

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ALIMENTOS DE ORIGEM ANIMAL
CURSO DE MESTRADO PROFISSIONAL

VALIDAÇÃO METODOLÓGICA PARA DETERMINAÇÃO DE *SHELF LIFE* ATRAVÉS
DE TESTES ACELERADOS EM CORTES DE FRANGO CONGELADOS

BÁRBARA EHLERS FRANKE DE OLIVEIRA

PORTO ALEGRE

2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
FACULDADE DE VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ALIMENTOS DE ORIGEM ANIMAL
CURSO DE MESTRADO PROFISSIONAL

VALIDAÇÃO METODOLÓGICA PARA DETERMINAÇÃO DE *SHELF LIFE* ATRAVÉS
DE TESTES ACELERADOS EM CORTES DE FRANGO CONGELADOS

Bárbara Ehlers Franke de Oliveira

Dissertação apresentada como requisito à
obtenção do grau de Mestre em Ciências
Veterinárias na área de concentração em
Alimentos de Origem Animal da Universidade
Federal do Rio Grande do Sul.

Orientadora: Prof. Dra. Liris Kindlein

PORTO ALEGRE
2021

CIP - Catalogação na Publicação

de Oliveira, Bárbara Ehlers Franke
VALIDAÇÃO METODOLÓGICA PARA DETERMINAÇÃO DE SHELF
LIFE ATRAVÉS DE TESTES ACELERADOS EM CORTES DE FRANGO
CONGELADOS / Bárbara Ehlers Franke de Oliveira. --
2021.
50 f.
Orientadora: Liris Kindlein.

Dissertação (Mestrado Profissional) -- Universidade
Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de
Veterinária, Programa de Pós-Graduação em Alimentos de
Origem Animal, Porto Alegre, BR-RS, 2021.

1. carne de frango. 2. fibras musculares mistas. 3.
shelf-life. 4. temperaturas de congelamento. I.
Kindlein, Liris, orient. II. Título.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente eu gostaria de agradecer a Deus por me dar coragem para percorrer esse caminho. Agradeço à minha família que soube ter paciência com os dias em que fiquei absorta no projeto e as minhas incontáveis ausências durante esse período.

Em especial ao meu esposo Márcio de Oliveira pelo apoio técnico, emocional e profissional, que não só me incentivou a entrar no programa fazendo a minha inscrição, como participou ativamente de todo o processo, indo inclusive para o laboratório realizar ensaios comigo. Principalmente por assumir todas as tarefas de mãe e pai do nosso filho Caio, me dando todo o suporte para concluir este trabalho. Realizou um papel fundamental, me resgatando inúmeras vezes e me devolvendo o norte para não desistir de concluir essa jornada.

À minha orientadora Prof. Dra. Liris Kindlein por me oportunizar inúmeros conhecimentos que possibilitaram meu crescimento profissional e pessoal pela confiança em conduzir experimentos importantes. E com muita sabedoria, me apresentou a uma equipe maravilhosa onde nela estava a Dra. Ângela Junges a qual eu desenvolvi um carinho e uma amizade especial, por todo o apoio, incentivo, carinho e paciência, me aturando altas horas da noite nos ensaios no laboratório, lendo meus arquivos e participando ativamente deste trabalho.

Aos professores do Programa de Mestrado Profissional na Universidade Federal do Rio Grande do Sul pela oportunidade de um aprendizado ímpar e o fomento para continuar nessa jornada acadêmica.

Aos colaboradores do CEPETEC pela parceria e comprometimento na realização dos ensaios do meu projeto, que mesmo em plena Pandemia de Covid-19 foram incansáveis na ajuda.

RESUMO

A vida de prateleira e as propriedades físico-químicas dos produtos cárneos dependem da composição dos tecidos e da morfologia das fibras musculares esqueléticas. O objetivo deste trabalho foi avaliar e validar metodologias de avaliação da estabilidade física, química e microbiológica de cortes de frango congelados de asas inteiras e coxas e sobrecoxas com porção dorsal utilizando os testes acelerados de vida de prateleira. A metodologia aplicada foi comparada às comumente aplicadas para os cortes de fibras musculares predominantemente brancas. Os testes consistiram em expor os alimentos ao estresse térmico ao longo de um período determinado, avaliando a sua estabilidade através da perda por descongelamento e volume exsudato, cor, pH, capacidade de retenção de água, força de deformação, perda por cocção, força de cisalhamento, TBARS e estabilidade microbiológica. O experimento foi completamente randomizado e 5 lotes de asas inteiras e de coxas e sobrecoxas com porção dorsal (20 kg/cada) foram mantidos sob diferentes temperaturas (-22°C “controle”, -18°C, -12°C e -06°C) sendo avaliados periodicamente (8ª semana, 12ª semana e 14ª semana) por 14 semanas. As médias dos resultados obtidos foram analisadas estatisticamente por software computacional (SPSS 20.0 IBM) através da análise de variâncias (one-way ANOVA) e a significância das diferenças estatísticas entre as médias ($p < 0,05$) foram determinadas através do teste de Tukey. Ao final do período analisado foi possível estabelecer diferenças nos resultados encontrados entre os cortes analisados, sendo seus valores de pH ligeiramente mais ácidos do que os apresentados por cortes de fibra muscular predominantemente brancas. Ambos os cortes analisados apresentaram coloração vermelho escuro após 12 semanas de ensaios. Os cortes se tornaram mais firmes ao longo das 12 primeiras semanas de ensaio, no entanto a diferença entre os cortes se tornou mais acentuada na semana 14, evidenciando que a estrutura dos cortes e sua posição anatômica diferem entre si. Os cortes analisados não demonstraram instabilidade microbiológica ao longo do período analisado quando comparadas com a IN 60/2019, no entanto, as coxas e sobrecoxas com porção dorsal apresentaram maior tendência à atividade microbiológica, provavelmente devido ao maior teor de água intramuscular. O teste de TBARS apresentou maior diferença estatística nos cortes de coxas e sobrecoxas com porção dorsal, podendo estar relacionada ao alto teor de água intramuscular e à localização anatômica do corte, no entanto os resultados podem estar comprometidos devido a metodologia de extração não ser a mais recomendada para produtos cárneos. Por fim, os testes acelerados de vida de prateleira podem ser aplicados sem prejuízo aos cortes de fibra muscular predominantemente mista, comprovando a sua aplicabilidade mesmo para diferentes parâmetros de fibras musculares da carne de frango.

Palavras-chave: Carne de frango, Fibras musculares mistas, Shelf-life, Temperaturas de congelamento.

ABSTRACT

The shelf life and physicochemical properties of meat products depend on the tissue composition and on the morphology of skeletal muscle fibers. The objective of this work was to evaluate and validate methodologies to assess the physical, chemical and microbiological stability of frozen chicken meat of whole wings and dorsal portion thighs and drumsticks using accelerated shelf life tests. The methodology applied was compared to those commonly applied for predominantly white muscle fiber. The methodology was compared to the already commonly used tests for white fibers chicken meats. The study evaluated the effects of exposing meat to different freezing temperatures storage over time, on attributes related to the texture of chicken wings and thighs (red muscle fibers) by analyzing physical stability through drip and weep losses, color, pH value, water-holding capacity (WHC), shear force, cooking loss, TBARS and microbiological tests. The experiment was completely randomized and 5 batches of frozen wings (20kg/each) were maintained at different sub-freezing storage temperatures (-22°C "control test", -18°C, -12°C, -06°C) being periodically evaluated (weeks 8, 12 and 14) during 14 weeks. Data were subjected to a one-way analysis of variance (ANOVA) and the significance of the difference between means ($p < 0,05$) was determined by Tukey's test using SPSS software (SPSS 20.0 IBM). It was possible to establish differences among results between the chicken wings or thighs, and their pH values were slightly more acidic than the pH values showed by the white fiber chicken meats. Both wings and thighs presented dark red color after 12 weeks, and became firmer along the first 12 weeks. However, the difference between wings and thighs increased on week 14, showing that the meat structure and their anatomical position differ from each other. The analyzed meats did not show microbiological instability over the analyzed period when compared to IN 60/2019, however, the thighs and thighs with dorsal part showed a higher tendency to microbiological activity, probably due to the higher intramuscular water content. The TBARS test showed a greater statistical difference in the thighs and thighs with dorsal part, which may be related to the high intramuscular water content and the anatomical location, however the results may be compromised due to the extraction methodology not being the most recommended for meat products. Finally, accelerated shelf life tests can be applied without prejudice to predominantly mixed muscle fiber meats, proving their applicability even for different parameters of muscle fibers of chicken meat.

Keywords: Chicken meat, Freezing temperatures, Skeletal muscle fibers, Shelf-life.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 01	Quadro demonstrativo do delineamento experimental	20
Figura 02	Realização do ensaio de volume exsudato para os cortes congelados de coxas e sobrecoxas com porção dorsal (a) e asas inteiras e o volume exsudato medido em provetas graduadas.	21
Figura 03	Porção do corte onde foi realizado o ensaio de colorimetria (a) e a execução do ensaio nos cortes de frango.	22
Figura 04	Localização da posição da realização do ensaio de força de deformação (a) e o ensaio sendo realizado no corte coxa.	23
Figura 05	Posicionamento do local de secção das alíquotas para a realização do ensaio de pH e a execução do teste nos cortes de asas inteiras e coxas e sobrecoxas com porção dorsal.	24
Figura 06	Localização da secção das alíquotas para a realização do ensaio de CRA	25
Figura 07	Realização do ensaio de CRA para os cortes de asas inteiras e coxas com sobrecoxas com porção dorsal.	25
Figura 08	Representação do local da retirada das alíquotas para a realização do ensaio de força de cisalhamento, e a demonstração dos corpos de prova seccionados para execução do ensaio.	26
Figura 09	Localização da região da secção das alíquotas para a realização do ensaio de TBARS.	27
Figura 10	Preparo dos falcons para centrifugação para execução do ensaio TBARS (a) e os eppendorffs identificados para leitura em espectrofotômetro (b).	27

LISTA DE TABELAS

Tabela 01	Técnicas Aceleradas de Determinação de Vida de Prateleira de Alimentos	17
Tabela 02	Apresentação dos valores encontrados para o ensaio de perda por descongelamento.	30
Tabela 03	Resultados para Luminosidade (L*), intensidade de vermelho (a*), intensidade de amarelo (a*), ângulo Hue (h*) e ângulo Croma (C*) para os cortes congelados de asas inteiras e coxa e sobrecoxa com porção dorsal.	31
Tabela 04	Resultado para o parâmetro pH ao longo do tempo frente às temperaturas de armazenamento.	35
Tabela 05	Resultados apresentados para a capacidade de retenção de água para os cortes congelados de frango ao longo do período e sobre as diferentes temperaturas de armazenamento	36
Tabela 06	Resultados para os ensaios de Força de Deformação, Perda por Cocção e Força de Cisalhamento para os cortes congelados de asas inteiras e coxas e sobrecoxas com porção dorsal durante o período de testes.	37
Tabela 07	Resultados apresentados para as taxas de oxidação lipídicas para asas inteiras e coxas e sobrecoxas com porção dorsal ao longo do período de armazenamento nas diferentes temperaturas.	40
Tabela 08	Padrões preconizados pela Instrução Normativa 60/2019 para carne de aves ou miúdos crus, temperados ou não refrigerados ou congelados.	41
Tabela 09	Resultados médios obtidos para o microrganismo Aeróbios Mesófilos para o corte congelado das asas inteiras e coxas e sobrecoxas com porção dorsal	43
Tabela 10	Resultados obtidos para enumeração de <i>Escherichia coli</i> , <i>Salmomella</i> Enteritidis e <i>Salmonella</i> Typhimurium para os cortes de frango congelados de asas inteiras e coxas e sobrecoxas com porção dorsal ao longo do período estudado	44

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
2.1	Avicultura	11
2.2	Qualidade da carne	12
2.2.1	Processo de congelamento e a qualidade da carne	13
2.3	Vida de Prateleira – Técnicas aceleradas de determinação da vida de prateleira de alimentos (TAVP)	15
2.3.1	Efeito da temperatura sobre a vida de prateleira	16
3	OBJETIVOS	18
3.1	Objetivos Gerais	18
3.2	Objetivos Específicos	18
4	MATERIAL E MÉTODO	19
4.1	Delineamento experimental	20
4.2	Análises físicas	20
4.2.1	Perda por descongelamento e volume exsudato	20
4.2.2	Cor	21
4.2.3	Força de deformação	22
4.2.4	pH	23
4.2.5	Capacidade de retenção de água	24
4.2.6	Perda por cocção	25
4.2.7	Força de cisalhamento	25
4.3	Análises químicas (TBARS)	26
4.4	Análise microbiológica	27
4.5	Análise estatística	28
5	RESULTADOS E DISCUSSÕES	29
5.1	Testes físicos	29
5.2	Teste químico	40
5.3	Testes microbiológicos	41
6	CONCLUSÕES	45
	REFERÊNCIAS	

1 INTRODUÇÃO

Com o aumento da população mundial, vem a necessidade de aumentar a produção de alimentos e, por consequência, a demanda por processos industriais cada vez mais sistêmicos e inócuos. A agropecuária brasileira conseguiu transformar o seu potencial em realidade e, entre os países que obtiveram êxito na diminuição drástica da insegurança alimentar, especialmente em função do aumento substancial da sua produtividade agropecuária, o Brasil talvez seja o caso mais evidente (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL, 2021).

Frente ao mercado consumidor cada vez mais exigente e à franca expansão do setor avícola, crescente a cada ano, é imprescindível garantir a inocuidade dos produtos aliando prazos de vida de prateleira maiores. Prazos de validade cada vez mais estendidos estão entre as características mais procuradas pelo setor varejista e são de suma importância quando o objetivo final do produto é a exportação. A determinação do prazo de validade, no entanto, não é fácil, exigindo estudos aprofundados e resultados precisos. Envolve conhecimento dos principais mecanismos e da cinética das principais reações de deterioração do alimento e, conseqüentemente, podem demandar longos períodos de análise. O setor alimentício está em constante evolução e necessita cada vez mais de metodologias rápidas e seguras para determinação do prazo de validade dos alimentos.

Não obstante à necessidade de alimentos seguros, está a de padronizar metodologias que auxiliem as autoridades sanitárias na determinação e nas tomadas de decisão frente à segurança alimentar dos alimentos comercializados. No âmbito do setor avícola, as metodologias para padronização e determinação de parâmetros físicos e químicos preconizam ensaios em fibras musculares predominantemente brancas, não levando em consideração os demais cortes. Essa disparidade pode levar a conclusões errôneas frente a qualidade e integridade do alimento, induzindo a falsas conformidades dos alimentos comercializados.

Os cortes de coxa e sobrecoxa com porção dorsal e as asas inteiras são cortes de fibras musculares mistas muito populares por terem propriedades tecnológicas agradáveis e preços acessíveis. Possuem mais gordura e água intramuscular quando comparadas aos cortes de peito de frango, podendo então sofrer deterioração a velocidades superiores. Por este motivo, requerem metodologias e parâmetros individuais, os quais levem em consideração: a necessidade de prazos de validades superiores, a característica do corte e a estabilidade do alimento conforme os padrões sanitários.

O presente trabalho demonstrará a aplicabilidade de testes acelerados de vida de prateleira em cortes de frango congelados com predominância de fibras musculares mistas, desenvolvendo novas metodologias anteriormente aplicadas aos cortes de peito de frango.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Avicultura

A carne de frango é tradição nas refeições brasileiras em razão de seu custo-benefício, pois, além de possuir um preço acessível, possui qualidade nutricional e sensorial caracterizada pelo alto teor de proteínas, ácidos graxos essenciais, água e sais minerais, como ferro e vitaminas do complexo B (PEREIRA *et al.*, 2020).

Vários estudos demonstram que o consumo de carne de frango no Brasil cresce a taxas maiores que as outras carnes (MAPA, 2021). Segundo a Associação Brasileira de Proteína Animal, a produção brasileira de carne de frango em 2019 foi de 13,245 milhões de toneladas, sendo 62% destinadas ao mercado interno e 38% destinadas à exportação (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL, 2020). O consumo de carne de frango no Brasil foi de 42,84 kg por habitante, um aumento de 2% em relação ao ano passado (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL, 2020). Neste contexto, dentre os fatores que mais contribuíram para o aumento do consumo da carne de frango estão: o aumento da cadeia produtiva, com a subsequente redução dos preços, as alterações no poder aquisitivo da população e o baixo custo em relação aos seus substitutos (TONI, 2015).

Com a crescente expansão do mercado interno e externo para os cortes de frango tanto resfriados quanto congelados, aumenta o controle da qualidade sobre este insumo, já que este alimento é mais perecível quando comparado com outras carnes. Deste modo, se torna importante o controle microbiológico dos cortes congelados comercializados tanto para o mercado interno quanto para o mercado externo devido à necessidade de garantia de inocuidade no período de seu prazo de validade. No entanto, a maioria dos dados encontrados na literatura se refere ao corte de peito resfriado, de forma que não há tanta referência bibliográfica no que tange outros cortes de frango tanto resfriado quanto congelado. Neste sentido, maiores estudos e uma padronização metodológica se faz necessária para que seja possível estimar a vida de prateleira destes cortes que estão cada vez mais na mesa da população.

2.2 Qualidade da carne

O mercado consumidor está cada vez mais exigente quanto à qualidade da carne. O conceito de qualidade dos alimentos diz respeito às suas características físicas, químicas, nutricionais e sensoriais. Outros atributos também fazem parte desta definição como custo, apresentação, facilidade de manuseio e consumo, embalagem, entre outros.

Segundo Ganeco (2016), a qualidade de carne é um conceito bastante amplo e complexo por tratar-se de características objetivas e subjetivas. Conforme a autora, as objetivas abrangem as físicas, nutricionais e higiênicas e as subjetivas englobam as sensoriais e as formas de apresentação do produto. As características sensoriais que afetam a qualidade da carne de frango são: aparência, coloração, textura, suculência, propriedades funcionais e nutricionais.

Essas propriedades tecnológicas estão diretamente ligadas à sua composição química, a qual varia de acordo com a posição anatômica do músculo, genótipo e idade do animal, e à composição da ração, que tem grande impacto na qualidade dos produtos de carne processados (GIVENS *et al.*, 2011). Segundo Petracci *et al.* (2013), as propriedades funcionais (textura e capacidade de retenção de água) possuem obstáculos e desafios que podem ser agrupados em três categorias principais. Na primeira categoria está a variabilidade natural na qualidade da carne crua devido a variabilidade em fatores *ante-mortem* e *post-mortem* e de processamento (PETRACCI; BIANCHI; CAVANI, 2009; 2010). Na segunda, situa-se o aparecimento de algumas distrofias musculares recentes ou anormalidades devido à melhorias na taxa de crescimento muscular como carne pálida, mole e exsudativa, imaturidade nos tecidos conjuntivos intramusculares e faixas brancas que prejudicam a capacidade de ligação de água, cor e aparência da carne (BARBUT *et al.*, 2008; PETRACCI; CAVANI, 2012; PETRACCI *et al.*, 2013). Finalmente, a terceira categoria de desafios envolve a mudança das preferências dos consumidores para produtos mais processados, fato que ressaltou a necessidade de padrões mais elevados na qualidade da carne das aves, a fim de melhorar as características sensoriais e propriedades funcionais (BARBUT *et al.*, 2008; CAVANI *et al.*, 2009).

No entanto, quando se trata de características sensoriais, a textura ou maciez é um dos parâmetros de qualidade mais importante em qualquer tipo de carne, pois está associada à satisfação final do consumidor, durante a degustação das diversas formas de preparo culinário da carne de frango (CASTILLO, 2001). Os principais responsáveis pela textura da carne de frango são o estado contrátil das proteínas miofibrilares, que é em função do desenvolvimento

do rigor mortis e a maturidade do tecido conjuntivo (DUARTE; JUNQUEIRA; BORGES, 2010). Anadón (2002) ressalta que a textura está intimamente relacionada à capacidade de retenção de água da carne (CRA), de modo que quanto maior o conteúdo de água fixada no músculo, maior a maciez da carne.

Outra característica sensorial relevante é a cor da carne de frango. Os valores de cor vão depender de diversos fatores como a concentração de pigmentos hemínicos (principalmente a mioglobina que é o pigmento de músculo) (BERIAIN *et al.*, 2009), a quantidade de gordura, da estrutura do músculo, sendo esta última ligada ao pH da carne (CAYLLAHUA, 2020). A diferença entre os cortes da carne de frango (peito, coxa e sobrecoxa) está associada ao tipo de fibra e ao metabolismo na porção muscular (SOUZA, 2016). Ainda segundo a autora, no músculo do peito, predominam fibras brancas com baixo teor de citocromo e mioglobina, denominadas fibras glicolíticas. Já a cor escura da carne das coxas e sobrecoxas, sugere uma maior quantidade de fibras com menor potencial glicolítico, resultando em menos glicogênio e menor produção de ácido láctico na transformação do músculo em carne (DRANSFIELD; SOSNICKI, 1999).

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). Mariutti e Bragagnolo (2009) mencionam que a carne de frango é extremamente vulnerável à ocorrência da oxidação lipídica, pois apresenta em sua composição elevados teores de ácidos graxos insaturados e também que a oxidação lipídica é um fator limitante da vida útil dos alimentos, especialmente de carnes, podendo causar alterações sensoriais e também funcionais como a capacidade de retenção de água, capacidade de emulsão, perdas nutricionais da carne e de seus subprodutos.

2.2.1 Processo de congelamento e a qualidade da carne

O congelamento é uma das técnicas mais eficientes na preservação e conservação de alimentos por um longo prazo de armazenamento e acondicionamento. Resulta em alterações mínimas nas propriedades qualitativas e sensoriais do alimento (HENDRICK *et al.*, 1989). No uso de temperaturas mais baixas durante a manutenção (forma de conservação – congelamento), as velocidades das reações químicas e biológicas tendem a diminuir por causa da redução da atividade de água presente na carne e, com isto, o tempo de vida de prateleira aumenta (FENNEMA *et al.*, 1973).

Segundo estudos conduzidos por Xia *et al.* (2009) e Ali *et al.* (2015), aumentar os ciclos de congelamento-descongelamento da carne ocasiona alterações físicas da carne como a oxidação lipídica e proteica, de textura, cor e capacidade de retenção de água. No entanto, o armazenamento da carne a uma temperatura fria estende a vida útil da carne de frango ao desacelerar o crescimento dos microrganismos, reduzir as taxas de reações químicas e diminuir as atividades das enzimas (AL-JASSER, 2012; STONEHOUSE; EVANS, 2015). O congelamento, porém, não destrói completamente a microbiota presente no produto, havendo apenas redução do número de células viáveis durante o armazenamento (YAMMAMOTO; HARRIS, 2001; SARANTOPOULOS; OLIVEIRA; CANAVESI, 2001; GALARZ; FONSECA; PRENTICE-HERNÁNDEZ, 2010).

O congelamento baseia-se na velocidade de congelamento por meio da diminuição da condição climática do ambiente, a qual é um interferente nas características finais do produto (SILVA; SILVA; SABINO, 2017). Ainda segundo os autores, o túnel por onde as carnes são postas é um local onde há concentração elevada da circulação de ar frio, com a finalidade de obter um produto congelado em menor tempo. Nas indústrias alimentícias os túneis usados para o congelamento das carnes apresentam-se de tamanhos variados, de acordo com o tamanho, tipo de produto e quantidade a ser congelada (ROÇA, 2000).

Por suas características intrínsecas, tais como alta atividade de água, elevado valor nutricional e pH próximo a neutralidade, a carne constitui um ótimo meio para o desenvolvimento de microrganismos (FRAZIER; WESTHOFF, 1993). Dentre as bactérias aeróbias mesófilas podemos citar as espécies dos gêneros *Enterobacteriaceae*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Corynebacterium* e *Streptococcus* (SOUZA *et al.*, 2014). Sua presença em grande número é indicativo de: matéria-prima excessivamente contaminada, limpeza e desinfecção de superfícies inadequadas, higiene insuficiente na produção e condições inapropriadas de tempo e temperatura durante a produção ou conservação dos alimentos (SIQUEIRA, 1995).

As bactérias patogênicas que se destacam na maioria das infecções e toxiinfecções alimentares, como *Listeria monocytogenes*, *Salmonella spp.*, *Escherichia coli*, Clostrídio Sulfito Redutor e Estafilococos coagulase positivo, estão entre os principais microrganismos que causam preocupação em relação a carnes cruas e processadas e a ambientes de plantas avícolas (BOULOS; BUNHO, 1999). Os alimentos mais susceptíveis à contaminação por salmonelas são o leite, queijos, carnes frescas e, especialmente, carcaças de aves (TESSARI *et al.*, 2003).

A avaliação da qualidade da carne é realizada através de alguns parâmetros, dentre os quais podem ser citados: coloração da carne, pH, capacidade de retenção de água, força de cisalhamento (indicador de maciez), perda de peso por cocção (MENDES *et al.*, 2003), bem como a qualidade microbiológica. A Agência Nacional de Vigilância Sanitária atualizou a Resolução da Diretoria Colegiada n.º 12/2001, na qual determinava a obrigatoriedade de avaliação da contagem de coliformes para carne de aves, para a Instrução Normativa n.º 60/2019 que passa a analisar os microrganismos: *Salmonella* Enteritidis, *E. coli*, *Salmonella* Typhimurium e Aeróbios mesófilos (ANVISA, 2019). Esta atualização de resolução amplia a verificação de contaminantes biológicos, aumentando ainda mais o controle de qualidade de um produto que está cada vez mais nas mesas do consumidor.

2.3 Vida de Prateleira - Técnicas Aceleradas de Determinação da Vida de Prateleira de Alimentos (TAVP)

O prazo de validade, uma característica importante dos alimentos, pode ser definido como o período de tempo que os produtos alimentícios podem ser armazenados sem que sua qualidade se torne inaceitável pelos consumidores (CALLIGARIS *et al.*, 2016). A vida útil é comumente estimada por dois procedimentos diferentes de teste de estabilidade: testes de estabilidade em tempo real e testes de estabilidade acelerados (HAOUEY *et al.*, 2018). Segundo os autores, em testes de estabilidade em tempo real o produto é armazenado nas condições de armazenamento recomendadas e monitorado até que falhe na especificação. Ainda segundo Haouet *et al.* (2018) em testes de estabilidade acelerados, o produto é armazenado em condições de estresse elevados (como temperatura, umidade e pH). As condições de degradação podem ser previstas usando relações conhecidas entre o fator de aceleração e a taxa de degradação.

A principal vantagem de selecionar o armazenamento acelerado é a capacidade de obter dados de pesquisa em menos tempo. As alterações do produto durante a vida de prateleira acelerada podem ser “químicas, físicas, bioquímicas ou microbianas” (MIZRAHI, 2011).

Segundo Taoukis *et al.* (1997), levando-se em consideração as limitações e as fontes de desvio, a equação de Arrhenius pode ser usada para modelar a degradação de alimentos para uma gama de temperaturas. Ainda segundo os autores, no teste acelerado de vida de prateleira o uso de temperaturas de teste mais altas em experimentos de perda de qualidade de

alimentos e de vida de prateleira e extrapolação dos resultados para condições regulares de armazenamento também se faz através do uso da equação de Arrhenius.

Segundo Taoukis e Labuza (1996), a maioria das alterações que ocorrem em alimentos seguem um padrão de ordem zero ou de primeira ordem. Numa reação de ordem zero, a redução de um atributo desejável, com o tempo, ocorre a uma taxa constante com o tempo. Já para reações de primeira ordem, a taxa de perda da qualidade é diretamente relacionada à qualidade remanescente. Assim, com o tempo, a qualidade se reduz gradativamente, e a taxa de perda da qualidade cai.

Considerando que a carne de frango se enquadra em um modelo de reação de primeira ordem, a temperatura de armazenamento é um dos principais fatores que podem influenciar no teste acelerado de vida de prateleira. Dentre as principais perdas relacionadas à temperatura no modelo de reação de primeira ordem estão as perdas de vitaminas, a oxidação de pigmentos e o crescimento microbianos (BOEKEL, 2008; TAOUKIS; LABUZA, 1996). Taoukis *et al.* (1997) propõem algumas faixas de temperaturas que podem ser aplicadas em um teste acelerado de vida de prateleira conforme Tabela 1.

Tabela 01 –Técnicas Aceleradas de Determinação de Vida de Prateleira de Alimentos.

Tipo de Produto	Temperatura °C	Controle °C
Esterilizados comercialmente	25, 30, 35, 40	4
Desidratados	25, 30, 35, 40, 45	-18
Refrigerados	5, 10, 15, 20	0
Congelados	-5, -10, -15	< -40

Fonte: Taoukis *et al.* (1997).

Existem vários estudos (TAOUKIS, *et al.*, 1997, SOYER, *et al.*, 2010, CAYLLAHUA, 2020; KIM *et al.*, 2020) que comprovam a eficiência do teste acelerado de vida de prateleira para carne de frango resfriado e consideram o peito como sendo o padrão para determinações de degradação física, química e microbiológica deste alimento. No entanto, ainda pouco se explorou a aplicação desta metodologia para avaliar cortes congelados com fibras musculares escuras da carne de frango, de forma que se torna imprescindível seu estudo para caracterizar e padronizar metodologias capazes de estimar e determinar prazo de validade deste alimento condizente com a cadeia de frio não só industrial como residencial também.

2.3.1 Efeito da temperatura sobre a vida de prateleira

A temperatura é o fator que irá influenciar a velocidade das reações químicas, ou seja, quantificar o efeito deste fator sobre a velocidade de deterioração nos alimentos é fundamental para entender e prever a vida-de-prateleira de um determinado alimento com base em testes acelerados de vida-de-prateleira (OLIVEIRA, 2010). Neste sentido é que a equação de Arrhenius é o modelo mais utilizado para expressar as taxas de reação em função da temperatura, podendo ser expressa pela seguinte equação:

$$\frac{d(\ln k)}{dT} = \frac{E_a}{R \times T^2} \quad (1)$$

Sendo:

T = temperatura em escala absoluta (K);

R = constante universal dos gases (1,987 cal.mol⁻¹.K⁻¹);

k = constante da velocidade da reação;

E_a = energia de ativação em cal.mol⁻¹.

Integrando-se a equação (1), obtêm-se:

$$\ln k = -\frac{E_a}{R} \left(\frac{1}{T} - \frac{1}{T_0} \right) + \ln k_0 \quad (2)$$

Sendo:

E_a = energia de ativação em kcal.mol⁻¹;

T = temperatura final em escala absoluta (K);

T₀ = temperatura de referência em escala absoluta (K);

k = constante da velocidade da reação.

Portanto, é através deste modelo o principal método utilizado para se determinar a energia de ativação das reações de degradação dos alimentos, pois ao se plotar um gráfico de escala linear, o logaritmo da constante de velocidade *versus* o inverso da temperatura final em escala absoluta (PEDRO; FERREIRA, 2006; TEIXEIRA NETO *et al.*, 2004; LABUZA, 1979), obtêm-se uma reta cuja a inclinação é igual a:

$$\text{Coef. Angular} = \frac{E_a}{R} \quad (3)$$

Paralelo a isso, o efeito térmico sobre a velocidade das reações também pode ser quantificado através da determinação do fator de aceleração da temperatura ou Q_{10} (TEIXEIRA NETO *et al.*, 2004). Ele é definido como a relação constante de reação para temperaturas diferindo em 10°C, ou, em outras palavras, o aumento da vida de prateleira resultante da redução da temperatura em 10°C (LABUZA, 1982). Chegando a equação:

$$Q_4 = 10^{\frac{Ea}{0,46xT^2}} \quad (4)$$

Através do valor de Q_{10} , pode-se estimar a vida de prateleira de um produto para outras temperaturas de armazenamento, desde que as temperaturas estejam dentro da faixa de temperatura térmica que foi utilizada para obter Q_{10} . Sendo este o princípio dos testes acelerados de vida de prateleira (TAVP) (LABUZA, 1979).

No entanto, segundo Laing *et al.* (1978), a cada 10°C de aumento da temperatura a solubilidade de gases, especialmente o O_2 , diminui cerca de 25%. Portanto, em temperaturas mais elevadas, a taxa de reações dependentes desse gás, por exemplo, as oxidativas, podem reduzir-se, gerando estimativas incorretas (AZEREDO; FARIAS; BRITO, 2012).

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivos Gerais

Atualmente, estudos sobre vida de prateleira em alimentos são conduzidos essencialmente nos laboratórios de controle de qualidade das indústrias. Dessa forma, há uma escassez de dados técnicos e analíticos que proporcionem a padronização de metodologias e maior controle sanitário desses alimentos. Este trabalho tem por objetivo corroborar com esses estudos e auxiliar no desenvolvimento e padronização de metodologias aplicadas a cortes congelados de frango de fibra muscular mista, por meio de análises microbiológicas, físicas e químicas, desta forma estimando o prazo máximo de validade do produto.

3.2 Objetivos Específicos

Propor uma metodologia de avaliação para determinar os atributos tecnológicos da carne de cortes de frango congelados com fibra muscular predominantemente mista, avaliando:

- ✚ As características físicas: pH, cor, perda de peso por descongelamento, volume do exsudato perdido por descongelamento (mL e %), capacidade de retenção de água, força de deformação, perda por cocção e força de cisalhamento;
- ✚ Avaliar as características microbiológicas frente à Instrução Normativa n.º 60/2019 da Anvisa: *Salmonella* Enteritidis, *Escherichia coli*, *Salmonella* Typhimurium e Aeróbios mesófilos;
- ✚ Determinar a oxidação lipídica das amostras através de análise de TBARS (ácido tiobarbitúrico);
- ✚ Estimar o prazo da vida de prateleira dos cortes avaliando a aplicabilidade do Teste Acelerado da Vida de Prateleira.

4 MATERIAL E MÉTODO

O experimento visa desenvolver uma metodologia para avaliar a estabilidade física, química e microbiológica de cortes de frango congelados através da aplicação do Teste Acelerado de Vida de Prateleira (TAVP). Os testes consistem em expor o alimento ao estresse térmico ao longo de um período de tempo determinado, avaliando periodicamente sua estabilidade física, química e microbiológica.

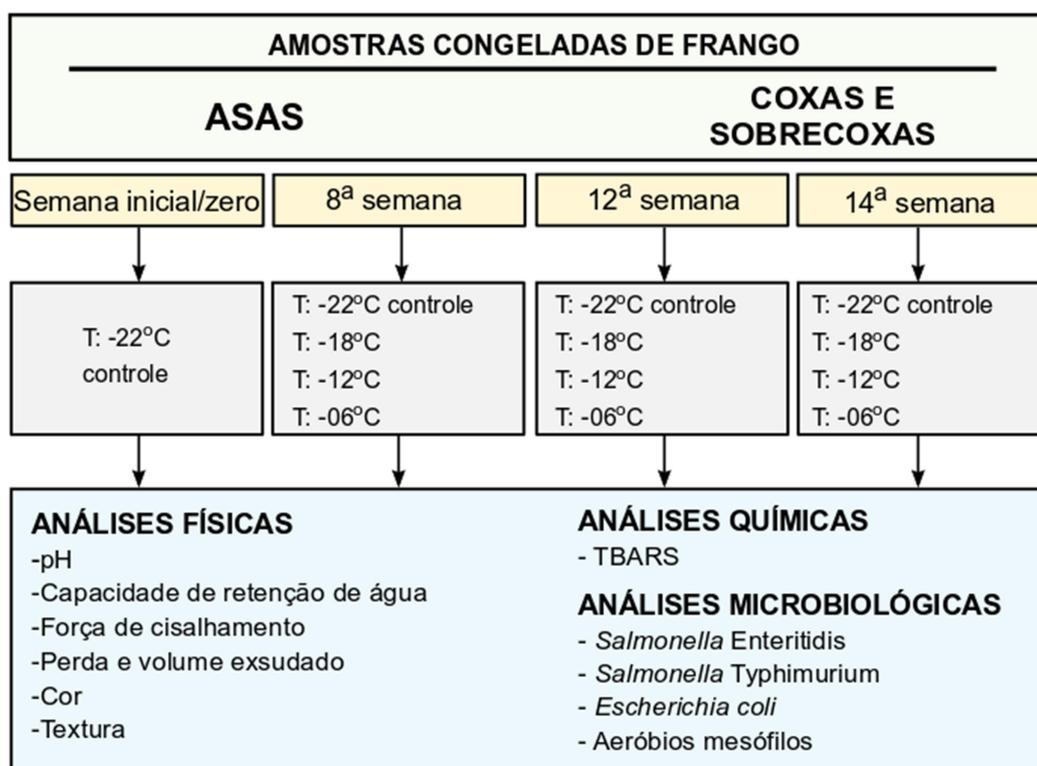
As análises físicas e químicas delineadas neste trabalho foram realizadas no laboratório do Centro de Ensino, Pesquisa e Tecnologia de Carnes da Faculdade de Veterinária da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Já as análises microbiológicas foram encaminhadas para laboratório oficial.

As amostras chegaram ao laboratório no dia 05 de janeiro de 2021, congeladas e divididas em 05 lotes de asas inteiras congeladas em blocos de peso de 15 kg cada e 05 lotes de coxas e sobrecoxas com porção dorsal congeladas de peso de 10 kg cada. Foram, então, divididas em porções de aproximadamente 300 g, dispostas em sacos estéreis e acondicionadas em diferentes temperaturas para dar início aos testes acelerados de vida de prateleira. A Figura 01 apresenta os tratamentos aplicados no experimento, onde as amostras foram expostas a 04 temperaturas (-22°C (temperatura padrão), -18°C, -12°C e -06°C) durante 14 semanas (S0 (controle), S8 (Semana 8), S12 (Semana 12) e S14 (Semana 14)) conforme metodologia proposta por Taoukis *et al.* (1997).

4.1 Delineamento experimental

Para analisar estatisticamente os resultados das análises físicas e químicas para ambos os cortes, asas e coxas e sobrecoxas com porção dorsal congelada, por um período de tempo total de 14 meses, foi utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial de 4x4, com quatro temperaturas de congelamento (-22°C, -18°C, -12°C e -06°C) e o início mais três períodos de armazenamento sob congelamento (8 semanas, 12 semanas e 14 semanas). Os testes físicos e químicos foram conduzidos em triplicata e as análises microbiológicas conduzidas em duplicata conforme preconizada pelas metodologias oficiais.

Figura 1 - Quadro demonstrativo do delineamento experimental.



Fonte: a própria autora.

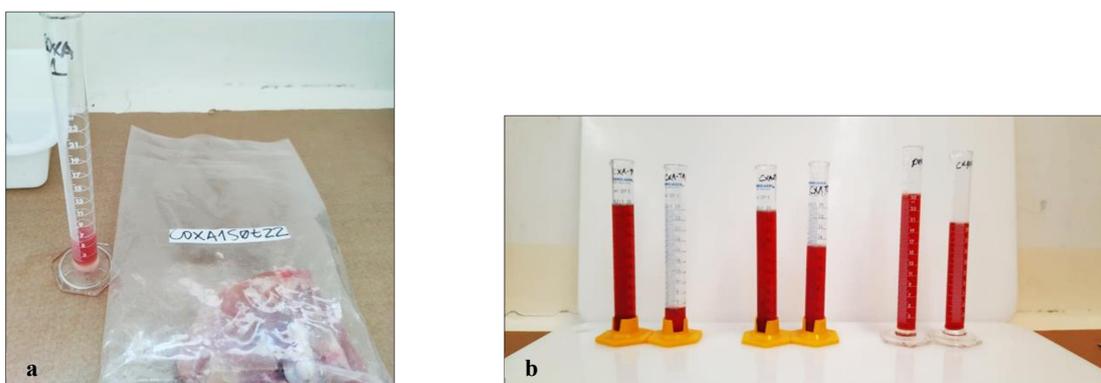
4.2 Análises Físicas:

De acordo com o cronograma de ensaios, as amostras foram retiradas de seu tratamento e pesadas antes de serem acondicionadas em estufa climatizada (06°C) para descongelamento por 24 horas.

4.2.1 Perda de peso por descongelamento e volume de exsudato:

As amostras foram pesadas antes do processo de descongelamento. Sendo descongeladas em estufa climatizada (04°C) para que, em seguida, fossem realizadas as análises físicas. As amostras foram pesadas novamente e a perda de peso no descongelamento (PPD) foi avaliada utilizando a fórmula: $PPD = PI - PF$, sendo PI o peso inicial das amostras (em gramas) e PF o peso final das amostras (em gramas). O volume de líquido exsudado foi medido em proveta graduada em mL, conforme Figura 02 (b).

Figura 02 – Execução do ensaio de volume exsudato para os cortes congelados de coxas e sobrecoxas com porção dorsal (a) e asas inteiras. Volume do exsudato medido em provetas graduadas mL (b).



Fonte: Própria Autora

4.2.2 Cor

Para o ensaio da cor nos cortes de frango, os mesmos foram desossados após o período de descongelamento, sendo analisada a cor da carne em contato com o osso. O ensaio foi realizado na porção cranial dos cortes de asa inteira e coxa e sobrecoxa com porção dorsal, de acordo com a Figura 03 (a), por três vezes em cada amostra empregando colorímetro Minolta, previamente calibrado, conforme Figura 03 (b e c). A escala CIELAB foi utilizada para calcular os valores de L^* , a^* e b^* , onde L^* representa a luminosidade, variando de 0 (preto) a 100 (branco); a^* indica a variação do vermelho (+ a^*) ao verde (- a^*); e o parâmetro b^* indica a variação do amarelo (+ b^*) ao azul (- b^*). A diferença total da cor (ΔE^*) entre os valores observados das amostras foi calculada conforme Capellas *et al.* (2001) utilizando a equação abaixo.

$$\Delta E^* = \sqrt{[(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]} \quad (5)$$

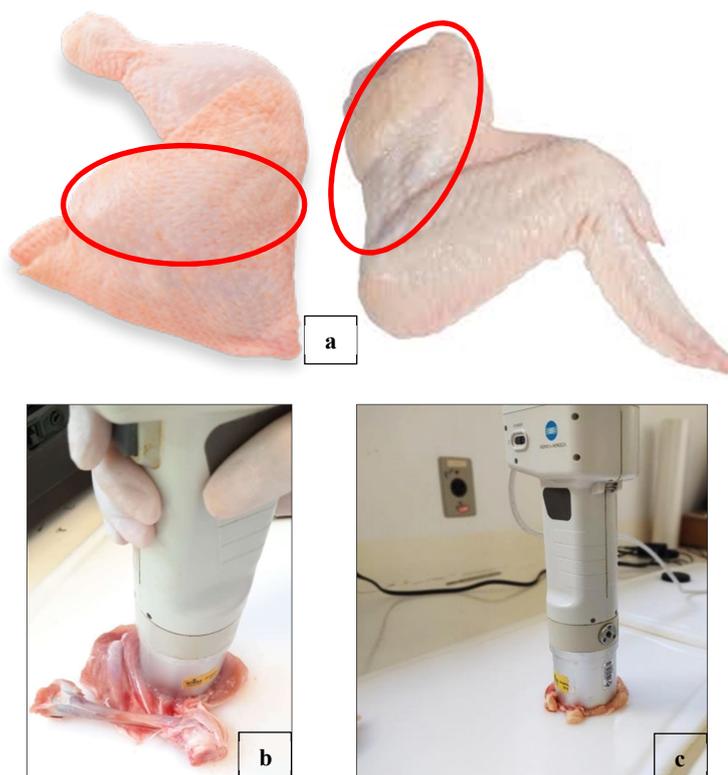
Onde ΔL^* é a diferença de luminosidade entre as amostras; Δa^* representa a intensidade da cor vermelha entre as amostras; e Δb^* representa a intensidade da cor amarela entre as amostras.

Também foi calculado o valor do ângulo Hue (h^*) e do Chroma (C^*), segundo as equações 6 e 7, respectivamente, conforme descrito por Gonzáles-Matinez *et al.* (2002).

$$h^* = \left(\arctan \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \right) \quad (6)$$

$$C^* = \sqrt{(a^*)^2 + (b^*)^2} \quad (7)$$

Figura 03 – Porção do corte onde foi realizado o ensaio de colorimetria (a) e a execução do ensaio nos cortes de frango (b,c).



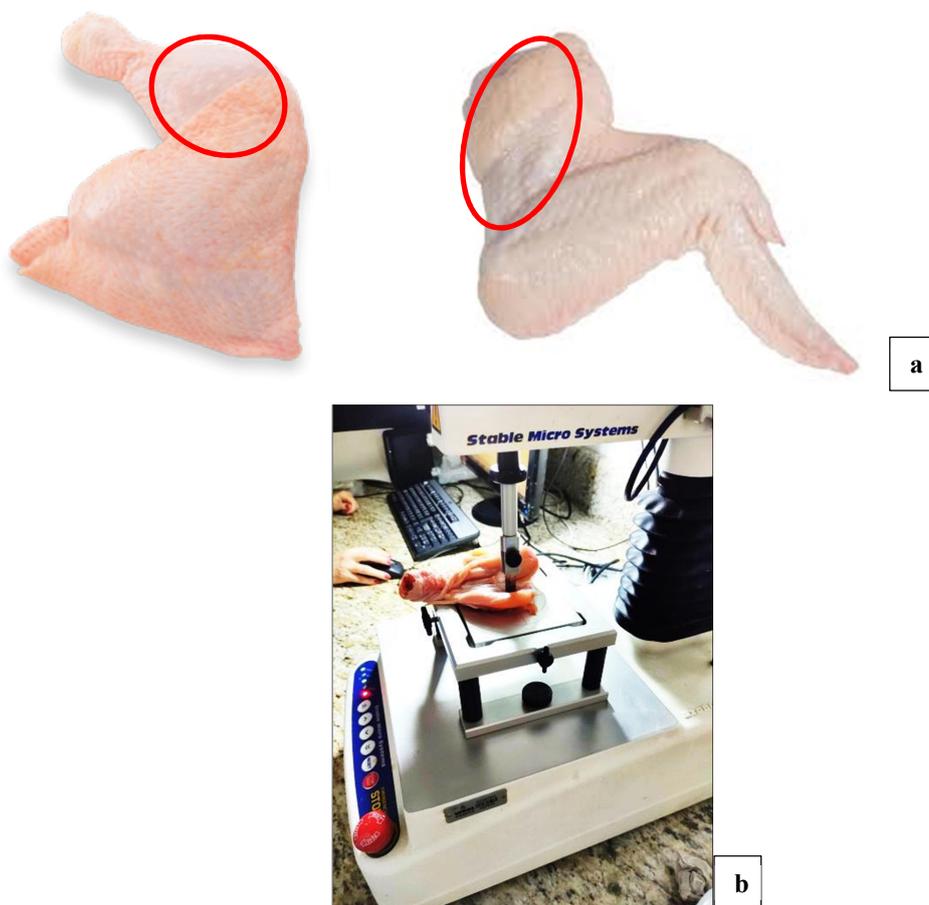
Fonte: própria Autora

4.2.3 Força de deformação

Para a realização deste ensaio foram utilizados os cortes oriundos do ensaio de determinação da cor, o local onde foi executado o ensaio nos cortes está representado pela

Figura 04 (a). As sobrecoxas e coxas das asas voltaram para o resfriamento durante 30 minutos a 06°C antes da realização do ensaio, sendo submetidas a força de deformação realizada em Texturômetro TaxT, de acordo com a Figura 04 (b). A força necessária para deformar as amostras é expressa em Newtons por milímetro.

Figura 04. Representação da posição da realização do ensaio de força de deformação (a) e o ensaio sendo executado no corte de coxa e sobrecoxa com porção dorsal.



Fonte: Própria Autora

4.2.4 pH

O pH foi determinado utilizando um potenciômetro digital portátil modelo mPA-210P, equipado com eletrodo de pH e compensação automática de temperatura (MS Tecnopon Equipamentos Especiais LTDA., Piracicaba, São Paulo). O teste foi realizado seccionando 03 amostras de 02 g da porção da asa do corte de asas inteiras e da porção dorsal do corte coxa e sobrecoxa com porção dorsal, conforme demonstrado na Figura 05 (a). Os cortes seccionados foram acondicionados em copos de Becker, adicionado 50 ml de água destilada e macerados com bastão de vidro por 30 segundos. As leituras foram efetuadas após 30 minutos, de acordo com a Figura 05 (b).

Figura 05 – Localização do local de secção das alíquotas para a realização do ensaio de pH (a) e a execução do ensaio nos cortes de frango.



Fonte: Própria Autora

4.2.5 Capacidade de retenção de água

A capacidade de retenção de água foi determinada através de uma adaptação da metodologia descrita por Hamm (1961). O teste foi realizado seccionando 03 amostras de peso aproximado de 02 g e medindo aproximadamente 02 cm comprimento e 02 cm de altura, retiradas da porção da asa do corte asa inteira e da porção da coxa do corte coxa e sobrecoxa com porção dorsal, conforme posição apresentada na Figura 06 (a). As amostras foram dispostas entre dois papéis de filtro qualitativo e placas de acrílico e submetidas à pressão exercida por um peso de 10 kg durante 5 minutos. Posteriormente, as amostras foram novamente pesadas para a determinação da capacidade de retenção de água, representada pela Figura 07 (a, b), expressa em porcentagem, de acordo com o cálculo:

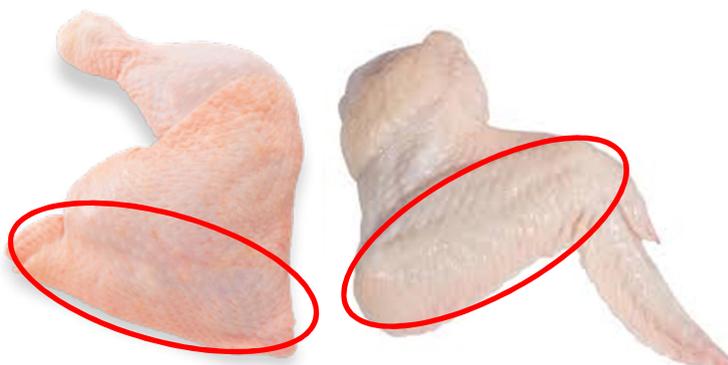
$$CRA = \frac{Pf \times 100}{Pi} \quad (8)$$

Onde:

Pf = é o peso final

Pi = é o peso inicial

Figura 06 – Localização da secção das alíquotas para a realização do ensaio de CRA.



Fonte: própria autora.

Figura 07 – Realização do ensaio de CRA para os cortes congelados de frango.



Fonte: própria autora.

4.2.6 Perda por cocção (PPC)

A perda por cozimento das amostras foi determinada conforme metodologia descrita por Honikel (1987). Amostras foram pesadas, embaladas e cozidas em banho-maria (85°C) até atingirem a temperatura interna de 74°C. Após o resfriamento em temperatura ambiente, as amostras foram pesadas novamente para a determinação da PPC, expressa em porcentagem, de acordo com o cálculo:

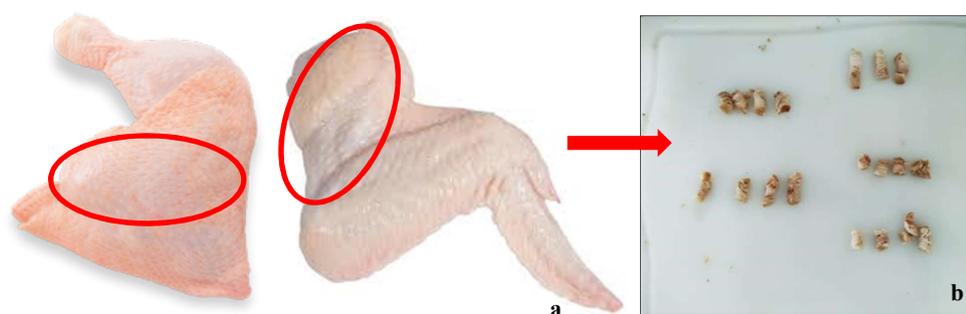
$$PPC = \frac{(P_i - P_f) * 100}{P_i} \quad (9)$$

4.2.7 Força de cisalhamento (FC)

As amostras provenientes da análise de perda por cocção foram direcionadas para análise de força de cisalhamento, a localização da área de secção das alíquotas está

demonstrada na Figura 08 (a). Para tanto, foram seccionadas amostras da porção cranial das coxas das asas e das sobrecoxas de área aproximada de 01 cm², as quais foram dispostas com as fibras orientadas no sentido perpendicular ao do dispositivo (Texturômetro TaxT) e submetidas ao corte, conforme corpos de prova representados na Figura 08 (b) para execução do ensaio em triplicata. A força necessária para cisalhar as amostras foi expressa em Newton de acordo com o método de Lyon *et al.* (1998).

Figura 08 – Representação do local onde foram retiradas as alíquotas para realização do ensaio de força de cisalhamento (a) e a demonstração dos corpos de prova seccionados das amostras para ensaios de força de cisalhamento (b).



Fonte: Própria Autora

4.3 Análise Química (TBARS)

As reações oxidativas são determinadas através do ensaio de reação ao ácido tiobarbitúrico. O teste TBARS se baseia na quantificação do principal aldeído formado durante a oxidação no alimento, o malonaldeído (MDA), que reage com o ácido tiobarbitúrico formando um complexo de cor avermelhada que pode ser determinado espectrofotometricamente (ELDIN, 2010; ROSSEL, 1994). Ele é o método mais aplicado, sendo considerado relevante para avaliação da oxidação lipídica em carnes e produtos cárneos, além de ter fácil aplicabilidade e rápida leitura em ensaios com numerosas amostras. Aldeídos e outros componentes carbonílicos são formados na oxidação lipídica como componentes secundários, que por sua vez, produzem dialdeídos de três carbonos, como malonaldeídos (MDA) e similares.

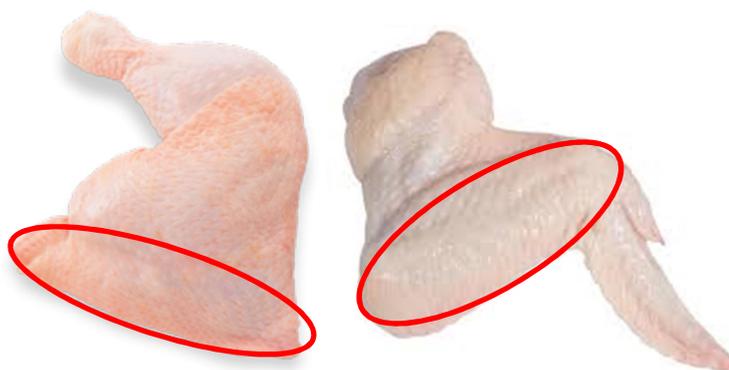
O ensaio de TBARS foi realizado em triplicata conforme Vynclé (1975) com adaptações e se inicia pelo preparo da solução tampão TRIS HCl 100 mM de pH 8,0 para a homogeneização dos tecidos. Foram pesadas alíquotas de 01 g de carne cuja localização está representada na Figura 09, e acondicionadas em falcons previamente identificados, conforme Figura 10 (a). Posteriormente, foram adicionados 9,0 mL de solução tampão, agitados com

Vórtex por cerca de 30 segundos a 19x1000 rpm. Após este procedimento, os falcons contendo as amostras em solução tampão foram centrifugados por 10 minutos a 3.000 rpm. Finalizado o processo de centrifugação, os falcons contendo as amostras foram acondicionados sobre refrigeração.

O conteúdo sobrenadante, resultante do processamento dos falcons, foi pipetado 01 mL em eppendorfs previamente identificados, conforme apresentado na Figura 10 (b), sendo posteriormente armazenados no ultra congelador a -80°C até o momento da análise em espectrofotômetro.

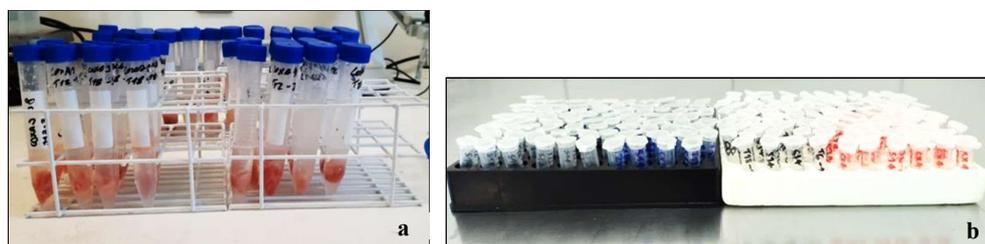
Após preparo das amostras do músculo seccionado, foi realizada a Solução TBARS para produzir as reações de formação do complexo avermelhado, que permitirá a leitura no espectrofotômetro Biospectro a 532 nm, juntamente com as amostras branco (TBA+MDA).

Figura 09 – Localização da região de secção das alíquotas para a realização do ensaio de TBARS.



Fonte: Própria Autora

Figura 10. Preparo dos falcons para realização do ensaio de TBARS (a) e os eppendorffs para posterior leitura em espectrofotômetro (b).



Fonte: Própria Autora

4.4 Análises Microbiológicas

Foram realizadas análises de contagem de *Salmonella* Enteritidis, *E.coli*, *Salmonella* Typhimurium e de Aeróbios mesófilos através de metodologias preconizadas pela Instrução

Normativa 62 (BRASIL, 2003) e comparadas com os resultados preconizados pela IN 60 (ANVISA, 2019).

As amostras foram introduzidas em bolsas estéreis para “Stomacher” com 25 mL de solução salina esterilizada e a seguir homogeneizadas durante 1 min. Os meios de cultura empregados para as contagens foram específicos para cada agente estudado.

A preparação dos meios de cultura foi realizada de acordo com as instruções dos fornecedores. A esterilização foi realizada a 121°C durante 15 min. No caso dos meios STAA e ágar PSD, foi adicionado o suplemento específico de forma asséptica depois da esterilização do meio. Foram preparadas diluições decimais em solução salina (0,85% de NaCl) esterilizada a partir das amostras.

De acordo com o número de microrganismos viáveis esperados, foi semeado 1 mL das diluições desejadas nas placas de Petri. A seguir, foi adicionada a quantidade de ágar a aproximadamente 45°C para cobrir o fundo da placa, e depois, esta foi agitada suavemente para homogeneizar a amostra e o ágar.

4.5 Análise Estatística

Todas as análises estatísticas deste experimento foram realizadas usando software computacional SPSS® 20.0 (IBM SPSS 2020). Análises de variância foram usadas para analisar o efeito das diferentes temperaturas sobre o período de armazenamento. Nos resultados que apresentaram efeito sobre o período, foi utilizado o teste de Tukey para confirmação ou não da interação das diferentes temperaturas sobre o período. Uma regressão linear foi realizada para determinar a interação de cada parâmetro sobre a vida de prateleira tanto do corte congelado asas inteiras, representado pela equação 10, quanto para o corte de coxa e sobrecoxa com porção dorsal, representado pela equação 11, utilizando os preceitos preconizados por Taoukis *et al.* (1997).

$$y = 14,96 + 0,6 * pH - 0,05 * CRA + 0,002 * CIS + 0,16 * DEF + 0,008 * PPC - 0,003 * PPD - 0,01 * VOL + 21,56 * TBARS - 0,09 * L - 0,63 * a - 0,19 * b - 0,91 * h + 0,46 * C + 51 \quad (10)$$

$$y = 1,5 + 0,9 * pH - 0,16 * CIS + 0,23 * DEF - 0,004 * PPD - 0,0001 * PPC + 0,008 * VOL - 9,82 * TBARS + 0,004 * L + 0,09 * a - 0,005 * b - 0,02 * CRA + 0,98 * h - 0,03 * C + 51 \quad (11)$$

Onde: pH representa a média do potencial hidrogeniônico, CRA representa a capacidade de retenção de água, DEF representa a força de deformação, PPC perda por cocção, VOL representa o volume exsudato, TBARS representa a taxa de oxidação lipídica, L representa a luminosidade, a representa a intensidade de vermelho, b representa a intensidade de amarelo, h representa o ângulo Hue, C representa Cromo e 51 o resíduo de correção da regressão.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Testes Físicos:

A seguir serão analisados os resultados oriundos dos testes físicos realizados nos dois cortes de carne expostos às quatro diferentes temperaturas e mantidos ao longo de 14 semanas: i) perda por descongelamento e perda por volume de exsudato, ii) análises de cor, iii) pH, iv) capacidade de retenção de água, v) força de deformação, perda por cocção e força de cisalhamento.

Os resultados para as análises frente ao período de exposição à diferentes temperaturas para os ensaios para perda por descongelamento e volume exsudato estão dispostos na Tabela 02. Os valores para perda por descongelamento e volume exsudato não apresentaram diferença estatística entre o período analisado para os cortes de asas inteiras ($p > 0,116$). No entanto, houve diferença estatística para coxas e sobrecoxas com porção dorsal com relação ao período analisado, quando a perda por descongelamento passou de 32 gramas na semana inicial para 14,4 gramas na semana 14 (temperatura -22°C) ($p < 0,013$). Essa mesma correlação pode ser observada também quando a temperatura é -06°C e este fato pode ser devido ao maior teor de água intramuscular presente no corte analisado; bem como pode estar correlacionado à posição da localização das coxas e sobrecoxas com porção dorsal.

Ao analisar as temperaturas de acondicionamento dos cortes, pode-se perceber, como era esperado, que houve diferença estatística tanto para as asas inteiras quanto para coxas e sobrecoxas com porção dorsal. As asas exibiram uma alteração de 33 gramas na semana inicial à temperatura controle e para 18 gramas na semana 14 à temperatura controle; e

também de 33 gramas na semana inicial à temperatura controle para 27 gramas na semana 14 à temperatura -06°C. As coxas e sobrecoxas com porção dorsal exibiram uma alteração de 32 gramas na semana inicial à temperatura controle para 14 gramas na semana 14 à temperatura controle. Kaewthon *et al.* (2019), em estudos realizados em frangos com supercongelamentos, não encontraram diferenças estatísticas nos valores de perda por descongelamento e volume exsudato em seus experimentos ao longo do período analisado quando analisaram a conservação pelo frio flutuante, resultados contrários aos encontrados por esse estudo.

Tabela 02 – Apresentação dos valores encontrados para o ensaio de perda por descongelamento.

Tratamento	Valor de Perda por Descongelamento (g)				P-Valor
	Tempo de armazenamento (semanas)				
	0	8	12	14	
Corte: Asa					
T-22	33,00±12,04	21,80±7,19 ^a	18,00±9,75 ^b	18,00±2,74 ^c	<0,001
T-18	33,00±12,04	44,00±18,66 ^a	31,00±2,23 ^b	43,00±11,51 ^c	<0,001
T-12	33,00±12,04	33,00±10,93	22,00±7,58	24,00±8,21	<0,001
T-6	33,00±12,04	30,40±3,97	23,00±13,51	27,00±8,36	<0,001
P-valor	>0,116	>0,116	>0,116	>0,116	
Corte: Coxas					
T-22	32,00±5,70 ^{abc}	8,20±6,42 ^a	12,00±4,47 ^b	14,00±7,42 ^c	<0,000
T-18	32,00±5,70 ^{abc}	20,00±5,00 ^a	50,00±9,35 ^b	31,20±7,77 ^c	<0,000
T-12	32,00±5,70 ^{abc}	17,00±4,47 ^a	20,00±7,07 ^b	20,00±4,45 ^c	<0,000
T-6	32,00±5,70 ^{abc}	21,00±4,18 ^a	20,00±7,90 ^b	14,40±6,23 ^c	<0,000
P-valor	<0,013	<0,013	<0,013	<0,013	
Tratamento	Valor de Perda por Volume Exsudato (mL)				P-Valor
	Tempo de armazenamento (semanas)				
	0	8	12	14	
Corte: Asa					
T-22	29,20 ±6,22 ^a	21,80±7,19 ^a	20,02±9,52 ^a	16,90±3,38 ^a	<0,000
T-18	29,20 ±6,22 ^{ab}	46,80±15,28 ^{ab}	33,36±6,51 ^{ab}	40,90±10,28 ^{ab}	<0,000
T-12	29,20 ±6,22	33,00±10,93	24,64±9,97	22,60±8,17	<0,000
T-6	29,20 ±6,22 ^b	30,40±3,97 ^b	22,42±13,36 ^b	23,90±7,62 ^b	<0,000
P-valor	>0,190	>0,190	>0,190	>0,190	
Corte: Coxas					
T-22	7,90±3,96 ^{ab}	9,86±7,69 ^a	11,40±4,95 ^b	12,36±5,24	<0,000
T-18	7,90±3,96 ^{ab}	23,50±5,91 ^a	45,20±9,83 ^b	29,94±11,04	<0,000
T-12	7,90±3,96 ^{ab}	20,70±7,64 ^a	18,60±5,68 ^b	9,02±4,98	<0,000
T-6	7,90±3,96 ^{ab}	24,10±7,10 ^a	18,40±5,94 ^b	13,56±4,85	<0,000
P-valor	<0,014	<0,014	<0,014	<0,014	

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste Tukey (5%).

Os valores encontrados para volume exsudato seguiram a mesma tendência dos resultados encontrados para perda por descongelamento, pois há diferença estatística entre as

temperaturas de armazenamento para asas inteiras: de 29,20 mL na semana inicial à temperatura controle para 16,90 mL na semana 14 à temperatura controle ($p < 0,000$), porém não houve diferença estatística para este corte quando analisado frente ao período ($p > 0,190$).

Assim como para as asas inteiras, as coxas e sobrecoxas com porção dorsal seguiram a mesma tendência de resultados estatísticos da perda por descongelamento, onde há diferença estatística tanto para o período analisado (7,90 mL na semana inicial (-22°C) para 12,36 mL na semana 14 (-22°C) ($p < 0,014$)); quanto para a temperatura (12,36 mL na temperatura -22°C (semana 14) para 13,56 mL na temperatura -06° (semana 14) ($p < 0,000$)). Comparando os resultados encontrados por Bahuaud *et al.* (2008), estes reportaram em seus estudos conduzidos com filés de peixe que houve aumento no tamanho dos cristais de gelo intramuscular ao longo do período de armazenamento, ocasionando uma maior perda de água.

A seguir a Tabela 03 apresenta as médias obtidas para luminosidade (L^*), intensidade de vermelho (a^*), intensidade de amarelo (b^*), ângulo Hue (h^*), ângulo *Croma* (C^*) para os cortes de asas inteiras e coxa e sobrecoxa com porção dorsal de acordo com o período analisado.

Tabela 03 – Resultados para Luminosidade (L^*), intensidade de vermelho (a^*), intensidade de amarelo (b^*), Ângulo Hue (h^*), *Croma* (C^*) para os cortes congelados de asas inteiras e coxa e sobrecoxa com porção dorsal.

Tratamento	Valor das médias para (L^*)				P-Valor
	Tempo de armazenamento (semanas)				
	0	8	12	14	
Corte: Asa					
T-22	68,48±3,89	63,30±2,05 ^a	65,14±4,17	63,35±4,15 ^a	>0,198
T-18	68,48±3,89	64,09±4,27 ^a	62,18±5,95	64,72±4,01 ^a	>0,198
T-12	68,48±3,89	60,93±3,53 ^a	69,66±2,54	67,94±1,37 ^a	>0,198
T-6	68,48±3,89	65,58±3,70 ^a	64,86±1,30	69,28±2,48 ^a	>0,198
P-valor	<0,030	<0,030	<0,030	<0,030	
Corte: Coxas					
T-22	57,20±1,33	59,32±4,30 ^a	60,06±3,86 ^b	54,23±2,37 ^{ab}	>0,957
T-18	57,20±1,33	59,83±5,41 ^a	59,61±2,68 ^b	53,11±2,48 ^{ab}	>0,957
T-12	57,20±1,33	64,57±4,86 ^a	57,37±3,49 ^b	53,91±3,93 ^{ab}	>0,957
T-6	57,20±1,33	61,44±4,16 ^a	59,14±6,15 ^b	54,94±4,97 ^{ab}	>0,957
P-valor	<0,000	<0,000	<0,000	<0,000	
Tratamento	Valor das médias para intensidade de vermelho (a^*)				P-Valor
	Tempo de armazenamento (semanas)				
	0	8	12	14	
Corte: Asa					
T-22	15,94±1,28	17,85±1,07 ^a	15,94±2,23	18,00±2,76 ^a	>0,350
T-18	15,94±1,28	16,28±3,30 ^a	17,03±3,31	14,72±2,75 ^a	>0,350
T-12	15,94±1,28	18,71±1,83 ^a	13,84±2,13	14,02±1,08 ^a	>0,350

T-6	15,94±1,28	15,81±2,09 ^a	16,95±1,25	13,42±1,65 ^a	>0,350
P-valor	<0,040	<0,040	<0,040	<0,040	
Corte: Coxas					
T-22	16,57±0,91	17,25±7,69 ^a	18,87±1,76	19,47±1,48 ^a	>0,779
T-18	16,57±0,91	17,43±3,18 ^a	16,74±2,68	21,45±1,46 ^a	>0,779
T-12	16,57±0,91	15,90±2,75 ^a	18,66±1,09	18,63±1,07 ^a	>0,779
T-6	16,57±0,91	15,84±3,38 ^a	16,69±3,46	19,06±2,49 ^a	>0,779
P-valor	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
Tratamento	Valor das médias intensidade amarelo (b*)				
	Tempo de armazenamento (semanas)				P-Valor
	0	8	12	14	
Corte: Asa					
T-22	11,15±1,42	12,21±0,85	10,48±1,14	7,30±1,90	>0,366
T-18	11,15±1,42	12,26±0,95	11,49±0,99	8,37±0,65	>0,366
T-12	11,15±1,42	9,77±2,36	12,09±1,10	8,17±2,44	>0,366
T-6	11,15±1,42	11,35±1,56	11,26±1,25	7,51±0,53	>0,366
P-valor	>0,788	>0,788	>0,788	>0,788	
Corte: Coxas					
T-22	6,53±2,04	6,96±1,01	7,30±1,90	7,55±1,38	>0,148
T-18	6,53±2,04	8,00±1,31	8,37±0,65	7,71±0,71	>0,148
T-12	6,53±2,04	7,89±1,97	8,17±2,44	7,39±0,75	>0,148
T-6	6,53±2,04	6,83±2,17	7,51±0,53	7,44±1,24	>0,148
P-valor	>0,251	>0,251	>0,251	>0,251	
Tratamento	Valor das médias para o ângulo hue (h*)				
	Tempo de armazenamento (semanas)				P-Valor
	0	8	12	14	
Corte: Asa					
T-22	0,60 ±0,06	0,60±0,05	0,58±0,05	0,55±0,06	>0,425
T-18	0,60 ±0,06	0,65±0,10	0,60±0,11	0,69±0,14	>0,425
T-12	0,60 ±0,06	0,48±0,11	0,72±0,09	0,64±0,09	>0,425
T-6	0,60 ±0,06	0,63±0,13	0,58±0,06	0,69±0,12	>0,425
P-valor	>0,546	>0,546	>0,546	>0,546	
Corte: Coxas					
T-22	0,37 ±0,10 ^{abc}	0,38±0,06 ^a	0,37±0,09 ^b	0,37±0,07 ^c	>0,553
T-18	0,37 ±0,10 ^{abc}	0,43±0,10 ^a	0,47±0,064 ^b	0,34±0,02 ^c	>0,553
T-12	0,37 ±0,10 ^{abc}	0,46±0,13 ^a	0,41±0,13 ^b	0,38±0,04 ^c	>0,553
T-6	0,37 ±0,10 ^{abc}	0,42±0,15 ^a	0,43±0,07 ^b	0,37±0,05 ^c	>0,553
P-valor	<0,000	<0,000	<0,000	<0,000	
Tratamento	Valor das médias para o ângulo Croma (C*)				
	Tempo de armazenamento (semanas)				P-Valor
	0	8	12	14	
Corte: Asa					
T-22	19,48±1,30	21,22±0,79	19,09±2,40	21,37±2,33	>0,220
T-18	19,48±1,30	20,19±1,99	20,61±2,97	19,46±2,37	>0,220
T-12	19,48±1,30	22,06±1,11	18,31±1,77	18,07±1,08	>0,220
T-6	19,48±1,30	19,69±1,27	20,29±1,22	17,57±1,84	>0,220
P-valor	>0,087	>0,087	>0,087	>0,087	
Corte: Coxas					

T-22	17,88±1,37 ^{ab}	18,64±2,23 ^a	20,30±1,77	20,93±1,32 ^b	>0,655
T-18	17,88±1,37 ^{ab}	19,26±2,78 ^a	18,75±2,47	22,80±1,54 ^b	>0,655
T-12	17,88±1,37 ^{ab}	17,88±2,43 ^a	20,50±0,51	20,05±1,01 ^b	>0,655
T-6	17,88±1,37 ^{ab}	17,42±2,97 ^a	18,37±3,22	20,49±2,58 ^b	>0,655
P-valor	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste Tukey (5%).

Foi observada influência estatística nos valores de luminosidade ao longo do período analisado para os cortes de asas inteiras (68,48 na semana inicial à -22°C para 63,35 na semana 14 à -22°C) ($p < 0,030$), porém sem diferença estatística quando os resultados são comparados entre as temperaturas analisadas ficando a 65,14 à -22°C para 64,86 à -06°C na semana 12 ($p > 0,198$). Os cortes de coxas e sobrecoxa com porção dorsal seguem a mesma tendência das asas inteiras, ocorrendo influência estatística ao longo do período analisado de 57,20 à -22°C na semana inicial para 54,23 à -22°C na semana 14 ($p < 0,000$) e sem diferença estatística quando comparados entre as temperaturas analisadas (54,23 à -22°C para 54,94 à -06°C na semana 14).

Em ambos os cortes foi possível observar que, ao longo do período analisado, a carne perdeu luminosidade, podendo estar correlacionado a uma maior perda da capacidade de retenção de água, aumentando os volumes de líquidos presentes na superfície do músculo e por consequência afetando a luminosidade do corte. Berri *et al.* (2001) relataram que a seleção para peso corporal mais elevado e a produção maior de carne de peito levou a valores de luminosidades maiores em grupos comerciais do que em grupos experimentais. Devatkal *et al.* (2019) relataram que não houve diferença significativa na luminosidade das carnes de frango frescas ou refrigeradas para frangos de crescimento lento e rápido. Para Özbek *et al.* (2020), a alteração da luminosidade mais pronunciada pode estar correlacionada com o genótipo do animal.

Foi percebida diferença estatística na intensidade de vermelho (a^*) para o corte de asas inteiras ao longo do período de armazenamento ($p < 0,04$), tornando o corte mais escuro quando se compara o período inicial (15,94 à -22°C) com o período final do teste (18,00 à -22°C). Resultados semelhantes forma percebidos para o corte de coxas e sobrecoxas com porção dorsal, onde o corte se tornou com a intensidade de vermelho ligeiramente mais escura ao longo do período de testes iniciando com 16,57 à -22°C na semana zero e com 19,47 à -22°C na semana 14 ($p < 0,000$). Esse aumento dos valores de a^* é causado pelo aparecimento de zonas vermelhas devido ao maior conteúdo de mioglobina (Dalle Zotte *et al.*, 2017).

A análise estatística não encontrou diferenças significativas para a intensidade de amarelo (b^*) nos cortes de asas inteiras para o período analisado com 11,25 à -22°C na

semana inicial para 10,48 à -22°C na semana 12 ($p>0,788$). Houve um declínio maior na semana 14 para a intensidade de amarelo (b^*) com valores de 7,30 à -22°C, apresentando influência do período quando este é extrapolado indicando possível aumento da oxidação lipídica, porém sem influência estatística ou diferenças nas qualidades sensoriais da carne. Também não houve diferença estatística para intensidade de amarelo (b^*) frente às temperaturas de armazenamento com 10,48 à -22°C para 11,26 à -06°C na semana 12 ($p>0,366$). Os cortes de coxa e sobrecoxa com porção dorsal seguem a mesma tendência de resultados encontrados para asas inteiras, não sofrendo diferenças estatísticas para a intensidade de amarelo ao longo do período analisado iniciando em 6,53 à -22°C para o início dos testes para 7,55 à -22°C na última semana de ensaios ($p>0,251$) tampouco há diferenças estatísticas quando se compara a influência da temperatura sobre o mesmo período com valores de 7,55 à -22°C para 7,44 à -06°C na semana 14. Em um estudo, foi encontrado que carnes de frango criados em sistemas livres apresentaram maiores valores de intensidade de amarelo (b^*) e baixos valores de intensidade de vermelho (a^*) devido à intensidade da atividade física durante o período de criação (Da Silva *et al.* 2017). Está bem documentado que a cor mais escura da carne da coxa é devido às concentrações mais elevadas de mioglobina e de pigmentos de hemoglobina, bem como um pH mais elevado quando comparado com a carne do peito de frango.

Foi possível observar que não houve diferença estatística para os resultados encontrados para o Ângulo Hue para os cortes de asas inteiras tanto frente ao período analisado quanto às diferentes temperaturas de analisado, com valores de 0,60 à -22°C na semana inicial para 0,55 à -22°C na semana 14 ($p>0,546$) e permanecendo com valores 0,58 tanto na temperatura controle (-22°C) quanto na temperatura -06°C ($p>0,425$). O Ângulo Hue (h°) é considerado um atributo qualitativo de cor com as cores que definidas tradicionalmente como avermelhadas, esverdeadas, etc. (Pathare *et al.*, 2013). Graficamente consideramos o ângulo de 0° como a cor vermelha, o ângulo de 90°, amarelo, o ângulo de 180°, verde, e o ângulo de 270°, azul (SHEWFELT *et al.* 1988; MCGUIRE, 1992). De acordo com os resultados obtidos foi possível corroborar tons mais avermelhados para as amostras analisadas de acordo com os valores encontrados para os ângulos de Hue.

No decorrer do período de ensaios, foi possível verificar que não houve diferença estatística para os resultados de Croma encontrados para as asas inteiras ao longo do período analisado (19,48 à -22°C na semana inicial para 21,37 à -22°C na semana 14) ($p>0,08$) nem frente às temperaturas de exposição (19,09 à -22°C para 20,29 à -06°C na semana 12 do experimento). No entanto, houve diferença estatística nos resultados encontrados para coxas e

sobrecoxas com porção dorsal ao longo do período analisado, sendo 17,88 à -22°C na semana inicial para 20,93 à -22°C para a semana 14 ($p < 0,001$), porém, assim como nas asas inteiras, a temperatura não causou efeito estatístico sobre os resultados (20,93 à -22°C para 20,49 à -06°C na semana 14). A saturação está ligada diretamente à concentração do elemento corante e representa um tributo quantitativo para intensidade. Quanto maior o croma maior a saturação das cores perceptíveis aos humanos. Cores neutras possuem baixa saturação, enquanto cores puras possuem alta saturação e, portanto, mais brilhantes na percepção humana (PATHARE; OPARA; AL-SAID, 2013; SHEWFELT; THAI; DAVIS, 1988).

Os resultados encontrados para o parâmetro pH apresentaram diferenças estatística frente ao período de quatorze semanas para ambos os cortes. A Tabela 04 apresenta os resultados obtidos para o pH ao longo do tempo frente às temperaturas de armazenamento.

Tabela 04 – Valores de pH para os cortes congelados de asas inteiras e coxas e sobrecoxas com porção dorsal ao longo do período de ensaios.

Tratamento	Valor de pH				P-Valor
	Tempo de armazenamento (semanas)				
	0	8	12	14	
Corte: Asa					
T-22	5,94±0,13 ^{ac}	6,4 ± 0,15 ^b	6,64±0,33 ^{ab}	6,49±0,10 ^c	>0,305
T-18	5,94±0,13 ^{ac}	5,4 ± 0,05 ^b	6,63±0,22 ^{ab}	6,46±0,14 ^c	>0,305
T-12	5,94±0,13 ^{ac}	6,4 ± 0,16 ^b	6,57±0,07 ^{ab}	6,52±0,07 ^c	>0,305
T-6	5,94±0,13 ^{ac}	6,3 ± 0,22 ^b	6,75±0,24 ^{ab}	6,38±0,19 ^c	>0,305
P-valor	<0,000	<0,000	<0,000	<0,000	
Corte: Coxa					
T-22	6,28±0,14 ^{ab}	6,24±0,26 ^b	6,75±0,09 ^a	6,74±0,13 ^{ab}	>0,736
T-18	6,28±0,14 ^{ab}	6,45±0,22 ^b	6,56±0,22 ^a	6,76±0,14 ^{ab}	>0,736
T-12	6,28±0,14 ^{ab}	6,28±0,31 ^b	6,74±0,08 ^a	6,60±0,31 ^{ab}	>0,736
T-6	6,28±0,14 ^{ab}	6,37±0,21 ^b	6,63±0,10 ^a	6,82±0,05 ^{ab}	>0,736
P-valor	<0,000	<0,000	<0,000	<0,000	

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste Tukey (5%).

Para o ensaio de pH pode-se observar que houve diferença estatística nos valores encontrado para asas inteiras frente ao período analisado, iniciando com pH 5,94 à -22°C na semana zero e finalizando em 6,49 à -22°C na semana 14 ($p > 0,05$). Porém, não houve diferenças estatísticas nos resultados encontradas quando estes são comparados entre as temperaturas de armazenamento, ficando com 6,49 à -22°C na semana 14 para 6,38 à -06°C no mesmo período analisado ($P > 0,305$).

Resultados mais alcalinos foram encontrados nos cortes de coxa e sobrecoxa com porção dorsal com diferença estatística quando analisado o período de exposição (6,28 à -22°C na semana zero, para 6,74 à -22°C na semana 14) ($p < 0,000$), porem não há diferença

estatística presente entre as diferentes temperaturas de armazenamento quando comparadas dentro da mesma semana (6,74 à -22°C para 6,82 à -06°C na semana 14) ($p>0,736$). GENKEV *et al.* (2008) citam que os valores de pH são dependentes do glicogênio armazenado no músculo, o qual é altamente influenciado pela atividade locomotora, e aos fatores pré-abate, e relatam um consumo mais rápido do glicogênio após o abate e a produção de ácido lático em estudo com codornas de idade mais avançada. Outra possível diferença está relacionada à desnaturação proteica sarcoplasmática muscular relacionada ao pH superior a 6.0 (Anadón, 2002), uma vez que os valores para pH das coxas encontradas na literatura ficam em torno de 5.29 e 5.89 (Özbek *et al.*, 2020).

Para a capacidade de retenção de água, a análise estatística mostrou que há interação entre as temperaturas e o período de armazenamento ($p<0,05$). A Tabela 05 apresenta os resultados das médias com os referidos valores para a capacidade de retenção de água (CRA) em comparação com o período e a temperatura de armazenamento.

Tabela 5 – Resultados apresentados para a CRA para os cortes congelados de frango ao longo do período de testes.

Tratamento	Valor de CRA				P-Valor
	Tempo de armazenamento (semanas)				
	0	8	12	14	
Corte: Asa					
T-22	83,29±10,0 ^a	77,77 ± 2,09	76,34 ± 2,66	75,02 ± 2,27 ^a	<0,029
T-18	83,29±10,0 ^{aA}	82,07 ± 1,64 ^A	76,68 ± 3,20	77,58 ± 2,50 ^{aA}	<0,029
T-12	83,29±10,0 ^{aA}	76,74 ± 2,14 ^A	77,02 ± 1,88	72,42 ± 3,41 ^{aA}	<0,029
T-6	83,29±10,0 ^a	77,72 ± 1,74	74,40 ± 0,97	75,62 ± 1,99 ^a	<0,029
P-valor	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	
Corte: Coxa					
T-22	75,78±6,55	71,19±2,32	74,66±4,99	71,81±2,60	>0,658
T-18	75,78±6,55	73,17±2,87	75,55±2,48	75,30±4,50	>0,658
T-12	75,78±6,55	75,42±3,29	73,59±3,26	73,94±3,52	>0,658
T-6	75,78±6,55	73,11±3,07	73,88±2,54	75,09±3,15	>0,658
P-valor	>0,110	>0,110	>0,110	>0,110	

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste Tukey (5%).

Foi observado um declínio na capacidade de retenção de água frente ao período de armazenamento no corte de asas inteiras: 83,29% na semana inicial e à -22°C para 75,02% na semana 14 à -22°C ($p<0,001$). Diferenças foram encontradas também por Cayllahua (2020), que relatou que as carnes de peito de frango tendem a diminuir a capacidade de retenção de água (71,25% no início, para 62,80% quando armazenadas por 12 meses) ($p<0,05$) ao longo do tempo de armazenamento, podendo estar correlacionado à formação de grandes cristais de

gelo no meio extracelular, danificando a estrutura das membranas celulares e promovendo a perda da água por exsudação (Varnan e Sutherland, 1995).

No entanto, não foi possível observar diferenças estatísticas entre os resultados encontrados para capacidade de retenção de água para os cortes de coxa e sobrecoxa com porção dorsal: 75,78% na semana inicial à -22°C para 75,09% na semana 14 à -06°C ($p>0,110$), corroborando com o estudo conduzido por Özbek *et al.* (2020), o qual não encontrou diferenças estatísticas para a capacidade de retenção de água quando avaliaram as diferenças entre sistemas de criação, visto que os valores de pH permanecem perto de 6.0. Devatkal *et al.* (2019) apontam que, além da correlação com os valores de pH, outras características musculares como a composição química e o diâmetro da fibra muscular influenciam a capacidade de retenção de água.

Durante o ensaio de força de deformação, perda por cocção e força de cisalhamento, foi possível observar diferenças estatísticas nos valores encontrados para asas inteiras ao longo do período de testes, porém sem interferência nos resultados estatísticos quando a comparação é realizada entre as temperaturas de um mesmo período de testes. Já nos resultados para os cortes de coxa e sobrecoxa com porção dorsal foi possível observar comportamento semelhantes às asas inteiras nos ensaios de força de deformação e força de cisalhamento, no entanto o ensaio de perda por cocção houve diferença estatística tanto ao longo do período analisado quanto na comparação das diferentes temperaturas de exposição dentro de um mesmo período. A tabela 06 apresenta os resultados para os ensaios descritos com as respectivas diferenças estatísticas.

Tabela 06 – Resultados para os ensaios de Força de Deformação, Perda por Cocção e Força de Cisalhamento para os cortes congelados de asas inteiras e coxas e sobrecoxas com porção dorsal durante o período de testes.

Tratamento	Valor de Força de Deformação (N/mm)				P-Valor
	Tempo de armazenamento (semanas)				
	0	8	12	14	
Corte: Asa					
T-22	6,39±3,75 ^{abc}	4,18±1,29 ^a	4,24±0,44 ^b	4,25±0,75 ^c	>0,282
T-18	6,39±3,75 ^{abc}	4,56±1,06 ^a	4,27±0,74 ^b	3,93±0,73 ^c	>0,282
T-12	6,39±3,75 ^{abc}	4,05±1,58 ^a	4,36±0,66 ^b	3,65±0,90 ^c	>0,282
T-6	6,39±3,75 ^{abc}	3,91±0,75 ^a	4,46±1,02 ^b	4,45±0,83 ^c	>0,282
P-valor	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	
Corte: Coxa					
T-22	2,94±0,86 ^a	0,96±0,17 ^{abc}	1,61±0,37 ^b	5,78±0,82 ^c	>0,954
T-18	2,94±0,86 ^a	1,20±0,41 ^{abc}	1,65±0,64 ^b	6,35±0,85 ^c	>0,954
T-12	2,94±0,86 ^a	1,17±0,21 ^{abc}	1,44±0,18 ^b	5,75±0,85 ^c	>0,954

T-6	2,94±0,86 ^a	1,23±0,32 ^{abc}	1,76±0,60 ^b	6,52±1,43 ^c	>0,954
P-valor	<0,000	<0,000	<0,000	<0,000	
Tratamento	Valor de Perda Por Cocção (PPC)				P-Valor
	Tempo de armazenamento (semanas)				
	0	8	12	14	
	Corte: Asa				
T-22	28,00±8,36 ^{ab}	66,00±61,88 ^c	80,00±21,79 ^a	75,00±7,07 ^{bc}	>0,474
T-18	28,00±8,36 ^{ab}	36,00±13,87 ^c	78,00±13,96 ^a	58,00±9,08 ^{bc}	>0,474
T-12	28,00±8,36 ^{ab}	48,00±14,40 ^c	98,00±9,61 ^a	70,00±8,66 ^{bc}	>0,474
T-6	28,00±8,36 ^{ab}	43,00±11,51 ^c	81,00±17,46 ^a	62,00±25,64 ^{bc}	>0,474
P-valor	<0,000	<0,000	<0,000	<0,000	
	Corte: Coxa				
T-22	30,00±7,90 ^{abcA}	64,00±56,05 ^{aA}	78,00±41,67 ^{bA}	76,00±30,08 ^{cA}	<0,000
T-18	30,00±7,90 ^{abcABC}	149,00±25,34 ^{aABC}	137,00±19,55 ^{bABC}	96,00±27,47 ^{cABC}	<0,000
T-12	30,00±7,90 ^{abcB}	150,00±18,37 ^{aB}	129,0±36,81 ^{bB}	95,00±33,73 ^{cB}	<0,000
T-6	30,00±7,90 ^{abcC}	126,00±24,60 ^{aC}	139,00±16,73 ^{bC}	98,00±52,98 ^{cC}	<0,000
P-valor	<0,000	<0,000	<0,000	<0,000	
Tratamento	Valor de Força de Cisalhamento (N)				P-Valor
	Tempo de armazenamento (semanas)				
	0	8	12	14	
	Corte: Asa				
T-22	1,70±0,73	6,22±2,14	4,36±1,87	5,50±1,47	>0,451
T-18	1,70±0,73	4,95±1,94	4,49±2,46	5,37±1,23	>0,451
T-12	1,70±0,73	5,45±2,72	5,40±2,59	4,67±1,03	>0,451
T-6	1,70±0,73	5,72±2,90	3,65±0,97	4,21±1,28	>0,451
P-valor	>0,231	>0,231	>0,231	>0,231	
	Corte: Coxa				
T-22	12,02±1,41 ^{ab}	6,26±0,66 ^c	5,57±1,48 ^a	4,46±0,49 ^{bc}	>0,05
T-18	12,02±1,41 ^{ab}	6,03±0,85 ^c	5,98±2,22 ^a	4,23±1,46 ^{bc}	>0,05
T-12	12,02±1,41 ^{ab}	4,98±0,96 ^c	5,00±1,13 ^a	4,18±0,96 ^{bc}	>0,05
T-6	12,02±1,41 ^{ab}	5,80±0,36 ^c	4,98±1,20 ^a	4,22±0,90 ^{bc}	>0,05
P-valor	<0,000	<0,000	<0,000	<0,000	

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste Tukey (5%).

Para os valores de força de deformação para os cortes de asas inteiras, a diferença estatística se apresentou representativa ao longo do período, iniciando 6,39 à -22°C na semana zero para 4,25 à -22°C na semana 14 ($p < 0,002$). Já comparando as temperaturas de armazenamento, não foi possível visualizar diferenças estatísticas quando comparadas com mesmo período, ficando com valores de 4,25 à -22°C para 3,65 à -06°C na semana 14 ($p > 0,282$). Os resultados apresentados para coxa e sobrecoxa com porção dorsal possuem a mesma tendência que os valores para asas inteiras, havendo diferença estatística frente ao período analisado quando comparados com a mesma temperatura (2,94 à -22°C na semana zero, para 1,61 à -22°C na semana 14) ($p < 0,000$) e as temperaturas não influenciando

estatisticamente os valores encontrados quando estes são comparados dentro do mesmo período (5,78 à -22°C para 6,52 à -06°C na semana 14) ($p>0,954$). Os resultados obtidos para força de deformação, perda por cocção e força de cisalhamento estão diretamente relacionados com os valores de pH. De acordo com Anadón (2002), um pH maior que 6,0 irá apresentar maior retenção de água, e por consequência melhores resultados para estes atributos da qualidade da carne.

A perda por cocção para asas inteiras diferiram estatisticamente para o período analisado, iniciando com 28 gramas à -22°C na semana zero e perdendo 80 gramas à -22°C na semana 14 ($p<0,000$); quando se compara as deferentes temperaturas dentro de um período de testes não é possível perceber diferenças estatísticas (de 75 gramas à -22°C para 62 gramas à -06°C na semana quatorze de ensaios) ($p>0,474$). No entanto, para coxas e sobrecoxas com porção dorsal, houve diferença estatísticas tanto entre os períodos analisados iniciando com peso de 30 gramas à -22°C na semana inicial aumentando para 80 gramas à -22°C na semana final do ensaio; quanto às temperaturas de exposição quando comparadas dentro de cada período, iniciando com peso 76 gramas à -22°C e aumentando para 98 gramas à -06°C na semana 14. Lonergan *et al.* (2003) relatam que aves de crescimento rápido perdem mais água durante o cozimento do que as aves criadas de forma lenta, isso se deve ao fato do aumento do teor de gordura intramuscular em aves de crescimento rápido ser maior do que quando comparadas com os genótipos de crescimento lento.

A força de cisalhamento não é influenciada estatisticamente pelo período de armazenamento tanto para asas inteiras com valores iniciando em 1,70 à -22°C na semana zero e aumentando para 5,50 à mesma temperatura na semana 14 ($p>0,231$). No entanto, sofreu influência estatística para coxas e sobrecoxas com porção dorsal, iniciando com resultados de 12 à -22°C para a semana zero e diminuindo para 4,42 à -22°C na semana 13 ($p<0,000$). No entanto, quando comparamos as temperaturas de armazenamento dentro de um mesmo período, tanto os cortes de asas inteiras quanto coxas e sobrecoxas com porção dorsal não apresentam diferenças estatísticas dentro da semana 14 com valores controle de 5,50 à -22°C diminuindo levemente para 4,21 à -06°C ($p>0,708$) e 4,46 à -22°C diminuindo levemente para 4,22 à -06°C ($p>0,05$) respectivamente.

Segundo Özbek *et al.* (2020) a textura e a diminuição da firmeza estão diretamente ligadas à retenção de água intramuscular. Isto pode decorrer pelo fato de que os cortes musculares de asas inteiras e coxa e sobrecoxa com porção dorsal possuem maior teor de gordura intramuscular, promovendo uma menor diferença entre esses parâmetros quando comparadas com cortes de fibras musculares predominantemente brancas. Assim como em

nossos estudos, Kaewthong *et al.* (2019) também concluíram que a força de cisalhamento não sofre influência da temperatura sobre o período de armazenamento, portanto não alterando estas propriedades ao longo do período analisado.

5.2. Teste Químico:

As taxas de oxidação lipídica é um dos ensaios mais importantes para a caracterização da formação de compostos indesejáveis no alimento, uma vez que limita sua vida de prateleira e, portanto, sendo um dos mecanismos primários da deterioração da qualidade em produtos alimentícios (MARIUTTI e BRAGAGNOLLO, 2009). As taxas para oxidação lipídica tanto para asas inteiras quanto para coxas e sobrecoxas com porção dorsal estão dispostas na Tabela 07.

Tabela 07 – Resultados obtidos para as taxas de oxidação lipídicas para os cortes congelados de asas inteiras e coxas e sobrecoxas com porção dorsal ao longo do período de testes.

Tratamento	Valor de TBAR (MDA/kg)				P-Valor
	Tempo de armazenamento (semanas)				
	0	8	12	14	
Corte: Asa					
T-22	0,053±0,005	0,050±0,004	0,051±0,005	0,050±0,005	>0,171
T-18	0,053±0,005	0,045±0,004	0,048±0,003	0,051±0,002	>0,171
T-12	0,053±0,005	0,050±0,003	0,049±0,006	0,047±0,002	>0,171
T-6	0,053±0,005	0,048±0,008	0,048±0,003	0,046±0,003	>0,171
P-valor	>0,395	>0,395	>0,395	>0,395	
Corte: Coxa					
T-22	0,036±0,004 ^{ab}	0,039±0,003	0,038±0,005 ^{ac}	0,044±0,003 ^{bc}	>0,957
T-18	0,036±0,004 ^{ab}	0,040±0,004	0,035±0,005 ^{ac}	0,040±0,002 ^{bc}	>0,957
T-12	0,036±0,004 ^{ab}	0,038±0,004	0,035±0,002 ^{ac}	0,041±0,003 ^{bc}	>0,957
T-6	0,036±0,004 ^{ab}	0,038±0,003	0,038±0,005 ^{ac}	0,042±0,005 ^{bc}	>0,957
P-valor	<0,000	<0,000	<0,000	<0,000	

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si pelo teste Tukey (5%).

A oxidação lipídica para os cortes de asas inteiras não sofreu diferença estatística ao longo do período analisado, iniciando com valores de 0,053 à -22°C na semana zero finalizando em 0,050 à -22°C na semana 14; tampouco se visualiza diferença estatística na interação da temperatura dentro do mesmo período do teste (com 0,050 à -22°C para 0,046 à -06°C na semana 14).

Para os cortes de coxas e sobrecoxas com porção dorsal foi possível perceber alteração mais acentuada no período entre a semana 12 e 14, com valores de 0,038 à -22°C na semana 12 aumentando para 0,044 à mesma temperatura na semana 14, já a diferença entre os

valores encontrados para o período compreendido entre a semana inicial e a semana 12 foi de 0,003 MDA/kg (0,036 à -22°C na semana zero para 0,038 à -22°C para semana 12), caracterizando uma maior oxidação lipídica após as 12 semanas dos testes acelerados de vida de prateleira e, portanto, evidenciando que após 12 meses do prazo de validade, o produto estará sujeito a maiores perdas das características sensoriais.

Segundo MARIUTTI e BRAGAGNOLO (2009), dentre os fatores extrínsecos que contribuem para o desenvolvimento da oxidação lipídica em carnes está a temperatura de armazenamento e essas alterações podem ser percebidas pela mudança de sabor, cor, textura, de valor nutricional e pela produção de compostos potencialmente tóxicos. Apesar de haver uma taxa de oxidação lipídica, esta ainda encontra-se dentro dos parâmetros encontrados em literatura. Segundo estudos conduzidos por Funaro *et al.* (2014), os valores encontrados para taxa oxidativa de coxa é de 0,10 a 0,13 mg de MDA/kg muito relacionado à dieta ofertada aos animais nos diferentes sistemas de criação.

Com relação à metodologia aplicada para obtenção das taxas oxidativas foi possível evidenciar que o método de extração não é o mais confiável. Segundo estudos apresentados por Osawa *et al.* (2005), o método de destilação, proposto por Tarladgis *et al.* (1960) é o mais indicado e empregado em produtos cárneos. Os autores ainda relatam que o método de extração, utilizado neste experimento, possui como algumas das vantagens a facilidade e a simplicidade do ensaio se tornando mais rápido frente à numerosas amostras. No entanto, o mesmo método possui como desvantagem a menor sensibilidade perante o grande número outros compostos interferentes (cadeias de ácidos graxos com diferentes pesos moleculares).

5.3. Testes Microbiológicos:

Foram analisados todos os parâmetros microbiológicos preconizados na legislação vigente. Os valores encontrados foram transformados em escala logarítmica para se tornar possível uma análise mais detalhada das interações tanto do período de testes quanto das temperaturas de exposição. A Tabela 08 apresenta os parâmetros referenciados pela Instrução Normativa IN 60/2019 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (BRASIL,2019), já os resultados médios para os cortes congelados das asas inteiras e coxas e sobrecoxas com porção dorsal estão dispostos na Tabela 09.

Tabela 08 – Padrões preconizados pela Instrução Normativa 60/2019 para carne de aves ou miúdos crus, temperados ou não refrigerados ou congelados.

Microrganismo	n	C	m	M
---------------	---	---	---	---

Aeróbios mesófilos/g	5	3	1,0x10 ⁵	1,0x10 ⁶
<i>Escherichia coli</i>/g	5	3	5x10 ²	5x10 ³
<i>Salmonella</i> Typhimuriun 25/g	5	0	Ausente	Ausente
<i>Salmonella</i> Enteritidis 25/g	5	0	Ausente	Ausente

Fonte: BRASIL (2019)

Tabela 09 – Resultados médios obtidos para o microrganismo Aeróbios Mesófilos para os cortes congelados das asas inteiras e coxas e sobrecoxas com porção dorsal.

Tempo de Armazenamento (Semanas)													
Asas (n=5) (log)													
	0			8			12			14			<i>p-value</i>
	Mínimo	Máximo	Médio	Mínimo	Máximo	Médio	Mínimo	Máximo	Médio	Mínimo	Máximo	Médio	
T-22	3,00	4,00	3,69	3,94	3,94	3,94	3,11	3,50	3,37	3,11	3,97	3,61	>0,233
T-18	3,00	4,00	3,69	3,64	3,64	3,64	3,17	3,39	3,30	2,77	3,79	3,47	
T-12	3,00	4,00	3,69	3,20	3,20	3,20	3,00	3,79	3,44	3,20	3,55	3,46	
T-6	3,00	4,00	3,69	2,95	2,95	2,95	3,25	4,20	3,98	3,11	3,39	3,27	
<i>p-value</i> >0,671													
Tempo de Armazenamento (Semanas)													
Coxas (n=5) (log)													
	0			8			12			14			<i>p-value</i>
	Mínimo	Máximo	Médio	Mínimo	Máximo	Médio	Mínimo	Máximo	Médio	Mínimo	Máximo	Médio	
T-22	1,00	3,63	3,18 ^{abA}	2,60	2,60	2,60 ^{bc}	2,30	3,39	3,13 ^a	3,43	3,89	3,64 ^{cA}	P<0,000
T-18	1,00	3,63	3,18 ^{abA}	3,07	3,07	3,07 ^{bc}	1,00	2,30	1,86 ^a	3,43	3,51	3,47 ^{cA}	
T-12	1,00	3,63	3,18 ^{abA}	3,11	3,11	3,11 ^{bc}	2,30	3,11	2,93 ^a	3,14	3,61	3,43 ^{cA}	
T-6	1,00	3,63	3,18 ^{abA}	3,36	3,36	3,36 ^{bc}	1,00	2,47	2,13 ^a	3,50	3,99	3,83 ^{cA}	
<i>p-value</i> <0,000													

^{a,b,c}Médias seguidas por letras distintas (nas colunas) diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05) para o período de armazenamento. ^AMédias seguidas por letras distintas (nas colunas) diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05) para a temperatura de armazenamento.

Os cortes para asas inteiras não apresentaram diferença estatística frente ao período analisado com valores médios de 3,69 à -22°C para semana zero e diminuindo ligeiramente para 3,61 à -22°C na semana 14 ($p>0,671$). Na comparação das diferentes temperaturas de armazenamento dentro do mesmo período também não foi possível verificar diferença estatística com resultados partindo de 3,37 à -22°C para 3,98 à -06°C para a semana 12. Já para os cortes de coxa e sobrecoxa com porção dorsal, houve diferença estatística tanto comparando os períodos de execução do teste (3,18 à -22°C na semana inicial, aumentando para 3,64 à -22°C na semana 14) ($p<0,000$) quanto comparando as diferentes temperaturas dentro de um mesmo período (3,64 à -22°C para 3,83 à -06°C dentro da semana 14) ($P<0,000$).

Apesar de todos os valores encontrados estarem dentro dos padrões exigidos pela Instrução Normativa nº 60/2019 (BRASIL,2019) é possível verificar a influência do período de armazenamento e da temperatura sobre qualidade da carne de frango. Fato evidenciado por MARIUTTI e BRAGAGNOLO (2009), que em seus estudos apontaram como sendo a temperatura de armazenamento umas das principais causas nas alterações na qualidade da carne produzindo compostos potencialmente tóxicos.

Para os demais organismos analisados também não foram encontrados resultados em desacordo com a legislação vigente. Os valores encontrados foram comparados com os limites preconizados pela Instrução Normativa nº 60/2019 (BRASIL, 2019) que estabelece padrões microbiológicos para alimentos, definindo a aceitabilidade de um alimento ou de um lote de alimento, baseado na ausência, presença, ou número de micro-organismos, ou na concentração das suas toxinas ou metabólitos, por unidade de massa, volume, área ou lote. A Tabela 10 apresenta os resultados obtidos para os cortes de asas inteiras e coxas e sobrecoxas com porção dorsal. Nos ensaios realizados não foram quantificadas Unidades Formadoras de Colônia para *Escherichia coli*, *Salmonella* Enteritidis e *Salmonella* Typhimurium.

Tabela 10 – Resultados obtidos para enumeração de *Escherichia coli*, *Salmomella* Enteritidis e *Salmonella* Typhimurium para os cortes de frango congelados de asas inteiras e coxas e sobrecoxas com porção dorsal ao longo do período estudado.

Tratamento	<i>E. coli</i>			
	Tempo de armazenamento (semanas)			
	0	8	12	14
Corte: Asa				
T-22	<1,0 x 10 ²	<1,0 x 10 ²	<1,0 x 10 ²	<1,0 x 10 ²
T-18	<1,0 x 10 ²	<1,0 x 10 ²	<1,0 x 10 ²	<1,0 x 10 ²
T-12	<1,0 x 10 ²	<1,0 x 10 ²	<1,0 x 10 ²	<1,0 x 10 ²
T-6	<1,0 x 10 ²	<1,0 x 10 ²	<1,0 x 10 ²	<1,0 x 10 ²

Corte: Coxa				
T-22	<1,0 x 10 ²			
T-18	<1,0 x 10 ²			
T-12	<1,0 x 10 ²			
T-6	<1,0 x 10 ²			

Tratamento	Salmonella Enteritidis			
	Tempo de armazenamento (semanas)			
	0	8	12	14
Corte: Asa				
T-22	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
T-18	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
T-12	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
T-6	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente

Corte: Coxa				
T-22	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
T-18	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
T-12	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
T-6	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente

Tratamento	Salmonella Typhimurium			
	Tempo de armazenamento (semanas)			
	0	8	12	14
Corte: Asa				
T-22	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
T-18	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
T-12	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
T-6	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente

Corte: Coxa				
T-22	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
T-18	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
T-12	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente
T-6	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente

6 CONCLUSÕES

Ao final das análises, percebeu-se que os cortes foram levemente impactados pelo período de armazenamento superior a 14 semanas, comprovando que a extrapolação do prazo de validade do alimento, de 12 para 14 meses, compromete sua estabilidade. Ao término deste estudo, foi possível concluir que as metodologias desenvolvidas e a aplicabilidade dos Testes Acelerados de Vida de Prateleira podem ser incluídas nas rotinas metodológicas para determinação dos padrões das propriedades tecnológicas e predizer o prazo de validade dos cortes de frango de fibra muscular predominantemente mista, visto que diferem dos cortes de peito na sua composição dos tecidos e na morfologia das fibras musculares esqueléticas.

REFERÊNCIAS

- ABDALLAH, M. B.; MARCHELLO, J. A.; AHMAD, H. A. Effect of freezing and microbial growth on myoglobin derivatives of beef. **Journal of Food, Agriculture and Environment**, Helsinki, v. 47, n. 10, p. 4093-4099, 1999. DOI: 10.1021/jf9809434.
- AL-JASSER, M. S. Effects of cooling and freezing temperatures on microbial and chemical properties of chicken meat during storage. **Journal of Food, Agriculture and Environment**, Helsinki, v. 10, n. 1, p. 113-116, Jan. 2012.
- ANADÓN, H. L. S. **Biological, nutritional and processing factors affecting breast meat quality of broilers**. 2002. 171 f. Thesis (Doctor of Philosophy in Animal and Poultry Sciences) – Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University, 2002
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL. **Relatório Anual 2020**. São Paulo: ABPA, 2020. Disponível em: <https://abpa-br.org/relatorios/>. Acesso em: 15/12/2020.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official /methods of analysis**. 14. ed. Washington: AOAC International, 1984.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. 14. ed. Washington: AOAC International, 2011.
- ANADÓN, H. L. S. **Biological, nutritional and processing factors affecting breast meat quality of broilers**. 2002. 171 f. Thesis (Doctor of Philosophy in Animal and Poultry Sciences) – Faculty of Virginia Polytechnic Institute and State University, 2002
- BAHUAUD, D. et al. Effects of -1.5°C Super-chilling on quality of Atlantic salmon (*Salmo salar*) pre-rigor fillets: Cathepsin activity, muscle histology, texture and liquid leakage. **Food Chemistry**, v.111, p. 329-339. 2008.
- BARBUT, S. *et al.* Progress in reducing the pale, soft and exudative (PSE) problem in pork and poultry meat. **Meat Science**, Oxford, v. 79, n. 1, p. 46-63, May. 2008. DOI: 10.1016/j.meatsci.2007.07.031.
- BEN, A. M. Effect of freezing and microbial growth on myoglobin derivatives of beef. **Food Chemistry**, v.147, p. 4093-4099, 1999.
- BERRI, C., WACRENIER, N., MILLET, N., LE BIHAN-DUVAL, E.: Effect of selection for improved body composition on muscle and meat characteristics of broilers from experimental and commercial lines, **Poult. Sci.**, v.80, p. 833–838, 2001.
- BERIAIN, M. J. *et al.*, Predicting Longissimus dorsi myoglobin oxidation in aged beef based on early post-mortem colours measurements on the carcasses a colour stability index. **Meat Science**, Oxford, v.81, n. 3, p. 439-445, Mar. 2009. DOI:10.1016/j.meatsci.2008.09.009.
- BOULOS, E. E. M. S.; BUNHO, R. M. **Guia de leis e normas para profissionais e empresas da área de alimentos**. São Paulo, Varela, 1999.
- BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa n.º 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 – 18/09/2003**.

BRASIL. Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento. Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro. 2021. Acesso em: 02/02/2021. Disponível em: <http://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm>

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução n.º 12, de 2 de janeiro de 2001. Regulamento técnico sobre os padrões microbiológicos para alimentos. Disponível em: <https://www.gov.br/anvisa/pt-br>

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa n.º 60, de 23 de dezembro de 2019. Estabelece as listas de padrões microbiológicos para alimentos. **Diário Oficial da União – 26/12/2019**.

BRASIL, M. S. I. **Determinação da vida de prateleira por meio de testes acelerados em bebida alcoólica mista de leite condensado (coquetel)**. 2019. 21 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química)-Departamento de Engenharia Química, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2019.

CALLIGARIS, S.*et al.* Shelf-life assessment of food undercoing oxidation – A review. **Criticals Review in Food Science and Nutrition**, v. 56, p. 1903-19012, 2016.

CAPELLAS, M. *et al.* Effect of high-pressure processing on physico-chemical characateristics of fresh goat's milk cheese (Mató). **International Dairy Journal**, v.11, p.165-173, 2001.

CASTILLO, C.J. Qualidade de carcaça e carne de aves. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE CARNES, 1., São Pedro, 2001. **Anais...** Campinas: ITAL, 2001. p. 160-178.

COGGINS PC, CHAMUL RS. 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, 2004.

DALLA ZOTTE, A. Technological quality, mineral profile, and sensory atributes of broiler chicken breasts affecyed by White striping and wooden breast myopathies. **Poultry Science**, v. 95, n. 11, p. 2707-2714, 2016.

DA SILVA, D. C. F., DE ARRUDA, A. M. V., GONCALVES, A. A.: Quality characteristics of broiler chicken meat from free-range and industrial poultry system for the consumers, **J. Food Sci. Technol.**, v.54, p. 1818–1826, 2017.

DEVATKAL, S. K., NAVEENA, B. M., KOTAIAH, T.: Quality, composition, and consumer evaluation of meat from slow-growing broilers relative to commercial broilers, **Poult. Sci.**, v. 98, p. 6177–6186, 2019.

DUARTE, K.F.; JUNQUEIRA, O.M.; BORGES, L.L. Qualidade e segurança na produção de carne de aves. **Revista Nacional da Carne**, São Paulo, v. 33, n. 386, p. 90-97, 2010.

FENNEMA, O.; POWRIE, W.; MARTH, E. Low-temperature preservation of foods and living matter. New York: Marcel Dekker, 1973. 598 p.

FRAZIER, W. C.; WESTHOFF, D. C. Microbiologia de los alimentos, 4º edição, editora Acribia, Zaragoza, p. 681, 1993.

FREITAS, M. F. L. de; LEÃO, A. E. D. de S.; STAMFORD, T. L. M.; MOTA, R. A. Ocorrência de *Staphylococcus aureus* em carcaças de frango. **B.CEPA**. Curitiba, v.. 22, p. 227, julho a dezembro 2004^a

FUNARO, A et al. Comparison of meat quality characteristics and oxidative stability between conventional and free-range chickens. **Poultry Science** 93:1511–1522, 2014.
<http://dx.doi.org/10.3382/ps.2013-03486>.

GALARZ, L. A.; FONSECA, G. G.; PRENTICE-HERNÁNDEZ, C. Crescimento microbiano em produtos à base de peito de frango durante simulação da cadeia de abastecimento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 30, n. 4, p. 870- 877, out-dez. 2010.

GANECO, A. G. **Características Qualitativas da Carne de Frango de Corte Proveniente de Diferentes Sistemas de Produção**. 2016. 23 f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Universidade Estadual Paulista “Julio Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2016.

GIVENS, D. I.; GIBBS, R. A.; RYMER, C.; & BROWN, R. H. Effect of intensive vs. Free range production on the fat and fatty acid composition of whole birds and edible portions of retail chickens in the UK. **Food Chemistry**, v. 127, p. 1549-1554, 2011.

GRAY, J. I.; GOMAA, E. A.; BUCKLEY, D. J. Oxidative quality and shelf life of meats. **Meat Science**, Lillehammer, v.43, p. 111-123, Sept. 1996.

HENDRICK, H. B. *et al.* **Principles of Meat Science**. 3. ed. Iowa: Kendal/Hunt Publishing Co, p. 354.

HONIKEL, K. O. The water binding of meat. **Fleisch wirtsch**, v. 67, n. 2, p. 1098-1102, 1987.

KAEWTHONG, P. et al. Changes in the quality of chicken breast meat due to superchilling and temperature fluctuations during storage. **Japan Poultry Science Association**. V.56, p. 308-317. 2019.

KIM, E. J., *et al.* Physicochemical properties of pork neck and chicken leg meat under various freezing temperatures in a deep freezer. **Food Science of Animal Resource**. v. 40, n. 3, p. 444-460, 2020.

LABUZA, T. P. An integrated approach to food chemistry: illustrative case. In: FENNEMA, O. R. (ed). **Food chemistry**. 2nd. ed New York: Marcel Dekker, 1985, p. 913-938.

LONERGAN, S. M., N. DEEB, C. A. FEDLER, S. J. Lamont. Breast meat quality and composition in unique chicken populations. *Poult. Sci.* v.82, p. 1990–1994. 2003.

LYON, C. E.; LYON, B. C.; DICKENS, J. A. Effects os carcass stimulation, deboning, time, and marination on the color and texture of broilers breast meat. **Journal of Applied Poultry Research**, v.7, n.1, p. 53-60, 1998.

LYON, B. C.; LYON, C. E. Meat quality: sensory and instrumental evaluations. **Poultry meat processing**. New York: CRC Press, 2001. p 97-120.

LAING, B.; SCHLUETER, D.; LABUZA, T. P; Degradation kinetics of ascorbic acid at high temperature and water activity. **Journal of Food Science**. v. 43, 1978.

LUKASIEWICZ, M.; NIEMIEC, J.; WNUK, A.; SOSNOWSKA, N. M. Meat quality and the histological structure of breast and leg muscles in Ayam Cemani chickens, Ayam Cemani × Sussex hybrids and slow-growing Hubbard JA 957 chickens. **Science of Food and Agriculture**, v.8, p. 1730–1735, 2015.

MARIUTTI, L.; BRAGAGNOLO, N. 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 Instituto Adolfo Lutz**, São Paulo, v.68 n.1, 2009.

MCGuire, R. G.; Reporting of Objective Color Measurements. **Hort. Science**, v. 27, n. 12), p. 1254- 1255, 1992.

MENDES, A. A.; MOREIRA, J.; GARCIA, R. G. Qualidade da carne de peito de frango de corte. **Revista Nacional da Carne**, n. 317, p. 138-144, 2003.

MONTEZANI, E. *et al.* Isolamento de Salmonella spp. e Staphylococcus aureus em carnes de frango e condições dos estabelecimentos comerciais no município de Tupã-SP. **Colloquium Vitae**. v. 9, n. 2, p. 30-36, jan. 2018.

OLIVO, R., GUARNIERI, P.D., SHIMOKOMAKI M. Fatores que influenciam na cor de filés de peito de frango. **Revista Nacional da Carne**, v. 25, p. 44-49, 2001.

OSAWA, C. C., FELÍCIO, P. E., GONÇALVES, L. A. G. Teste de TBA aplicado a carnes e derivados: métodos tradicionais, modificados e alternativos. **Revista Química Nova**. v.28, n. 4, p. 655-663, 2005.

ÖZBEK, M., PETEK, M., ARDICH, S. Physical quality characteristics of breast and leg meat of slow-and fast-growing broilers raised in different housing systems. **Archives Animal Breeding**, Germany, v.63, p. 337-344, Sept. 2020.

PATHARE, P. B.; OPARA, U. L.; AL-SAID, F. A. Colour Measurement and Analysis in Fresh and Processed Foods: A Review. **Food Bioprocess Technol.** v. 6, p. 36–60, 2013.

PEREIRA, M. G. **Aplicação de Antioxidantes Naturais em Carne Mecanicamente Separada (CMS) de Ave**. 2009. 125 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)– Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2009.

PEREIRA, M.D. *et al.* Análise microbiológica de Salmonella spp. e coliformes 45°C em frangos comercializados em um mercado de grande porte de Belo Horizonte – MG. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 3, p. 14175-14189, mar. 2020.

PETRACCI M.; BIANCHI, M.; CAVANI, C. The European perspective on pale, soft, exudative condition in poultry. **Poultry Science**, v. 88, p. 1518-1523, 2009.

PETRACCI M.; BIANCHI, M.; CAVANI, C. Preslaughter handling and slaughtering factors influencing poultry products quality. **World's Poultry Science Journal**, v. 66, p. 17-26, 2010.

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

PETRACCI, M.; BIANCHI, M.; MUDALAL, S.; CAVANI, C. Functional ingredients for poultry meat products. **Trends in Food Science & Technology**, v. 33, p. 27-39, 2013.

PETRACCI, M.; MUDALAL, S.; BONFIGLIO, A.; & CAVANI, C. Occurrence of White striping under commercial conditions and its impact on breast meat quality in broiler chickens. **Poultry Science**, v. 92, p. 1670-1675, 2013.

RAHARJO, S.; SOFOS, J. N.; SCHMIDT, G. R. Improved speed, specificity, and limit of determination of an aqueous acid extraction thiobarbituric acid – C18 method for measuring lipid peroxidation in beef. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 40, n. 12, p. 2182-2185, 1992.

ROÇA, R. O., Congelação, 2000. Disponível em: <<https://www.fca.unesp.br/Home/Instituicao/Departamentos/Gestaoetecnologia/Teses/Rocal09.pdf>> Acesso em: 13 dez. 2020.

SALES, W. B. *et al.* Avaliação microbiológica da carne de frango. **Cadernos da Escola de Saúde**, Curitiba, v. 12, p. 40-49. Jan. 2015.

SARANTOPOULOS, C. I. G. L.; OLIVEIRA, L. M.; CANAVESI, E. Requisitos de conservação de alimentos em embalagens flexíveis. **CETE/ITAL**, p. 213, Campinas, 2001.

SILVA, H. C. F.; SILVA, M. D. F.; SABINO, L. A. Teor de hidratação de carcaças de frango de corte congelados comercializados na microrregião de Redenção-Pará. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 13, n. 04, maio/jun. 2017.

SIQUEIRA, R. S. Manual de Microbiologia de Alimentos, Centro Nacional de Pesquisa de Tecnologia Agroindustrial de Alimentos - CTAA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária- EMBRAPA, 1995.

SHAHIDI, F.; WANASUNDARA, U. N. Methods for measuring oxidative rancidity in fats and oils. **Food lipids: Chemistry, Nutrition and Biotechnology**, v. 17, p. 387-403, 2002.

SHEWFELT, R. L., THAI, C. M.; DAVIS, J. W. Prediction of changes in color of tomatoes during ripening at different constant temperatures. **J. Food Sci.** v.53, p. 1433-1437, 1988.

SOUZA, T. C. **Efeito da adição de extrato de erva-mate (*Ilex Paraguariensis*) na dieta de frangos de corte sobre a qualidade e a estabilidade oxidativa da carne.** 2016. 27 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Animais) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2016.

SOYER, A.; ÖZALP, B.; DALMIŞ, Ü.; BILGIN, V. Effects of freezing temperature and duration of frozen storage on lipid and protein oxidation in chicken meat. **Food Chemistry**, v. 120, p. 1025-1030, 2010.

STONEHOUSE, G. G.; EVANS, J. A. The use of supercooling for fresh food: a review. **Journal of Food Engineering**, v.148, p. 74-79, 2015.

TANG, S.; KERRY, J. P.; SHEEHAN, D.; BUCKLEY, D. J.; MORRISSEY, P. A. Antioxidative effect of added tea catechins on susceptibility of cooked red meat, poultry and fish patties to lipid oxidation. **Food Research International**, Ontario, v. 34, n. 8, p. 651-657, 2001.

TAOUKIS, P. S.; GIANNAKOUREU, M. C. **Temperature and food stability**: analysis and control. In: UNDERSTANDING and measuring the shelf-life of food. Washington: Woodhead Publishing Limited, 2004. Cap. 3. p. 42-65.

Tarlagdis BG, Watts BM, Younathan MT. A distillation methodology for the quantitation, determination of malonaldeide in rancid foods. **The Journal of American Oil Chemist's Society.** v.37, p. 44-48. 1960.

TESSARI, E. N. C. *et al.* Prevalência de Salmonella enteritidis em carcaças de frango industrialmente processadas. **Revista Higiene Alimentar**, v. 17, n. 107, p. 52-55, abr., 2003.

TONI, D. *et al.* Influência da imagem e percepção de valor na intenção de compra de carne de frango: um estudo quantitativo. **Race**, v. 14, n. 3, p. 1005-1034, 2015.

YAMMAMOTO, S. A.; HARRIS, L. J. The effects of freezing and thawing on the survival of *Escherichia coli* O157:H7 in apple juice. **International Journal of Food Microbiology**, Amsterdam, v. 67, n. 1-2, p. 89-96, 2001.