazenadas (2,24%), este aumento possivelmente está ligado com uma diminuição de umidade ao longo do armazenamento a traves

do exsudato, ocasionando que conforme as carnes vão perdendo umidade, vão tender-se a concentrar os compostos hidrófobos (como a gordura). Observando-se uma relação inversamente proporcional entre os teores de gordura e umidade (Rodrigues e Andrade, 2004; Shimokomaki et al., 2006).

Na tabela 9, encontram-se as medias obtidas para oxidação lipídica e concentração de colesterol da carne do peito de frango classificado segundo o grau de severidade da miopatia (Normal, moderado e severo), assim como a avaliação das amostras antes e após o congelamento por 3, 6, 9 e 12 meses.

Tabela 10. Concentração de colesterol total e oxidação lipídica segundo o Teste de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) da carne do peito de frango amadeirado, armazenado por 12 meses sob congelamento.

	TBARS (mg MDA/kg)	Colesterol (mg/100g)
<i>Grau de severidade (G)</i>		
Normal	0,46±0,16 ^C	95,75±8,3 ^C
Moderado	0,57±0,11 ^B	99,97±13,51 ^B
Severo	0,64±0,12 ^A	111,93±17,47 ^C
<i>Tempo de armazenamento (T)</i>		
<i>Início</i>	0,48±0,12 ^C	91,06±8,54 ^D
3 meses	0,49±0,08 ^C	95,25±4,30 ^C
6 meses	0,51±0,13 ^C	96,02±9,69 ^C
9 meses	0,55±0,16 ^B	108,46±10,92 ^B
12 meses	0,74±0,11 ^A	121,96±14,80 ^A
<i>P-value</i>		
P (G)	<0,0001	<0,0001
P (T)	<0,0001	<0,0001
P Int (GxT)	<0,0001	<0,0001

^{A-D} Médias seguidas por letras distintas (nas colunas) diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Observa-se na Tabela 10 que houve interação significativa entre grau de severidade da miopatia e tempo de armazenamento (p<0.05) para as variáveis oxidação lipídica e concentração de colesterol cujos desdobramentos das interações estão apresentados na Tabela 11.

Tabela 11. Desdobramento da interação entre o grau de severidade da miopatia e tempo de armazenamento sob congelamento para as variáveis oxidação lipídica segundo o Teste de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) e concentração de colesterol.

Tempo de armazenamento	Grau de severidade		
	Normal	Moderado	Severo
TBARS (mg MDA/kg)			
Início	0,33±0,06 ^{Cb}	0,52±0,07 ^{Da}	0,58±0,05 ^{Da}
3 meses	1,03±0,05 ^{Ab}	1,06±0,07 ^{Cb}	1,44±0,09 ^{Ba}
6 meses	0,90±0,13 ^{Bc}	1,22±0,10 ^{Ab}	1,43±0,07 ^{Ba}
9 meses	0,97±0,17 ^{Ac}	1,14±0,14 ^{Bb}	1,46±0,07 ^{Aa}
12 meses	0,98±0,11 ^{Ab}	1,23±0,08 ^{Aa}	1,18±0,14 ^{Ca}
Colesterol (mg/100g)			
Início	86,45±7,90 ^{Ca}	89,96±3,66 ^{Da}	90,63±5,05 ^{Da}
3 meses	90,36±5,53 ^{Cb}	91,65±3,90 ^{Db}	104,15±3,39 ^{Ca}
6 meses	92,19±5,71 ^{Cc}	95,42±6,86 ^{Cb}	106,18±6,51 ^{Ca}
9 meses	96,04±7,12 ^{Bc}	110,43±4,62 ^{Bb}	118,90±7,87 ^{Ba}
12 meses	106,99±6,39 ^{Ac}	119,11±4,71 ^{Ab}	139,79±7,69 ^{Aa}

A-E, a-c Médias seguidas por letras distintas nas colunas (maiúsculas) e nas linhas (minúsculas) diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Houve aumento geral nos valores de oxidação lipídica, durante o tempo de armazenamento, não ultrapassando valor de 2,00 mg MDA/kg, o que significa ausência de rancidez oxidativa (Campos et al., 2006). Amostras acometidas pelo grau severo da miopatia peito de madeira em comparação com amostras de frango normais, apresentaram maior oxidação lipídica inicial em comparação com amostras normais, o que contribui para a redução da estabilidade dos produtos cárneos durante o armazenamento.

Observando-se que as amostras acometidas com grau severo apresentaram maior variação nos valores de oxidação lipídica após doze meses de armazenamento, variando de 0,58 mg MDA/kg a 1,18 mg MDA/kg. Em amostras normais a oxidação variou de 0,33 mg MDA/kg a 0,98 mg MDA/kg no mesmo período, segundo Kim e Nawar (1991), o grau de oxidação da carne depende do teor de gordura e do seu grau de insaturação. A carne de aves apresenta maior proporção de ácidos graxos insaturados e a carne afetada pela miopatia apresenta maior teor de gordura quando comparada com a carne normal, o que poderia resultar em carne com pior valor nutricional, produto da rancificação das gorduras (Cecchi, 1999).

Houve aumento nos valores de concentração de colesterol, durante o tempo de armazenamento. Amostras acometidas com o grau severo da miopatia peito de madeira apresentaram aumento ($p < 0,05$) na concentração de colesterol ao longo dos 12 meses (desde 90,63 mg/100g a 139,79 mg/100g) em comparação com amostras de frango normais (86,45 mg/100g a 106,49 mg/100g), o que poderia ser explicado primeiramente pelo maior teor de gordura presente nas amostras acometidas pelo grau moderado e severo quando comparadas às amostras normais ao longo dos 12 meses, devido à maior perda de outros componentes (umidade, matéria mineral e proteína), tendendo a concentrar os valores de gordura (Tabela 9). De acordo com Pietruszka et al. (2015), o aumento no teor de gordura eleva também as concentrações de colesterol.

Na tabela 12, encontra-se a contagem de coliformes termotolerantes e *Salmonella* em carne do peito de frango classificado segundo o grau de severidade da miopatia após 12 meses de congelamento.

Tabela 12. Contagem de coliformes totais e termotolerantes (NMP/g) *Staphylococcus spp.* e avaliação da presença de *Salmonella spp.* na carne do peito de frango amadeirado, armazenado por 12 meses sob congelamento.

Amostras	Coliformes (NMP/g)		<i>Staphylococcus spp.</i> (UFC/g)	<i>Salmonella ssp.</i> (25g)
	Totais	Termotolerantes		
Normal	$1,1 \times 10^1$	$< 3,0 \times 10^0$	$5,0 \times 10^2$	Ausência
Moderado	$2,3 \times 10^1$	$< 3,0 \times 10^0$	$1,7 \times 10^5$	Ausência
Severo	$1,5 \times 10^1$	$< 3,0 \times 10^0$	$3,5 \times 10^4$	Ausência

Pode-se observar que após 12 meses de congelamento as amostras, independentemente do grau de severidade da miopatia, não ultrapassaram o limite máximo permitido para contagem de coliformes termotolerantes (10^4 UFC/g) e não houve presença de *Salmonella spp.* nas amostras, concordando com os limites estabelecidos na Portaria Nº 451/97 e na Resolução Nº 12/01 (Brasil, 1997; Brasil, 2001). No entanto estas mesmas amostras apresentaram $1,7 \times 10^5$ e $3,5 \times 10^4$ UFC/g de *Staphylococcus spp.*, para os graus moderado e severo, respectivamente, resultados maiores em comparação com as amostras normais ($5,0 \times 10^2$), mas não há limites máximos estabelecidos na legislação para tal microrganismo

As análises microbiológicas podem comprovar que o congelamento, se bem feito, é um processo que permite a conservação do alimento por longos períodos de tempo, embora não elimine os microrganismos, apenas iniba o seu crescimento (Geiges,1996).

6. CONCLUSÃO

A qualidade físico-química da carne do peito de frango amadeirado é alterada significativamente durante o armazenamento sob congelamento por doze meses, podendo afetar negativamente a aceitação do consumidor. Diante dos resultados obtidos, não é recomendável que tais amostras sejam comercializadas na forma de filés, mas podem ser aproveitadas para a fabricação de produtos processados, desde que suas deficiências (nutricionais e tecnológicas) sejam compensadas nas formulações dos produtos. As análises microbiológicas apontam que a carne de peito amadeirado estocada por até 12 meses sob congelamento, ainda que não apresente *Salmonella* ou coliformes, pode apresentar *Staphylococcus spp.* em quantidades que poderiam significar risco à saúde pública.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

Abbas AB, Lichtman AH (2009) Ch. 2 Innate immunity. In Abbas AK, Lichtman, AH, Pillai, S. **Basic immunology: functions and disorders of the immune system**. Philadelphia: Elsevier Health Sciences, 312p.

ABPA. Associação Brasileira de Proteína Animal. **Relatório Anual 2019**. Disponível em: <<http://abpa-br.com.br/setores/avicultura/publicacoes/relatorios-anuais/2019>>. Acesso em: 16 nov. 2019.

Alves DD, De Tonissi RH, De Goes B, Mancio AB (2005) Maciez da carne bovina. **Ciência animal brasileira** 6: 135-149.

Amtann VA, Gallo C, Van Shaik G, Tadich N (2006) Relaciones entre el manejo antemortem, variables sanguíneas indicadoras de estrés y pH de la canal en novillos. **Archivos de medicina veterinaria** 38: 259-264.

Anadón HLS (2002) **Biological, nutritional and processing factors affecting breast meat quality of broilers**. 171f. Dissertation (Doctor of Philosophy in Animal and Poultry Sciences) - Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University, 2002.

Ardito EFG, Alves RMV. (1994) Embalagens para alimentos congelados. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos** 24:11-28.

AOAC (2011) 'Official methods of analysis.' 18th edn. (**Association of Analytical Chemists**: Washington, DC).

Baggio SR, Bragagnolo N (2006) The effect of heat treatment on the cholesterol oxides, cholesterol, total lipid and fatty acid contents of processed meat products. **Food Chemistry** 95: 611-619.

Becker BR, Fricke BA. (1999) Freezing times of regularly shaped food items. Int. Comm. **Heat Mass Transfer** 26: 617-626.

Berriain MJ, Goñi MV, Indurain G, Sarries MV, Insausti K. (2009) Predicting *Longissimus dorsi* myoglobin oxidation in aged beef based on early post-mortem colour measurements on the carcass as a colour stability index. **Meat science** 81: 439-445.

Ben AM (1999) Effect of freezing and microbial growth on myoglobin derivatives of beef. **Food Chemistry** 147: 4093-4099.

Bligh GE, Dyer JW (1959) A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology** 37: 911-917.

BRASIL Ministério da Saúde. Portaria nº 451 de 19 de setembro de 1997. Aprova o Regulamento Técnico princípios gerais para o estabelecimento de critérios e padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 1997.

BRASIL Ministério da Saúde. Resolução RDC nº 12, de 02 de janeiro de 2001. Aprova o Regulamento Técnico sobre padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**. Brasília, DF, 2001.

BRASIL Instrução Normativa nº 62, de 26 de agosto de 2003: Oficializa os Métodos Analíticos Oficiais para Análises Microbiológicas para Controle de Produtos de Origem Animal e Água. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 2003.

Brack AS, Conboy MJ, Roy S, Lee M, Kuo CJ, Keller C, Rando TA (2007) Increased Wnt signaling during aging alters muscle stem cell fate and increases fibrosis. **Science** 317: 807-810.

Cai K, Shao W, Chen X, Campbell YL, Nair MN, Suman SP., ... & Schilling MW (2017) Meat quality traits and proteome profile of woody broiler breast (*Pectoralis major*) meat. **Poultry science** 97: 337-346.

Campos MM, Nute GR, Hughes SI, Enser M, Wood JD, Richardson RI (2006) Flavour perception of oxidation in beef. **Meat Science** 72:303-311.

Cavitt L, Sams AR (2003) Evaluation of physical dimension changes as nondestructive measurements for monitoring rigor mortis development in broiler muscles. **Poultry science** 82:1198-1204.

Cecchi HM (1999) **Fundamentos Teóricos e Práticos em Análise de Alimentos**, Campinas: Editora da Unicamp. 119p

CIE (1986). **Colorimetry**. CIE Publication No. 15.2. 2nd Edition. Commission Internationale de l'éclairage, Vienn. p 19-20.

Coggins PC, Chamul RS. (2004). Food sensory attributes. In: Hui YH, Cornillon P, Legaretta IG, Lim MH, Murrell KD, Nip WK (Eds.). **Handbook of frozen foods**. New York: Marcel Dekker Inc, p 93–148

Colla LM, Prentice-Hernandez C (2003) Congelamento e descongelamento –sua influência sobre os alimentos. **Vetor** 13:53-66.

Christensen M, Purslow PP, Larsen ML, (2000) The effect of cooking temperature on mechanical properties of whole meat, single muscle fibers and perimysial connective tissue. **Meat Science** 55:301-307.

Collins KE, Kiepper BH, Ritz C. W., McLendon BL, Wilson JL (2014) Growth, livability, feed consumption, and carcass composition of the Athens Canadian Random Bred 1955 meat-type chicken versus the 2012 high-yielding Cobb 500 broiler. **Poultry science** 93:2953-2962.

Cross HR, Carpenter ZL, Smith GC (1973) Effects of intramuscular collagen and elastin on bovine muscle tenderness. **Journal of Food Science** 38:998-1003.

Dalle Zotte AD, Tasoneiro 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 Huidobro FR, Miguel E, Blazquez B, Onega EA (2005) Comparison between two methods (Warner–Bratzler and texture profile analysis) for testing either raw meat or cooked meat. **Meat science** 69:527-536.

De Huidobro FR, Miguel E, Onega E, Blazquez B (2003) Changes in meat quality characteristics of bovine meat during the first 6 days post mortem. **Meat Science** 65: 1439-1446.

FDA, Food & Drug Administration. **Tabla de almacenamiento en refrigerador y congelador (2018)**. Disponível em: <https://www.fda.gov/media/76116/download>. Acesso em 20 maio, 2018.

Fennema OR, Powrie WD, Marth EH (1973) **Low-temperature preservation of foods and living matter**, New York: Marcel Dekker, 598p.

Galiropoulou S (2013) **Effect of wooden breast disorder on protein oxidation in *Pectoralis major* muscle**. Dissertação-University of Helsinki, Helsinki.

Geiges O (1996) Microbial processes in frozen foods. **Advances in space research** 18:109-118.

Gray JI, Gomaa EA, Buckley DJ (1996) Oxidative quality and shelf life of meats. **Meat science** 43:111-123.

Hadlich JC, Morales DC, Silveira AC, Oliveira HN, Chardulo LAL (2006) Efeito do colágeno na maciez da carne de bovinos de distintos grupos genéticos. **Scientiarum. Animal Sciences** 28:57-62.

Hamm R (1960) Biochemistry of meat hydration. **Advances in Food Research**, 10:335-443.

Hartree EF (1972) "Determination of protein: a modification of the Lowry method that gives a linear photometric response." **Anal Biochem**. 48:422-427.

Hendrick HB, Aberle ED, Forrest JC, Judge MD, Merkel RA (1989). **Principles of Meat Science**. 3^a ed. Iowa: Kendall/Hunt Publishing Co, 354p.

Honikel KO (1987) The water binding of meat. **Fleischwirtsch** 67:1098-1102.

Hui YH (1996). **Bailey's industrial oil and fat products**. 5^a. ed., New York: Wiley, p. 497-601, 603-654.

Huff-Lonergan E, Lonergan SM (2005) Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. **Meat science** 71:194-204.

Junqueira LCU, Carneiro J (2004). **Histologia básica**. 10. ed. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 124p.

Jul M (1984). **The Quality of Frozen Foods**. Orlando: Academic Press, 292p.

Kanner J (1994) Oxidative processes in meat and meat products: quality implications. **Meat Science** 36:169-189.

Kim SK, Nawar WW (1991) Oxidative interactions of cholesterol with triacylglycerols. **Journal of the American Oil Chemists Society** 68:931-934.

Kirk JR (1984) Biological availability of nutrients in processed foods. **Journal of Chemical Education** 61:364-367.

Kumar RR, Sharma BD, Kumar M, Chidanandaiah A, Biswas AK (2007) Storage quality and shelf life of vacuum-packed extended chicken patties. **Journal of muscle foods** 18:253-263.

Kuttappan VA, Goodgame SD, Bradley CD, Mauromoustakos A, Hargis BM, Waldroup PW, Owens CM (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 VA, Lee Y, ERF GF, Meullenet JF, Owens CM (2012b) Consumer acceptance of visual appearance of broiler breast meat with varying degrees of white striping. **Poultry Science** 91:1240-1247.

Kuttappan VA, Brewer VB, Mauromoustakos A, McKee SR, Emmert JL, Meullenet, JF, Owens CM (2013) Estimation of factors associated with the occurrence of white striping in broiler breast fillets. **Poultry Science** 92:811-819.

Le Bihan-Duval E, Debut M, Berri CM, Sellier N, Santé-Lhoutellier V, Jégo Y, Beaumont C (2008) Chicken meat quality: genetic variability and relationship with growth and muscle characteristics. **BMC genetics** 9:53.

Leygonie C, Britz TJ, Hoffman LC (2012). Impact of freezing and thawing on the quality of meat. **Meat Science** 91:93-98.

Lee YS, Owens CM, Meullenet JF (2008) The Meullenet-Owens Razor Shear (MORS) for predicting poultry meat tenderness: its applications and optimization. **Journal of texture studies** 39:655–672.

Lorenzi M, Mudalal S, Cavani C, Petracci M (2014) Incidence of white striping under commercial conditions in medium and heavy broiler chickens in Italy. **Journal of Applied Poultry Research** 23:754-758.

Lyon CE, Lyon BG, Dickens JA (1998) Effects of carcass stimulation, deboning time, and marination on color and texture of broiler breast meat. **Journal of Applied Poultry Research** 7:53-60.

Lyon BG, Lyon CE (2001) Meat quality: sensory and instrumental evaluations. In: Sams AR (Eds.). **Poultry Meat Processing**. Boca Raton: CRC Press, p: 97–120.

Mariutti LRB, Bragagnolo N (2009) A oxidação lipídica em carne de frango e o impacto da adição de sálvia (*Salvia officinalis*, L.) e de alho (*Allium sativum*, L.) como antioxidantes naturais. **Revista do Instituto Adolfo Lutz** 68:1-11.

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.

Min B, Ahn DU (2005) Mechanism of lipid peroxidation in meat and meat products-A review. **Food Science and Biotechnology** 14:152-163.

Morgan JB, Savell JW, Hale DS, Miller RK, Griffin DB, Cross HR, Shackelford SD (1991) National beef tenderness survey. **Journal of Animal Science** 69:3274-3283.

Morrissey PA, Sheehy PJA, Galvin K, Kerry JP, Buckley DJ (1998) Lipid stability in meat and meat products. **Meat Science** 49: S73–S86.

Mudalal S, Lorenzi M, Soglia F, Cavani C, Petracci M (2014) Implications of white striping and wooden breast abnormalities on quality traits of raw and marinated chicken meat. **Animal** 9:728-734.

Mutryn MF, Brannick EM, Fu W, Lee WR, Abasht B (2015) Characterization of a novel chicken muscle disorder through differential gene expression and pathway analysis using RNA sequencing. **BMC Genomic** 16:1-19.

Natarajan A, Lemos DR, Rossi FMV (2010) "Fibro/adipogenic progenitors: a double-edged sword in skeletal muscle regeneration." **Cell Cycle** 1:2045-2046

Neves F (1991). **LAC Resfriamento, congelamento e estocagem de alimentos**. São Paulo: Instituto Brasileiro do Frio e ABRAVA-SINDRATAR. 186p.

Olivo R, Guarnieri, PD, Shimokomaki M (2001) Fatores que influenciam na cor de filés de peito de frango. **Revista Nacional da Carne** 25:44-49.

Olivo R, Shimokomaki M (2002). **Carnes: No Caminho da Pesquisa**. Cocal do Sul: Editora Imprint, 155p.

Olivo R, Olivo N. (2005) **O mundo das carnes. Ciência, Tecnologia e Mercado**. Criciúma: Ed. do Autor. 211p.

Pardi MC, Santos IF, Souza ER, Pardi HS (1993) **Higiene Tecnologia da Carne**. Goiânia: CEGRAF-UFG. 1110p.

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** 13:3138.

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

Pietruszka A, Jacyno E, Kawęcka M, Biel W (2015) The relation between intramuscular fat level in the longissimus muscle and the quality of pig carcasses and meat. **Annals of Animal Science** 15:1031-1041.

Powell TH, Hunt MC, Dikeman ME (2000) Enzymatic assay to determine collagen thermal denaturation and solubilization. **Meat Science** 54:307-311.

Quang N, Zarkadas CG (1989) Comparison of the amino acid composition and connective tissue protein contents of selected bovine skeletal muscles. **Journal of Agricultural and Food Chemistry** 37:1279-1286.

Robertson GL (1992). **Food packaging: principles and practice**. London: CRC press. 676p.

Roça RO (2000) **Tecnologia da carne e produtos derivados**. Botucatu: Universidade Estadual Paulista. 202p.

Rodrigues V, Andrade IF (2004) Características físico-químicas da carne de bubalinos e de bovinos castrados e inteiros. **Revista Brasileira de Zootecnia** 33:1839-1849

Saldanha T, Mazalli MR, Bragagnolo N (2004) Avaliação comparativa entre dois métodos para determinação do colesterol em carnes e leite. **Ciência e Tecnologia de Alimentos** 24:109-113.

Sañudo C (1992) La calidad organoléptica de la carne con especial referencia a la especie ovina: factores que la determinan, métodos de medida y causas de variación. In: CURSO INTERNACIONAL SOBRE PRODUCCIÓN DE GANADO OVINO, 3., 1992, Zaragoza. **Curso...**, Zaragoza: INIA, 1992. 117p.

Sañudo C (2004) Analisis sensorial - Calidad organoléptica de la carne. In: CURSO INTERNACIONAL DE ANALISE SENSORIAL DE CARNE E PRODUTOS CÁRNEOS. **Anais...Pelotas**, Pelotas: Universidade Federal de Pelotas, p.45-68.

Sarantopoulos CI, Oliveira LM, Canavesi É (2001) **Requisitos de conservação de alimentos em embalagens flexíveis**. Campinas: CETEA/ITAL, 213p.

SAS Institute. (2002-2003). SAS user's guide: statistics. Release 9.1. Cary.

Shahidi F, Wanasundara UN (2002) Methods for measuring oxidative rancidity in fats and oils. **Food lipids: Chemistry, Nutrition and Biotechnology** 17:387-403.

Shimokomaki M, Olivo R, Terra NN, Franco BDGM (2006). **Atualidades em ciência e tecnologia de carnes**. São Paulo: Varela, 230 p.

Sihvo HK, Immonen K, Puolanne E (2014) Myodegeneration with fibrosis and regeneration in the *Pectoralis major* muscle of broilers. **Veterinary Pathology** 51:619-623.

Sihvo HK, Lindén J, Airas N, Immonen K, Valaja J, Puolanne E (2017) Wooden breast myodegeneration of *Pectoralis major* muscle over the growth period in broilers. **Veterinary Pathology** 54:119-128.

Soglia F, Laghi L, Canonico L, Cavani C, Petracci M (2016) Functional property issues in broiler breast meat related to emerging muscle abnormalities. **Food Research International** 89:1071-1076.

Soyer A, Özalp B, Dalmiş Ü, Bilgin V (2010) Effects of freezing temperature and duration of frozen storage on lipid and protein oxidation in chicken meat. **Food Chemistry** 120:1025-1030.

Steinhart H, Bosselmann A, Moeller C (1994) Determination of pyridinolines in bovine collagenous tissues. **Journal of agricultural and food chemistry** 42:1943-1947.

Swatland HJ, Findlay CJ (1997) On-line probe prediction of beef toughness, correlating sensory evaluation with fluorescence detection of connective tissue and dynamic analysis of overall toughness. **Food Quality and Preference** 8:233-239.

Teira G, Perlo F, Bonato P, Fabre R (2004) Estudio de mermas por descongelación en filets de pollo. **Ciencia, Docencia y Tecnología** 15:203-213.

Van Laack RL, Kauffman RG (1999) Glycolytic potential of red, soft, exudative pork longissimus muscle. **Journal of Animal Science** 77:2971-2973.

Varnam AH, Sutherland JP (1995). **Meat and meat products: technology chemistry and microbiology**. London: Chapman e Hall, 430p.

Varnam AH, Sutherland JP (1998) **Carne y productos cárnicos: tecnología química y microbiología**. Zaragoza: Acribia, 423p.

Velleman SG, Clark DL (2015) Histopathological and myogenic gene expression changes associated with wooden breast in broiler breast muscles. **Avian Diseases** 59:410-418.

Venturini KS, Sarcinelli MF, Silva LD (2007) **Características da carne de frango**. Espírito Santo: Pró-Reitoria de Extensão, Programa Institucional de Extensão, 7p. (Boletim Técnico, 7).

Vyncke W (1970) Direct determination of the thiobarbituric acid value in trichloroacetic acid extracts of fish as a measure of oxidative rancidity. **Fette Seifen Anstrichm, Leinfelden** 72:1084-1087.

Woessner JrJF (1961) The determination of hydroxyproline in tissue and protein samples containing small proportions of this imino acid. **Archives of biochemistry and biophysics** 93:440-447.

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** 95:2171–2785.

Zhuang H, Bowker B (2018) The wooden breast condition results in surface discoloration of cooked broiler *Pectoralis major*. **Poultry science** 97:4458-4461.