

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

JOABEL GOSSMANN DA COSTA

**USO DE ELETROESTIMULAÇÃO NO PROCESSO DE TENDERIZAÇÃO E
MACIEZ DA CARNE DE FRANGO**

PORTO ALEGRE

2023

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

**USO DE ELETROESTIMULAÇÃO NO PROCESSO DE TENDERIZAÇÃO E
MACIEZ DA CARNE DE FRANGO**

Autor: Joabel Gossmann da Costa

Dissertação apresentada como
requisito parcial para obtenção
do grau de Mestre Profissional
do Programa de Pós-
Graduação em Alimentos de
Origem Animal (PPGAA)

Orientadora: Liris Kindlein

Coorientadora: Susana Cardoso

PORTO ALEGRE

2023

CIP - Catalogação na Publicação

Costa, Joabel Gossmann
USO DE ELETROESTIMULAÇÃO NO PROCESSO DE
TENDERIZAÇÃO E MACIEZ DA CARNE DE FRANGO / Joabel
Gossmann Costa. -- 2023.
70 f.
Orientadora: Liris Kindlein.

Coorientadora: Susana Cardoso.

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, 2023.

1. Eletroestimulação. 2. Tenderização. 3. Maciez.
4. Peito de Frango. 5. Miopatias. I. Kindlein, Liris,
orient. II. Cardoso, Susana, coorient. III. Título.

RESUMO

As percepções sensoriais no consumo de carne no geral possuem uma presença contante nos critérios de escolhas e preferências dos consumidores, sendo as características organolépticas como de maciez e suculência um os fatores mais relevantes e que associadas com preço, origem e segurança alimentar compõem os principais fatores decisórios de compra. Na busca por intervenções inovadoras de processo que possam agregar valor na carne de frango, esse trabalho de pesquisa dedicou-se em avaliar os efeitos de tenderização e maciez em filés de peito com uso de eletroestimulação em carcaças de frango em diferentes pontos durante as etapas de abate e desossa. Foram desenvolvidos protótipos de equipamentos e aplicados em uma planta de abate de frangos com escala comercial onde realizou-se testagens em amostras homogêneas de um mesmo lote de aves, buscando minimizar variáveis externas. As avaliações foram compostas por amostras de 20 carcaças em cada experimento sendo, controle, sem tratamento, e testes realizados nos setores de sangria, saída da escalda e depenagem, evisceração e saída do *Chiller* de resfriamento para as avaliações antes da desossa, onde as mesmas eram retiradas da linha nesses pontos, colocadas no equipamento protótipo, eletroestimuladas a 50 Volts, 20 Hz durante 50 segundos e retornadas para linha. Para avaliações nos filés de peito desossado as amostras foram coletadas em duplicatas na sala de cortes, sendo 8 para cada avaliação, onde uma parte constituinte de controle, sem tratamento, e outra parte estimulada com variações de tempo: 10, 20 e 30 segundos e intensidade nos parâmetros: 500, 1000 e 2000 mA. Todas as avaliações testadas tiveram as propriedades das amostras analisadas laboratorialmente e sensorialmente. Os resultados laboratoriais demonstraram diferença estatística entre os experimentos, inclusive em amostras com graus de miopatias e com nível de confiança quanto a prevalência e consistência dos resultados quando os ensaios foram em carcaças antes da desossa e significativamente mais acentuado no processo de sangria, ou seja no tempo mais curto após a morte das aves no início do processo de *rigor mortis*, assim como perceptível em avaliações sensoriais com consumidores. As mesmas observações não foram comprovadas quando realizadas em files já desossados.

Palavras Chaves: Eletroestimulação, tenderização, maciez, peito de frango, miopatias.

ABSTRACT

Sensory perceptions in meat consumption in general have a constant presence in the criteria of consumer choices and preferences, with organoleptic characteristics such as softness and juiciness being one of the most relevant factors and associated with price, origin and food safety make up the main factors. purchasing decisions. In the search for innovative process interventions that can add value to chicken meat, this research work was dedicated to evaluating the effects of tenderization on breast fillets using electrical stimulation on chicken carcasses at different points during the slaughter and deboning stages. Equipment prototypes were developed and applied in a commercial-scale chicken slaughter plant where tests were carried out on homogeneous samples from the same flock of birds, in regard to minimize external variables. The evaluations consisted of samples from 20 carcasses in each experiment, being control, without treatment, and tests carried out in the bleeding sectors, scald and pickers exit, evisceration and exit from the cooling Chiller for evaluations before deboning, where they were removed. of the line at these points, placed in the prototype equipment, electrically stimulated at 50 Volts, 20 Hz for 50 seconds and returned to the line. For evaluations of boneless breast fillets, samples were collected in duplicates in the cutting room, 8 for each evaluation, where one part constituted the control, without treatment, and the other part was stimulated with time variations: 10, 20 and 30 seconds and intensity in the parameters: 500, 1000 and 2000 mA. All evaluations tested had the properties of the samples analyzed laboratory and sensorially. The laboratory results demonstrated a statistical difference between the experiments, including in samples with degrees of myopathies and with a level of confidence regarding the prevalence and consistency of the results when the tests were on carcasses before deboning and significantly more pronounced in the bleeding process, that is, in the shorter time after the death of birds at the beginning of the rigor mortis process, as well as noticeable in sensory evaluations with consumers. The same results were not proven when carried out on boneless files.

Key Words: *Electro Stimulation, tenderization, tenderness, chicken breast, myopathies.*

LISTA DE FIGURA

Figura 1: Ilustração da composição do Músculo Esquelético	15
Figura 2: Decomposição da Fibra Muscular	16
Figura 3: Variação de pH em peitos de frango e efeito na Cor.	22
Figura 4: Curva de Maturação com e sem uso eletroestimulação	23
Figura 5: Foto Exame Histológico Normal x Woody Breast	28
Figura 6: Gráfico comparativo Forças de Cisalhamento (Shear Force) e Compressão.....	28
Figura 7: Foto de peitos com e sem Woody Breast in natura e cozidos.....	29
Figura 8: Parâmetros de EE pesquisados.	32
Figura 9: Indicação de testes sensoriais para tipo de aplicação segundo literatura.....	35
Figura 10: Foto Protótipo eletroestimulador de linha para carcaças	36
Figura 11: Foto Protótipo eletroestimulador de bancada para filés.....	37
Figura 12: Foto Seleção de aves para avaliações.	38
Figura 13: Peito no formato Butterfly demonstrando decomposição amostral	39
Figura 14: Foto para comparação visual controle e tratamento	41
Figura 15: Fotos agrupadas: Centro de Inovação Vibra (CIV)	44
Figura 16: Comunicado interno para captação de voluntários Teste Sensorial.....	45
Figura 17: Ficha de Avaliação do Teste Sensorial	47

LISTA DE TABELAS

Nenhuma entrada de índice de ilustrações foi encontrada.

SUMÁRIO

1	APRESENTAÇÃO	9
1.1	Indexação do Projeto	9
1.2	Equipe de Pesquisa	9
2	ESTRUTURA DO PROJETO	10
2.1	Tema	10
2.2	Problema de Investigação	10
2.3	Hipótese	10
2.4	Objetivos	11
2.4.1	Objetivo Geral	11
2.4.2	Objetivos Específicos	11
2.5	Introdução	12
3	REVISÃO DE LITERATURA	14
3.1	Constituição Muscular	14
3.2	Alterações químico-físicas do tecido muscular no <i>post mortem</i>	17
3.2.1	Transformação do músculo em carne	17
3.2.2	<i>Rigor mortis</i>	18
3.2.3	Processo de maturação	19
3.3	Características de qualidade da carne de frango	20
3.3.1	Cor	20
3.3.2	Textura	22
3.3.3	Capacidade de Retenção de Água (CRA)	23
3.3.4	Encurtamento pelo frio (<i>cold shortening</i>)	24
3.3.5	Defeitos Musculares	26
3.3.5.1	Carne PSE	26
3.3.5.2	Carne DFD	26
3.3.5.3	Miopatia muscular (peito amadeirado)	27
3.4	Eletroestimulação (EE)	29
3.4.1	Breve histórico sobre uso de eletroestimulação (EE)	30
3.4.2	Parâmetros de aplicação da eletroestimulação (EE)	31
3.5	Análise Sensorial	33

4 MATERIAL E MÉTODOS	36
4.1 Avaliação e seleção de equipamentos	36
4.2 Condução dos experimentos	37
4.3 Ensaio e Coleta de Dados	39
4.3.1 Eletroestimulação em filés desossado.....	39
4.3.2 Eletroestimulação em carcaças	40
4.4 Avaliações Laboratoriais.....	42
4.5 Avaliações Sensoriais	44
4.6 Análise estatística.....	47
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	49
6 CONCLUSÃO.....	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50

1 APRESENTAÇÃO

1.1 Indexação do Projeto

Grande área: Ciências Agrárias

Programa: Pós-Graduação em Alimentos de Origem Animal

Curso de Mestrado Profissional em Alimentos de Origem Animal

Área de concentração: Medicina Veterinária

Especialidade: Intervenção em Produtos de Origem Animal

Linha de Pesquisa: Produção e Inovação em Carnes, Pescado e Derivados

1.2 Equipe de Pesquisa

a) Pesquisador: Joabel Gossmann da Costa

b) Orientadora: Profa. Dr.^a Liris Kindlein

c) Co-orientadora: Profa. Dr.^a Susana Cardoso

d) Colaboradores:

- Equipe Abatedouro Frango de Corte Vibra, Pato Branco-PR;

- Equipe departamento Pesquisa e Desenvolvimento Vibra;

- Equipe Laboratório de Carnes CEPETEC - UFRGS;

- Pesquisadores Arkansas University – USA;

2 ESTRUTURA DO PROJETO

2.1 Tema

Avaliação dos efeitos de tenderização e maciez de filé de peito de frango de corte com uso de eletroestimulação no processo.

2.2 Problema de Investigação

a) Qual seria a influência do uso de eletroestimulação durante o processo de abate e antes do congelamento na tenderização na carne de peito de frango?

b) A Eletroestimulação possui influência estatística na maciez de filés de peitos com graus de miopatias leves e moderados (Peito Amadeirado)?

c) O consumidor consegue perceber as alterações nas características organolépticas de filés de peito cozidos, com foco em maciez e suculência?

2.3 Hipótese

a) A aplicação de eletroestimulação em carcaças de frango em diferentes etapas do processo de abate e ou em filés de peito desossado e resfriados, irá afetar as características físico-químicas da carne de modo a reduzir a força de cisalhamento, reduzir o pH, e ter menor perda de umidade no descongelamento e cocção.

b) Os filés de peito com graus de miopatias leves e moderados, ou seja, não condenados e próprio para consumo, com uso de eletroestimulação como delineado no contexto do projeto, irá afetar a maciez da carne, resultando menor força de cisalhamento.

c) A análise sensorial dos filés de meio peito submetido aos ensaios obterá melhores avaliações qualitativas dos consumidores em teste a cegas quanto à maciez e suculência, em relação aos filés de controle.

2.4 Objetivos

2.4.1 Objetivo Geral

Avaliação dos efeitos do uso de eletroestimulação em peitos de frango de corte durante o seu processamento e suas influências na maciez e qualidade final do produto após o congelamento.

2.4.2 Objetivos Específicos

a) Testar tecnologias de eletroestimulação com instalação de protótipo experimental em linhas produtivas de processamento em escala comercial;

b) Simular diferentes parametrizações e seus respectivos efeitos na qualidade do produto final;

c) Avaliar uso de eletroestimulação em diferentes pontos do processo, sendo em carcaças: saída sangria, saída das depenadeiras, saída da evisceração, saída do *chiller* de resfriamento e em partes desossada (files de peito) na sala de cortes;

d) Proceder avaliações de produto final com instrumentos a nível laboratorial das características físicas (textura, cor, capacidade de retenção de água);

e) Avaliar características organolépticas através de análise qualitativas sensorial e percepção de consumidor;

f) Avaliar resultados operacionais quanto à influência na maciez de peitos amadeirados;

g) Promover uma revisão detalhada e embasada sobre o tema através de intercâmbio internacional com vivência experimental e operacional.

2.5 Introdução

O Brasil ocupa papel fundamental no abastecimento de alimentos no mundo, e em maior destaque proteínas de origem animal, seja pela condição climática, recursos primários ou Industriais. Na avicultura o Brasil ocupa a posição de maior exportador de carne frango e segundo maior produtor mundial, além de um crescente público consumidor (ABPA, 2022).

A carne de frango se destaca como uma fonte de proteína de maior viabilidade em preços, sendo mais compensatória para aquisição e de encontro aos aspectos de saúde e segurança alimentar cada vez mais exigentes pelos consumidores.

Esse cenário demanda das indústrias avícolas um processo constante de busca por inovações que possam agregar valor aos produtos, com apelos diferenciados por qualidade em percepções sensoriais ou praticidades de consumo.

As indústrias de abate e processamento de frango no Brasil se desenvolveram norteadas por maximização dos volumes produzidos como forma de diluição e otimização de custos operacionais. Também sempre seguido de investimentos em congelamento rápido como meio de inocuidade aos produtos e viabilidade para exportações. No entanto, tais requerimentos nem sempre corroboram para aspectos de qualidade como maciez, cor e textura.

Após o abate das aves as funções vitais do músculo permanecem em atividade juntamente com as modificações bioquímicas e estruturais que conduzem à conversão do músculo em carne. A modificação mais evidente durante o *post mortem* é a transformação do músculo de um estágio flexível e elástico para um estágio mais rígido. A contração muscular lenta, intensa e irreversível que ocorre durante o *post mortem* é chamada de *rigor mortis* (RAMOS; GOMIDE, 2007).

Nesse processo metabólico, ocorre reações enzimáticas sobre a proteína constituinte do músculo que por sua vez decorrem das alterações do pH e deposição de ácido lático tendo com efeito alterações na cor, aparência, sabor, aroma, maciez, suculência, na capacidade de retenção de água e a capacidade de emulsificação (RAMOS; GOMIDE, 2007).

A resolução do *Rigor Mortis* é considerada uma forma de amaciamento da carne. Mesmo conhecendo que aspectos genéticos, ambientais, sexo, idade ou até mesmo nutricionais e manejo possam exercer influência com a maciez da carne, pesquisas mostram também que a maturação pode influenciar positivamente para manter a carne mais macia (RAMOS; GOMIDE, 2007).

O processo de maturação consiste em manter a carcaça em condições controladas de tempo (4 a 6 horas) e temperatura (0 a 2°C) antes do processamento. Porém as concepções de

plantas voltadas para alta produtividade e volumes são incondizentes para tal processo e acaba sendo suprimido pelas indústrias ou sendo substituído por outros processos como marinação e tenderização (PARDI et al., 1995).

Pesquisas e experiências no exterior mostram que o uso de eletroestimulação nas aves logo após abate e com completa sangria, possuem influências benéficas na resolução do *rigor mortis* e como consequência na maciez da carne (SAMS, 2002). Porém, não temos referências da influência do uso da eletroestimulação diretamente na carne de frango, mais especificamente em peitos, durante seu processo de beneficiamento após desossa e antes do congelamento.

Em alinhamento com a importância econômica do segmento associada às demandas por qualidade, esse trabalho de pesquisa vem ao encontro de avaliar essa inovação tecnológica nas condições da cadeia produtiva e industrial da realidade brasileira. Assim como também avaliar os efeitos de maciez nos peitos de frango afetados por miopatias, como peito amadeirado - *Wooden Breast*.

A tecnologia de eletroestimulação *post mortem* já é usual em outros países e em outras espécies de animais, porém sem referências técnicas e estudos nas condições produtivas e aves criadas no Brasil. Atualmente há poucos fabricantes de equipamentos e dispositivos que possam fornecer dados e experiências. Os investimentos são normalmente altos e significativos para que empresas decidam por esse processo.

Por ser referência em produção com seu volume expressivo, o Brasil sofre seguidamente com barreiras técnicas e comerciais e a busca por apelos inovadores e devidamente comprovados pode contribuir para diferenciação das empresas locais e valorização dos seus produtos.

Também não há pesquisas quanto à influência desse processo na maciez especificamente em peito amadeirado, podendo ainda suas configurações de uso trazerem ganhos para os rendimentos produtivos, visto que as condições atuais de manejo, genética e nutrição não asseguram os controles da ocorrência dessa anomalia na cadeia produtiva e suas inevitáveis perdas de processo.

Conhecer as influências e parâmetros técnicos de controle com uso dessa tecnologia que possa permitir uma intervenção na sistemática produtiva gerando aspectos de valor ao produto como a maciez e ainda condições de processo que possam otimizar os ganhos e custos é o fruto desse projeto de pesquisa.

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Constituição Muscular

O músculo é uma estrutura complexa composta por fibras musculares (unidade fundamental), citoesqueleto, matriz extracelular e água. Conforme ilustrado na Figura 1, cada fibra é individualmente envolvida por tecido conjuntivo que recebe o nome de endomísio; com o agrupamento das fibras são formados feixes musculares que são envolvidos pelo perimísio e o agrupamento destes feixes dá origem ao músculo, que é envolvido pelo epimísio. Abaixo do endomísio está uma estrutura em forma de rede, chamada sarcolema, a qual é diretamente ligada aos filamentos de actina e miosina (NISHIMURA, 2015).

Os músculos nos animais podem ser classificados em: estriado esquelético (funções de movimentação e sustentação correspondendo de 35 a 65% da carcaça), estriado cardíaco (exclusivo do coração) e músculo liso (artérias e veias). Fixados por tendões aos ossos, os músculos esqueléticos são responsáveis pela sustentação e movimentação do animal e atuam perante a contração voluntária, controlada de forma parcial ou total, através do controle realizado pelo Sistema Nervoso Central (SNC) (RAMOS; GOMIDE, 2007).

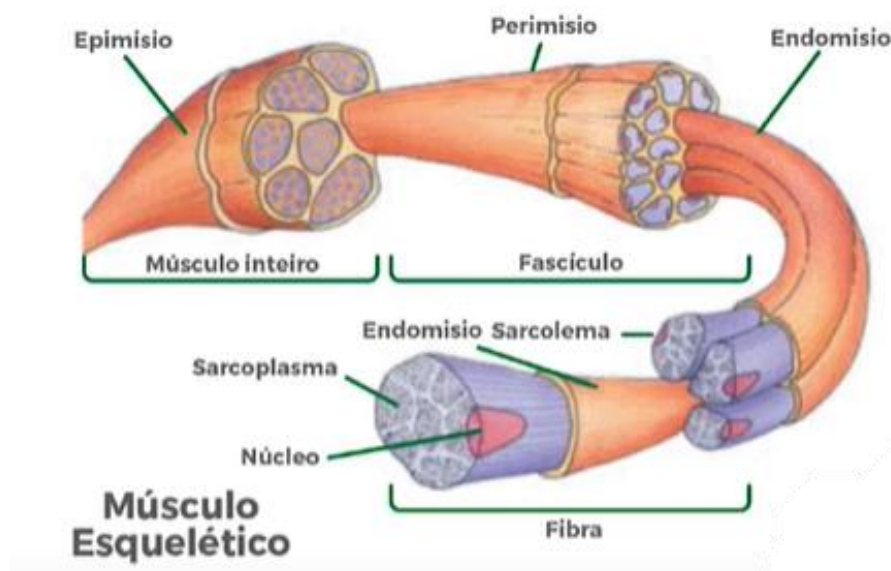
A unidade de organização estrutural do músculo esquelético é representada por células fibrosas, multinucleadas e altamente especializadas, denominadas de fibras musculares ou miofibras, que compreendem de 75 a 90% do volume total do tecido muscular, ao mesmo tempo que os vasos sanguíneos, tecido conjuntivo, fluidos extracelulares e nervos compõem o volume restante de 10 a 25% (NISHIMURA, 2015).

A fibra muscular é constituída por miofibrilas, cuja unidade estrutural é o sarcômero, onde ocorrem as alterações que conduzem ao amaciamento pós-abate (TSITSILONIS et al., 2002).

Cada miofibrila corresponde a um conjunto de dois tipos principais de proteínas: as miosinas (espessas) e as actinas (finas). Essas proteínas estão organizadas de tal modo que originam bandas transversais, claras e escuras. Os filamentos de miosina formam bandas escuras, chamadas anisotrópicas (banda A), e os de actina, bandas claras, chamadas isotrópicas (banda I). No centro de cada banda I aparece uma linha mais escura, chamada linha Z. O intervalo entre duas linhas Z consecutivas constitui um sarcômero e correspondem à unidade contrátil da célula muscular e que consiste na distância entre duas linhas transversais e escuras, denominadas linhas Z, onde tal disposição é mais bem compreendida na Figura 2. Na contração muscular, os miofilamentos não diminuem de tamanho, mas os sarcômeros ficam

mais curtos e toda a célula muscular se contrai. O encurtamento dos sarcômeros ocorre em função do deslizamento dos miofilamentos finos sobre os grossos, havendo maior sobreposição entre eles (FERNANDES, 1997).

Figura 1: Ilustração da composição do Músculo Esquelético



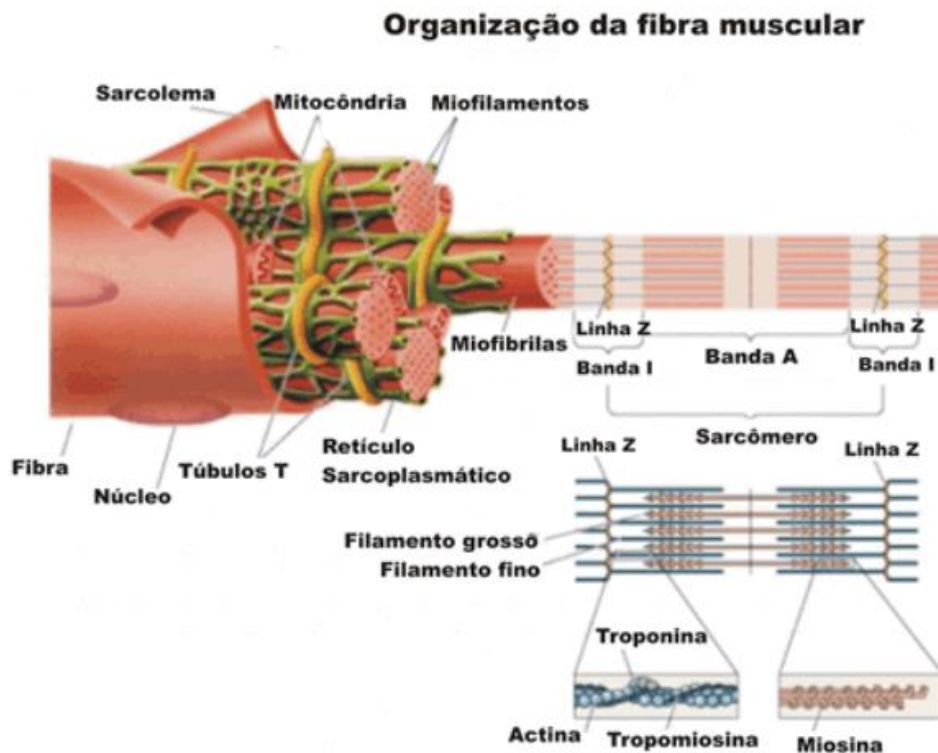
Fonte: <https://www.sobiologia.com.br/conteudos/Histologia>

Com relação ao metabolismo das fibras, são identificados três tipos de acordo com as suas características de contração: tipo I - contração lenta e oxidativa, "slow twitch oxydative" (SO), tipo IIA - contração rápida e oxidativa, "fast twitch oxydative glycolytic" (FOG), e tipo IIB - contração rápida e glicolítica, "fast twitch glycolytic" (FG) (Aberle et al., 2001).

O músculo peitoral de frangos de corte (*Pectoralis major*), possui fibras predominantemente de cor branca e diferenciam-se das demais pela sua menor concentração de mioglobina (pigmento vermelho da carne), poucas mitocôndrias, dependendo menos de oxigênio, visto seu processo de metabolismo de glicogenia ser anaeróbico, além de praticamente não utilizarem ácidos graxos como forma de energia. Possui predominantemente fibras tipo IIB e tipo IIA, com contração rápida e baixa densidade capilares (MACARI et al., 1994).

Alterações na estrutura morfológica do músculo podem afetar as propriedades tecnológicas da carne, uma vez que a sua qualidade é reflexo da estrutura e da biologia celular do músculo. Portanto, compreender a estrutura e os principais componentes do músculo é de importância fundamental para o entendimento dos eventos bioquímicos que acontecem durante a transformação do músculo em carne (VELLEMAN 2015),

Figura 2: Decomposição da Fibra Muscular



Fonte: <https://www.sobiologia.com.br/conteudos/Histologia>

Rupturas nas estruturas da fibra muscular, fatores de idade dos animais, desenvolvimento genético, taxa de crescimento e peso corporal podem influenciar a qualidade da carne. A estrutura do endomísio, por exemplo, pode alterar com a idade e influenciar a maciez da carne, assim como, sua espessura pode ser menor no músculo do peito em linhagens de frangos de corte de crescimento rápido ($1,93 \mu\text{m}$) em comparação com linhagens de crescimento lento ($5,74 \mu\text{m}$). Observa-se que carnes mais macias possuem fibras de maior diâmetro. (CLARK; HARDING, 2017).

O encurtamento do sarcômero também é um parâmetro relacionado à dureza no músculo peitoral das aves, a presença de lesões musculares nos filés de frangos de corte, especialmente em linhagens modernas (crescimento acelerado) podem ser detectadas duras quando apalpadas

manualmente e ou quando testadas laboratorialmente (*Shear Force*) e terem comprimento de sarcômero maiores (Tijare et al., 2016).

Após o abate do animal as funções vitais do músculo permanecem em atividade juntamente com as modificações bioquímicas e estruturais que conduzem à conversão do músculo em carne. A modificação mais evidente durante o *post mortem* é a transformação do músculo de um estágio flexível e elástico para um estágio mais rígido e inextensível. A contração muscular lenta, intensa e irreversível que ocorre durante o post-mortem é chamada de rigor mortis (RAMOS; GOMIDE, 2007).

3.2 Alterações químico-físicas do tecido muscular no *post mortem*

A parada da circulação sanguínea, no momento da morte, inicia uma complexa série de mudanças no tecido muscular (LAWRIE, 2005). São muitos os eventos bioquímicos e estruturais que ocorrem nas primeiras 24 horas depois que o animal é abatido, quando o músculo está sendo convertido em carne. Este período promove um impacto muito grande na qualidade e na palatabilidade final da carne, é um fenômeno espécie-específico e as consequências positivas ou negativas decorrentes serão resultado das condições de como essa conversão de músculo em carne aconteceu (SAVELL et al., 2004 apud CARDOSO, 2005).

3.2.1 Transformação do músculo em carne

A carne é um alimento oriundo da musculatura dos animais. A transformação do músculo em carne é o fundamento do processo que se inicia no animal vivo até à sua transformação em alimento. A operação central deste processo é o abate do animal, contudo esta não está isolada do manejo e do processo posterior (PALMA, 2017).

Um dos pontos básicos na transformação do músculo (células vivas) em carne (alimento) é a questão das reservas e da utilização da energia contida no organismo do animal antes, durante e após o abate. Tanto o glicogênio como as outras fontes de energia, representam importante papel no estudo das alterações post-mortem, tendo em vista que a sua concentração em nível muscular, momentos antes do abate, definirá de maneira significativa a formação de ácido láctico e a conseqüente queda do pH (DUTRA et al., 2013).

Vários fatores externos e internos interferem na duração e a qualidade de conversão músculo-carne. Animais que se debatem muito antes do abate gastam as suas reservas de

glicogênio rapidamente. O mesmo pode ser esperado em animais sob estresse térmico. O músculo, quando desossado imediatamente após o abate, ainda é capaz de contrair devido possuir reserva de energia. Portanto, do ponto de vista da maciez ideal, a carne de aves deve ser maturada por um período que varia de 6 a 24 horas. No entanto, devido à necessidade de grandes áreas disponíveis para que a carne possa esperar o período ideal de maturação e o aumento do custo relacionado com este, os abatedouros não possuem todo este período de espera (VIEIRA, 2014).

3.2.2 *Rigor mortis*

Após a sangria ocorre a interrupção do transporte de oxigênio para os músculos, interrompendo a respiração celular, ocasionando assim a glicólise anaeróbia. Contudo, o teor de ATP (adenosina trifosfato) produzido nessa glicólise não é suficiente, então ocorre o enlace entre a actina e miosina formando a actinmiosina que gera uma perda de elasticidade do músculo deixando-o em estado de *rigor mortis* (PARDI et al, 2005). Pode-se entender então que o *Rigor mortis* é a perda de elasticidade do músculo causado pela falta de energia (ATP) e em consequência, pelo enlace entre a actina e miosina, resultando em um estado de rigidez de forma irreversível. Essa redução de energia ocasiona também a perda de integridade das proteínas, desnaturando-as, devido principalmente a formação do ácido láctico que favorece a redução do pH (CARVALHO, 2006; ALVES, 2005).

Com a interrupção da circulação sanguínea, as células passam a consumir o oxigênio muscular armazenado nas mioglobinas. Após consumir toda essa reserva, a célula passa a depender do mecanismo anaeróbio (reservas de glicogênio) para obter energia, produz ácido láctico e, conseqüentemente, provoca a queda do pH. Com a queda do pH moléculas de actina e miosina se combinam formando o complexo actomiosina, responsável pela rigidez e falta de elasticidade do músculo em rigor (RAMOS; GOMIDE, 2007).

O acúmulo de ácido láctico tem influência importante na qualidade da carne, pois modifica a cor, a aparência, o sabor, o aroma, a maciez, a suculência, a capacidade de retenção de água e a capacidade de emulsificação (RAMOS; GOMIDE, 2007).

A resolução do rigor mortis constitui a primeira etapa do amaciamento da carne. O processo é iniciado pela atividade das enzimas pertencentes ao sistema calpaínas, a μ -calpaína e a m-calpaína, que não atuam diretamente sobre miosina e actina, porém degradam o disco Z e hidrolisam as proteínas desmina, titina, nebulina, tropomiosina, troponina e proteína C. A hidrólise da tropomiosina e troponina facilita a desestruturação dos filamentos finos, resultando

em monômeros de actina e a degradação da proteína C, em monômeros de miosina. A degradação do restante das proteínas contribui para o enfraquecimento da estrutura miofibrilar (ROÇA, 2001).

3.2.3 Processo de maturação

O processo de maturação tem por objetivo tornar as carnes mais macias e aromáticas, sendo esta mudança devida à atividade enzimática (PARDI et al., 2005). Consiste na manutenção da carne refrigerada sob temperaturas próximas a 0 °C, por um período suficiente para torná-la não apenas macia, como também para melhorar outros atributos sensoriais, em especial textura e odor, influenciando significativamente sua palatabilidade (LAWRIE, 2005).

A combinação de tempo e temperatura é indicada para que as enzimas naturalmente presentes na carne promovam o amaciamento. Para tanto, existem limites de temperatura, uma vez que abaixo de -2 °C, a carne pode congelar e as enzimas responsáveis pela maturação podem ser inativadas, enquanto temperaturas elevadas de refrigeração favorecem o desenvolvimento de micro-organismos. A maturação comercial utilizada na indústria requer condições controladas, nas quais a carne é embalada a vácuo e a temperatura mantida entre -1 e 2 °C (KOMIYAMA et al., 2009).

Durante a maturação ocorrem mudanças significativas na estrutura muscular, decorrentes da resolução do rigor mortis. A maciez é resultante da eficiência com que ocorreu a degradação enzimática para desestruturar as miofibrilas compactadas durante o processo de rigor mortis. O comprimento de sarcômero, o conteúdo de tecido conjuntivo e a proteólise das miofibrilas podem explicar a variação observada na carne maturada (KOOHMARAIE et al., 2002).

A proteólise post-mortem é a grande responsável pelo amaciamento que ocorre durante a maturação e pode variar conforme a espécie animal (KOOHMARAIE, 1996). Outros fatores como abaixamento do pH, encurtamento do sarcômero, quantidade e solubilidade do colágeno, espécie animal, raça, sexo, alimentação do animal e tecnologia do abate influenciam a velocidade e intensidade do processo de degradação proteolítica (KOOHMARAIE, 2002).

Para que a maturação seja realizada corretamente é importante que ocorra a adequada acidificação da carne (pH entre 5,4 e 5,8), pois valores finais elevados podem favorecer alterações bacterianas (PRÄNDL et al., 1994). As principais alterações que ocorrem no músculo durante a maturação, que resultam na perda da integridade estrutural do tecido e,

consequentemente, na melhora na maciez da carne são: enfraquecimento e degradação do disco Z, degradação das proteínas desmina, titina e nebulina e o desaparecimento da troponina T. As proteínas contráteis mais abundantes no tecido muscular, actina e miosina, não são afetadas durante o processo de maturação (KOOHMARAIE, 2002).

Após alguns dias de maturação ocorre o enfraquecimento das ligações entre titina, nebulina e linhas Z. A nebulina e a titina são degradadas durante vários dias de armazenamento post-mortem, enquanto as proteínas do disco Z são degradadas após 7-10 dias pós-abate. Alterações estruturais na matriz extracelular se iniciam após 14 e/ou 28 dias post-mortem (PALKA, 2003). Para que ocorra o amaciamento da carne de aves esse tempo decresce para 12 a 24 horas (KOOHMARAIE, 2002).

Pode-se afirmar ainda que a maturação é a fase de pós-rigor, referindo-se ao ponto em que o músculo retorna sua flexibilidade. Após o término das reservas de glicogênio e a estabilização do pH, ocorre o relaxamento das ligações actina miosina. Com a queda do pH, ocorre a liberação de enzimas que vão auxiliar a maturação da carne, chamadas calpaínas e catepsinas. Com a liberação dessas enzimas ocorrerá o amaciamento da carne, que se dá em parte pela degradação das proteínas e tecidos conectivos de colágeno sobre a ação das catepsinas. As calpaínas são enzimas presentes no músculo, que são ativadas pela queda do pH e pela presença de cálcio, vão influir no amaciamento da carne. Já as catepsinas são proteínas capazes de degradar além das fibras musculares, também as fibras de colágeno e atuam como inibidoras e reguladoras as ações das calpaínas (PRÄNDL et al., 1994).

3.3 Características de qualidade da carne de frango

Refere-se às propriedades da carne percebidas pelos consumidores, as quais também podem ser classificadas como parâmetros sensoriais de qualidade. O desejo por alimentos com características sensoriais diferenciadas torna os consumidores mais exigentes com os produtos de origem animal disponíveis no mercado. Cor, capacidade de retenção de água e textura são características importantes e que podem afetar a preferência de quem consome (FANATICO et al., 2005).

3.3.1 Cor

A cor das carnes é um importante atributo de qualidade, pois é um dos primeiros aspectos a serem avaliados pelos consumidores nas gôndolas de supermercados. A sua avaliação é um indício do seu frescor e influencia diretamente o consumidor na decisão final de sua aquisição (GUARNIERI,2002).

De acordo com Olivo et al. (2001), a cor observada na superfície das carnes é o resultado da absorção seletiva da luz pela mioglobina e por outros importantes componentes, como as fibras musculares e suas proteínas, sendo também influenciada pela quantidade de líquido livre presente na carne.

A cor das carnes frescas é definida pela proporção relativa de três formas da mioglobina presentes no músculo: a desoximioglobina (mioglobina reduzida) de coloração vermelha púrpura, a oximioglobina (mioglobina oxigenada) de coloração vermelho brilhante e a metamioglobina (mioglobina oxidada) de coloração marrom. Uma ampla variedade de coloração de filés de frango, de muito pálido a muito escuro, tem sido encontrada nas indústrias de carne de frango em vários países. A sua falta de uniformidade pode ser considerada um aspecto negativo da sua qualidade e as causas desta variação estão relacionadas com as condições de manejo pré-abate como nutrição, transporte e a bioquímica da carne post mortem (ODA, 2003).

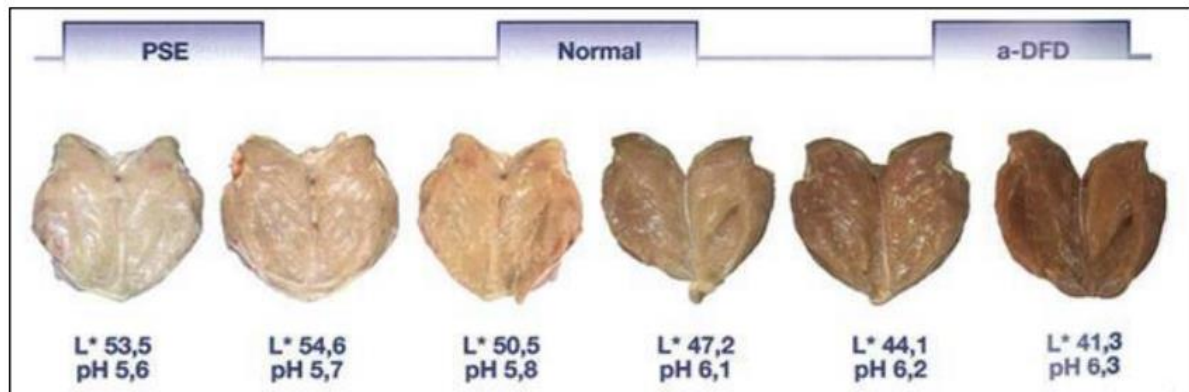
Mesmo nas melhores condições de sangria o animal permanece com cerca de 20 a 30% de hemoglobina na carne. A carne fresca possui a cor vermelha e brilhante, devido a grande presença da oximioglobina, que é resultado da combinação do oxigênio com mioglobina (CORREIA, 1976)

As variações a coloração na carne de frango também estão relacionadas com o pH estabilizado durante processo post mortem. Quando o pH final da carne é baixo (inferior a 5,8), as fibrilas musculares estão mais distantes, causando difração da luz e reduzindo a intensidade da cor. Por outro lado, pH final elevado (igual o superior a 6,2) faz com que as fibrilas musculares fiquem distendidas, formando uma barreira à difusão de oxigênio e à absorção da luz (KOMIYAMA, 2010).

O glicogênio presente no músculo no momento do abate é a principal fonte de energia para a glicólise post mortem, que se realiza exclusivamente por via anaeróbica e resulta no declínio do pH muscular, devido ao acúmulo de ácido láctico. O tempo de instalação do rigor mortis depende de fatores internos (reservas de energia) e externos (temperatura do músculo). Durante um período inferior a 30 minutos, o músculo mantém a capacidade de contrair e relaxar. O pH inicial passa de 7,4 e se estabiliza ao redor de 5,8 após a instalação do rigor mortis. Os filés de frango podem apresentar uma faixa de pH de 5,6 a 6,3 devido às diferenças

nas práticas de manejo pré-abate e na bioquímica da carne. A Figura 3 mostra filés com diferentes pHs e o seu efeito na cor. Há uma relação inversa entre estes valores, se observam cores mais claras com pHs inferiores, tornando-se mais escuras à medida que esses valores aumentam (ODA, 2003).

Figura 3: Variação de pH em peitos de frango e efeito na Cor.



Fonte: Revista Nacional da Carne (ODA, 2003)

3.3.2 Textura

A textura da carne é referida usualmente como maciez e é um atributo importante no referencial de qualidade em produtos cárneos. Pode ser definida como a resistência ao cisalhamento da mesma ou de rompimento das fibras musculares, e, embora sendo uma característica sensorial, meios mecânicos são comumente usados para fornecer medidas de maciez (CHRYSSTALL, 1994).

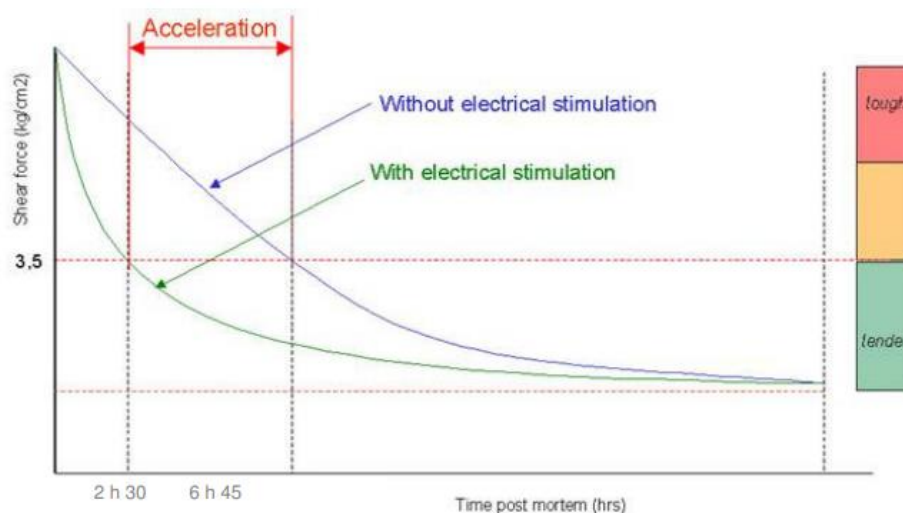
A maciez é dependente de fatores diversos como genética, sexo, idade, alimentação, estresse pré-abate, e condições de processamento, além de fatores como comprimento dos sarcômero, integridade das miofibrilas, que podem afetar a resistência do complexo actomiosina, e da integridade do tecido conjuntivo (ZHAO et al., 2012). Também em função do conteúdo de colágeno, da estabilidade térmica e da estrutura miofibrilar do músculo, que parecem ser afetados principalmente pelo crescimento do animal (MONSÓN et al., 2005).

Além disso, a maciez pode ser afetada pela desossa precoce realizada nas plantas de processamento com o objetivo de aumentar a produção em determinado intervalo de tempo. Por isso é recomendado que a desossa seja feita no mínimo 4 horas após o abate da ave, para permitir o completo desenvolvimento do rigor mortis e evitar o endurecimento da carne (MEHAFFEY et al., 2006)

Kriese et al. (2005) ao avaliarem o efeito de diferentes tempos de maturação em carne de frango concluíram que apenas 24 horas de maturação foram suficientes para diminuir a força de cisalhamento e melhorar a maciez, assim como Komiyama et al. (2009) que também encontraram resultados positivos para maciez da carne de peito de matrizes de descarte, com redução de 8,00 kgf/cm² para 4,92 kgf/cm² após 24 horas de maturação. Santos et al. (2004) constataram que a força de cisalhamento decresceu com o tempo de maturação e que nas primeiras duas horas houve um declínio mais acentuado, que resultou em valores inferiores a 1 kgf após quatro horas. Os mesmos 14 autores concluíram que a maturação completa foi alcançada após 8 horas, não havendo ganhos significativos com relação à maciez após este tempo.

Conforme descrito por Lyon et. al (2010), pesquisadores descobriram que uma das formas de encurtar esse tempo de maturação por consequência do processo acelerado e prover um amaciamento, é através da aplicação de eletroestimulação nas carcaças. A Figura 4 demonstra os diferentes valores de maciez de filés de peito processados ao longo do tempo com e sem estimulação elétrica. Valores de testes abaixo de 4 kgf/cm² pode-se considerar como carne macia.

Figura 4: Curva de Maturação com e sem uso eletroestimulação



Fonte: Adaptado Meyn Poultry Equipment Ltd (LYON, 2010)

3.3.3 Capacidade de Retenção de Água (CRA)

O músculo pode conter aproximadamente 75% de água, onde maior parte é encontrada entre os filamentos de actina e miosina, podendo ainda ser dividida em água ligada, imobilizada ou livre. Cerca de 10% da água presente nos músculos está fortemente ligado às proteínas; a

água imobilizada está vinculada a grupos de proteínas musculares eletricamente carregadas e, quando apresenta maior quantidade de água imobilizada, é capaz de reter mais água; a água livre é apenas retida por membranas musculares (HUFF-LONERGAN; SOSNICKI, 2005).

A capacidade de retenção de água se define como a propriedade da carne em reter água durante a aplicação de forças, tais como cortes, aquecimento, trituração, prensagem e/ou centrifugação. Esta propriedade é importante pois determina a suculência da carne, atributo desejado pelos consumidores, e rendimentos econômicos, este último, desejado pelas empresas. A água que se desprende pode acumular-se nas embalagens tornando-as pouco atrativas para o consumidor. Além disso, ocorre perda de palatabilidade, proteínas solúveis, vitaminas e minerais, e a textura da carne fica comprometida. A baixa capacidade de retenção de água pode indicar perda do valor nutricional da carne através do líquido eliminado (dripp), o que resulta em carne mais seca e dura, (DABES, 2001).

Essa alteração na textura da carne provém da desnaturação, congelamento e integração de proteínas provocada por cristais de gelo e processos relacionados à desidratação e concentração de solutos nos tecidos muscular, ou seja, o processo de resfriamento e congelamento pode acelerar essa perda (XIA et al., 2012).

O congelamento prolonga seu tempo de conservação pela diminuição ou paralisação da deterioração causada por microrganismos, enzimas ou agentes químicos. Além disso, o congelamento é um dos melhores métodos para manter as propriedades organolépticas como a cor, o aroma e a aparência da carne (BEN, 1999).

A desidratação da carne durante o congelamento e armazenamento sob condições refrigeradas pode causar perda de qualidade e perda econômica significativa devido à perda de peso. A desidratação deve-se à exposição da superfície da carne à transferência de calor e massa com o ambiente. Diferença de pressão de vapor, a umidade e a pressão do ar na superfície dos alimentos são os responsáveis pela desidratação (CAMPANONE et al., 2002).

Essa capacidade de reter ou perder água também está associada as alterações bioquímicas que ocorrem com a ave no *post mortem*, principalmente com as alterações de *pH* no músculo. Experimento mostram que valores máximos de capacidade de retenção de água foram encontrados nos pH 5,80 e 5,53. Assim, pode-se concluir que carnes com características PSE apresentam grande liberação de água, o que pode comprometer a sua utilização durante o processamento de produtos cárneos (FERNADEZ et al., 2002).

3.3.4 Encurtamento pelo frio (*cold shortening*)

O encurtamento e a elasticidade dos músculos são as alterações nas formas físicas que ocorrem no post-mortem, sua intensidade e ocorrência está associada as temperaturas de resfriamento antes da resolução do *rigor mortis*, afetando a maciez da carne. Segundo HERRING et al., (1967), o resfriamento rápido resultava em uma contração que encurtava comprimento e aumentava o diâmetro da fibra muscular, deixando a carne dura quando cozida.

O desenvolvimento post-mortem do músculo pode ser consistindo em três fases: 1) um período de atraso, durante o qual o a elasticidade do músculo permanece constante e alta; 2) uma fase rápida, na qual a elasticidade do músculo diminui rapidamente com muita pouca mudança no comprimento do músculo descarregado; e 3) uma fase pós-rigor, na qual elasticidade torna-se novamente constante, mas em um menor nível. Com base nesta descrição, a conclusão do desenvolvimento do rigor mortis pode ser definido como o tempo quando a elasticidade muscular desapareceu ou atingiu um nível mínimo constante (BENDALL 1973).

Honikel & Hamm (1978) e Fischer et al. (1980) concluem que o encurtamento do pré-rigor é altamente dependente da temperatura do músculo. No músculo bovino, abaixando a temperatura para cerca de 8°C imediatamente após o abate resulta em uma diminuição contínua nas taxas de renovação de adenosina trifosfato (ATP) e glicólise; uma diminuição adicional da temperatura do tecido para perto do ponto de congelamento causa uma aceleração do metabolismo no *post mortem*.

Essas taxas aumentadas de processos metabólicos coincidem com o encurtamento a frio, que resulta no endurecimento da carne quando cozida (Locker e Hagyard, 1963). O encurtamento rigoroso (também chamado de encurtamento a quente) foi demonstrado ocorrer em músculo bovino incubado a temperaturas de 20°C e acima no início do rigor mortis. Esta reação no músculo bovino não é tão rápida quanto no encurtamento a frio (HONIKEL 1978).

Estudos sobre um possível endurecimento causado por encurtamento a frio em musculo de frango desossado a quente em pré rigor foi publicado por (Marsh e Leet, 1966), no entanto o endurecimento induzido pela temperatura não foi significativo. Outras pesquisas indicando a ocorrência ou potencial para o encurtamento pelo frio em aves foram publicados onde não encontraram nenhuma evidência de encurtamento pelo frio em tiras musculares de peito de peru, mas relatou encurtamento induzido por alta temperatura (PAPINAHU, 1996).

Com base nos relatos publicados pelos autores anteriormente, pode-se concluir que o encurtamento pelo frio pode ocorrer em músculos de peito de frango desossados precocemente. No entanto não demonstram causar endurecimento sob condições normais de processamento ou enquanto o músculo permanecer intacto na carcaça. Embora vários pesquisadores tenham estudado os efeitos do encurtamento pelo frio em músculos de peito de frangos de corte, os

métodos de amostragem e determinação do encurtamento têm variado. Além disso, muitos dos estudos anteriores não foram projetados para simular condições de processamento (por exemplo, atordoamento e abate), que demonstraram afetar a taxa das reações bioquímicas (HERRING et al., 1967).

3.3.5 Defeitos Musculares

3.3.5.1 Carne PSE

O fenômeno PSE (*Pale, Soft, Exudative*) em aves ocorre devido à rápida glicólise após o abate, ocorrendo a instalação acelerada do rigor mortis provocando a desnaturação das proteínas miofibrilares e sarcoplasmáticas. O resultado é uma carne com alta capacidade exsudativa, e com características pálida e flácida, propriedades funcionais comprometidas, menor rendimento e pobre em característica de processamento, o que causa perdas econômicas para indústria (RIBEIRO, 2015).

Nestas condições ocorre perdas na capacidade de retenção de água, provocando a sua exsudação e resultando em um aspecto de superfície molhada na carne. O manejo pré-abate é um dos fatores cruciais para a ocorrência dessa anormalidade e a utilização do banho acompanhada de ventilação, mantendo as aves em conforto térmico e livre de stress e agitações diminui a sua incidência, como relatado por Guarnieri et al (2002).

3.3.5.2 Carne DFD

O surgimento de carnes DFD (*Dark, Firm, Dry*) está intimamente ligado à fatores estressantes do manejo pré-abate. Animais que tenham passado por período de estresse prolongado, exercícios físicos, exaustão durante o transporte, privação de alimento, comportamento agressivo ou medo, vão causar o declínio do glicogênio. A falta de glicogênio muscular, no momento da morte do animal, impossibilitará a formação proporcional de ácido láctico. Por consequência, a queda do pH e a velocidade de instalação do rigor mortis, será mais lenta que o normal, favorecendo a permanência de pH relativamente alto, geralmente maior que 6,0 (LAWRIE, 1998).

Este fenômeno ocorre devido à menor concentração de glicogênio no momento de abate, que conduz a uma glicólise lenta com pouca formação de ácido láctico e consequentemente com pH final elevado. Nestas condições, as proteínas miofibrilares saem da zona do seu ponto

isoeletrico, tornando-se ionizadas e, portanto, potencializando a sua capacidade de reter moléculas de água. A superfície da carne, então, se torna seca e a presença dessa água intracelular traz como consequência uma característica avermelhada (RIBEIRO, 2015).

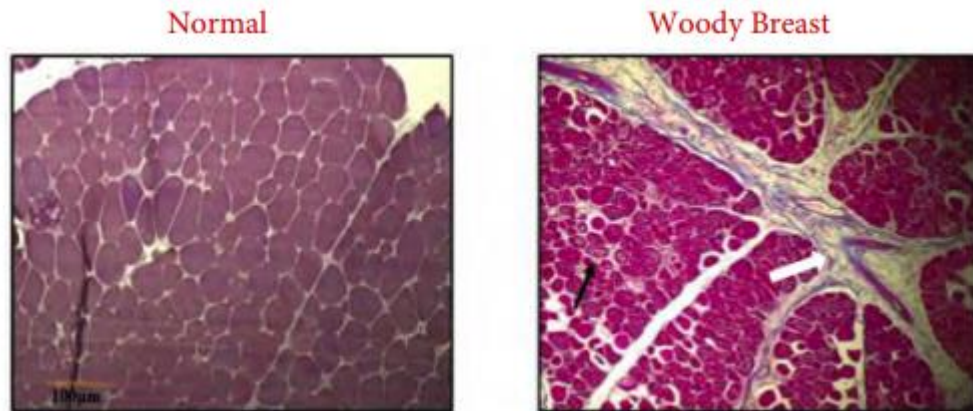
3.3.5.3 Miopatia muscular (peito amadeirado)

A síndrome de *wooden breast* (WB) em português “peito amadeirado” é uma doença muscular que envolve o endurecimento das fibras musculares. Carne do peito de frango com WB tem sinais de degeneração das fibras musculares e uma fibrose com níveis mais elevados de colágeno e tecido adiposo. Desta forma, o músculo contém níveis mais baixos de proteína que afetam propriedades funcionais, como capacidade de retenção de água e outros atributos de textura e ou maciez (Zhuang et al., 2016; Bowker et al., 2016).

Exames histológicos normalmente revelam inflamação, acúmulo de colágeno ou cartilagem hialina conforme demonstra na Figura 5 que apresenta uma amostra de carne de peito normal à esquerda e à direita fibras musculares em degeneração (indicadas por seta preta) e amplo espaço perimisial preenchido por tecido colagenoso (indicado por seta branca). É mais comumente observada no peito, mas também pode ocorrer nas pernas. Atualmente, a causa exata da doença é desconhecida. Parece afetar mais os machos do que as fêmeas e as aves mais pesadas com ganho acelerado de peso (Kuttappan et al., 2017).

Desafiar as aves a atingir alto peso corporal em um curto período de tempo pode causar vários problemas de qualidade da carne. Como esses frangos de crescimento rápido são agora cultivados por mais tempo para alcançar alto rendimento de carne, miopatias de frango, como listras brancas (White Strips) e, mais recentemente, peito amadeirado, estão afetando severamente a aparência da carne e outros atributos de qualidade da carne (Petracci et al., 2014; Kuttappan et al., 2017).

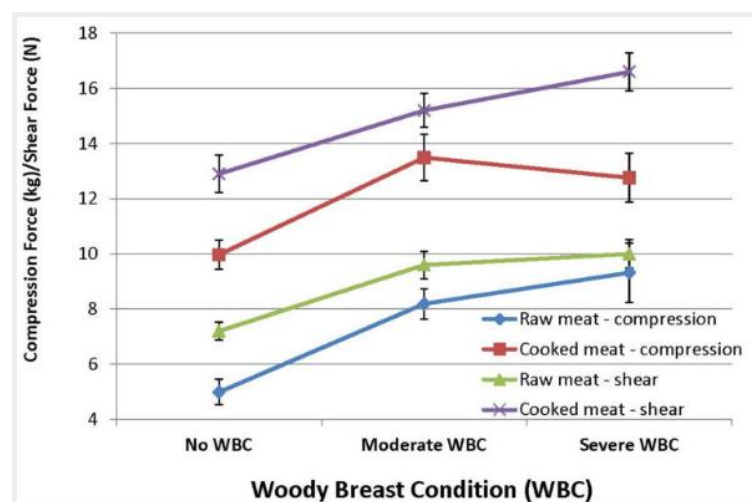
Figura 5: Foto Exame Histológico Normal x Woody Breast



Fonte: (VELLEMAN, 2015)

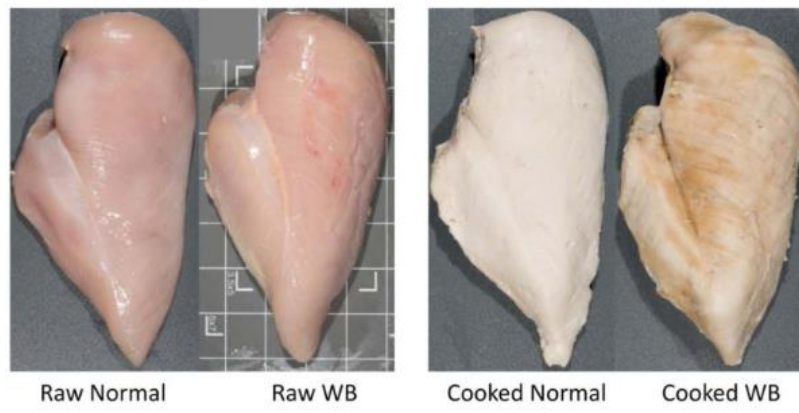
Avaliações experimentais demonstram que síndrome de *Wooden Breast* afeta significativamente a dureza e a força de cisalhamento na carne de peito crua e cozida. Considerando que existe uma estreita relação entre a força de cisalhamento da carne (análise laboratorial) e a percepção do consumidor (análise sensorial) sobre a maciez da carne, pode-se considerar que a força de compressão para romper a fibra durante o teste de cisalhamento imita as condições às quais o material é submetido no processo de mastigação. Os resultados esboçados no gráfico da Figura 6 indicam que a textura da carne *wooden breast* cozida seria percebida de forma diferente daquela da carne normal cozida que por sua vez é menos macia e requer mais força para mastigar suas fibras musculares do que a carne cozida normal, assim como na Figura 7 percebe-se alterações visuais tanto no músculo *in natura* quanto cozido, (Zhuang et al., 2016; Bowker et al., 2016).

Figura 6: Gráfico comparativo Forças de Cisalhamento (Shear Force) e Compressão



Fonte: Revista Atlas of Science, (Zhuang et al., 2016; Bowker et al., 2016).

Figura 7: Foto de peitos com e sem Woody Breast in natura e cozidos



Fonte: Zhuang et al. (2016); Bowker et al. (2016).

3.4 Eletroestimulação (EE)

Conceitualmente, eletroestimulação ou estimulação elétrica é uma técnica que está associada a passagem de uma corrente elétrica através da carcaça ou partes do animal abatido. Essa corrente faz com que os músculos se contraíam e assim ocorra o aumento da taxa de glicólise resultando numa queda imediata do pH (LAWRIE, 2005).

Modificações bioquímicas e físico-estruturais ocorrem no animal após a sua morte, e são essas modificações que convertem o músculo em carne e que determinam a sua dureza, maciez, cor e propriedades de fixação de água. A principal mudança que ocorre nos músculos *pos-mortem* é o encurtamento do sarcômero que gera um aumento na tensão e dureza por certo tempo (CASTILLO, 1995).

Em virtude de a glicólise ser acelerada, o pH é reduzido enquanto a carcaça ainda está a altas temperaturas, ocorrendo modificações bioquímicas capazes de tornar o músculo macio antes de chegar na etapa de resfriamento. Isso explica a importância da aplicação dos estímulos elétricos antes do processo de resfriamento (SIMEONI et al, 2014).

O método da estimulação elétrica surgiu como forma de evitar o encurtamento do músculo devido ao resfriamento rápido das carcaças. O encurtamento pelo frio ocorre quando o pH da carne é maior do que 6,0 com o ATP ainda disponíveis e a temperatura do músculo é inferior a 10°C. A estimulação elétrica tem sido testada de modo a acelerar este processo. Esta leva a uma aceleração do uso da energia armazenada no músculo com a produção rápida de ácido láctico (VIEIRA, 2014).

O amaciamento da carne pela estimulação elétrica tem sido atribuído principalmente a três fatores, a prevenção do encurtamento pelo frio com a aceleração da glicólise, a aceleração da atividade proteolítica (mediada pela ação do cálcio), e por fim, pelas rupturas físicas causadas na estrutura da fibra muscular que é dada pelas contrações musculares. A maior ou menor importância desses fatores depende das condições de resfriamento e da voltagem empregada (LAWRIE, 2005).

3.4.1 Breve histórico sobre uso de eletroestimulação (EE)

A literatura sobre EE de animais pode ser remontada ao ano de 1749, quando Benjamin Franklin usou eletricidade para matar perus, sendo relatado que isso os fez ficar com a carne mais macia. Dois séculos depois a observação de Franklin, Harsham e Deatherage (1951) e Rentschler (1951) emitiram patentes para processos EE de carne, no entanto essas patentes não foram adotadas pelas indústrias (LOPEZ & HERBERT, 1975).

O uso de EE para resolução do efeito da taxa *de rigor mortis* e seu efeito sobre a maciez da carne foi considerado por de Fremery e Pool (1960), e concluiu-se que o rápido rigor induzido pelo EE produziu frangos mais tenderizados. Esta é a primeira citação do uso de EE em carne de aves.

O primeiro relatório de pesquisa científica envolvendo EE para amaciar a carne foi feito por Carse (1973), que demonstrou que EE acelerou a glicólise e pode ser usado para evitar o encurtamento a frio em carne pré-rigor. O relatório provou que o uso EE melhorou a qualidade da carne (PEARSON & DUTSON, 1985).

Ainda na década de 1970, na Nova Zelândia pesquisadores avaliaram EE nas carcaças de cordeiro para acelerar o condicionamento e prevenir o encurtamento pelo frio, sendo nessa mesma época considerada a primeira aplicação comercial com o objetivo bioquímico primário de baixar rapidamente o pH da musculatura para valores menores que 6,0 e permitir o uso de resfriamento rápido. Ao mesmo tempo, nos Estados Unidos Estados Unidos, pesquisadores estudaram EE para amaciar carne bovina, ovina e suína e melhorar cor da carne e grau de palatabilidade. Como resultado, o uso EE post-mortem foi e está sendo usado nas indústrias de carne para como forma de agregar valor aos seus produtos perante consumidores (SAMS, 2002).

3.4.2 Parâmetros de aplicação da eletroestimulação (EE)

As aplicações de estimulação e seus métodos determinam sua importância na maciez e nas demais qualidades da carne, uma vez que várias voltagens, amperagens, frequências, tipos de corrente, ciclos de pulsos, período de estimulação e formas de administração tem sido usados com diferentes efeitos sobre a maciez. De forma geral existem dois tipos de estimulação elétrica que podem ser aplicados: a de baixa voltagem e a de alta voltagem (GOMIDE et al., 2006).

Dentre as variáveis do processo de estimulação elétrica, a voltagem é um dos parâmetros mais estudados. Foi relatado que a baixa tensão (< 100 V) é usada com mais frequência do que a alta tensão (> 100 V) devido aos custos de instalação e à segurança do operador. No entanto, tanto a alta quanto a baixa tensão demonstraram ser eficazes no amaciamento da carne e na redução do tempo de maturação (SAMS, 2002).

Na estimulação elétrica de baixa voltagem são utilizadas voltagens na ordem de 35 a 70V, mas possui eficiência limitada uma vez que a estimulação de baixa voltagem apenas estimulam o cérebro e o sistema nervoso central a executar a contração muscular. Já aplicações de alta voltagem, possuem sua eficiência também associada as fortes contrações que promovem a ruptura das fibras musculares causadas pelas extensivas distensões e violentas contrações do músculo (ABERLE et al., 2001).

A estimulação elétrica de baixa voltagem foi proposta para evitar o encurtamento dos músculos causado pelo resfriamento rápido de carcaças. O efeito desta técnica se dá pela aceleração do processo de rigor, queda com maior velocidade do pH e ativação precoce das proteínases que promovem a fragmentação física das miofibrilas, podendo melhorar a maciez da carne em até 35% e evitar o aparecimento de encurtamento pelo frio (PUGA, 1999).

Um artigo de revisão sobre EE em aves feito por Li (2006) com cooperações de vários pesquisadores da Universidade do Arkansas-USA, cita as diferentes fontes de pesquisas e resultados no que tange as variações de parâmetros quanto a tipos de: Tensão, corrente, Frequência e tempo. A tabela pode ser vista Figura 8.

Os processadores de carne em detrimento de melhorar maciez maturam as carcaças inteiras ou meias (*front half*) 4 a 6 h antes da remoção do filé para permitir o completo desenvolvimento do *rigor mortis*, prevenindo assim o endurecimento. Para aumentar a eficiência, as indústrias gostariam de remover os filés das carcaças o mais cedo possível no seu fluxo de processamento e, portanto, economizar trabalho, energia e espaço refrigerado associado ao envelhecimento das carcaças inteiras (OWENS et al., 1998; SAMS et al., 1998).

Figura 8: Parâmetros de EE pesquisados.

TABLE 2. Electrical parameters used in recent poultry research

Application	Species	Voltage (V)	Current (A)	Waveform ¹	Frequency (Hz)	Duty cycle (%)	Total time	Source
High-voltage ES ²	Broiler	840	.34	AC pulse	.33	67	15 s	Sams <i>et al.</i> (1989)
	Turkey	820	.34	AC pulse	.33	67	15, 30, 45 s	Janky and Birkhold (1989)
	Broiler	(45), 240, 530, 820	.34	AC pulse	.33	67	9, 15, 18, 30, 45 s	Thompson <i>et al.</i> (1987)
	Turkey	800	.34	AC pulse	.11	44	36 s	Maki and Froning (1987)
Low-voltage ES	Broiler	(50), 200, 350	.05, .21, .41	AC pulse	.33	67	90 s	Lyon <i>et al.</i> (1989)
	Broiler	110	1.00	AC pulse	.33	67	75 s	Moore <i>et al.</i> (1987)
	Broiler	100	. . .	DC pulse	.67	67	90 s	Froning and Uijtenboogaart (1988)
	Broiler, turkey	94	. . .	DC pulse	14.30	7	30 s	Dransfield <i>et al.</i> (1984), Lockyer and Dransfield (1986), Wakefield <i>et al.</i> (1989)
ES with muscle tensioning	Broiler	820	.34	AC pulse	.33	67	15, 30, 45 s	Birkhold and Janky (1989)
	Broiler	440	1.00	AC pulse	.33	67	15 s	Birkhold and Sams (1990)
ES with high-temperature conditioning	Broiler	125 (10 to 200)	1.40	AC pulse	.25 (.1 to 1.0)	50	5-15 min	Clatfelter and Webb (1987)
	Broiler	40 (10 to 200)	.80	AC pulse	1.70 (.1 to 5.0)	50	2-15 min	Webb <i>et al.</i> (1989), Harwood <i>et al.</i> (1990)
	Broiler	20, 40, 120	.4, .8, 1.4	DC pulse	5, 10, 20	1	3-13 min	Griffis <i>et al.</i> (1990, 1991), Li <i>et al.</i> (1991b)
	Broiler	110	1.00	AC pulse	.50	50	7, 14 min	Sams (1990), Sams <i>et al.</i> (1991)

¹DC = direct current; AC = alternating current with sine waveform and 60 Hz frequency.

²ES = electrical stimulation.

Fonte: Poultry Science (LI, 2006).

A desossa da carne de peito imediatamente após o resfriamento (1 a 1,5 h *post mortem*) é a situação mais comumente encontrada nas indústrias. A estimulação elétrica *post mortem* (EE) tem sido estudada como um meio de reduzir a dureza associado à carne desossada precocemente. Os mecanismos do EE responsáveis pela melhora na maciez da carne são a aceleração do desenvolvimento do *rigor mortis* para reduzir encurtamento do sarcômero e a ruptura física de fibras musculares (SAMS, 2002).

Diferentes métodos de aplicação de eletroestimulação, bem como várias voltagens e amperagens foram avaliadas por Li et al. (2006). Os pesquisadores relataram que tanto o baixo quanto o alto sistemas de tensão aceleraram o desenvolvimento do rigor, no entanto, o sistema de alta tensão também permitiu a maciez da carne por fragmentação miofibrilar.

Sams et al. (2002) relataram que a localização anatômica do eletroestimulador influenciou o efeito de amaciamento. Aplicação de corrente no peito resultou em valores da força de cisalhamento significativamente mais baixos do que os dos controles ou dos estimulados no pescoço por meios de cuba de imersão. Os métodos de contato do eletroestimulador com o peito foram comercialmente implementados nas indústrias, mas apresentam dificuldade em manter o contato entre a ave e a barra de metal por causa da alta densidade de aves na linha e pelos movimentos oriundos das contrações involuntárias causadas pela estimulação e com isso diminuindo o efeito de amaciamento.

A estimulação no pescoço seria mais fácil e prática de aplicação em uma planta comercial por causa de a ausência de interferência da flexão e perda de contato das aves com o estimulador. No entanto, este método de eletroestimulação não se demonstrou mais efetivo nos valores de força de cisalhamento, embora mesmo assim terem obtido em testes valores 60% mais baixos que os controles em 1 hora post mortem se equivalendo quase a 4 horas de maturação (OWENS et al., 1998; SAMS et al., 1998).

3.5 Análise Sensorial

Analisar alimentos sensorialmente está associada com o desenvolvimento da humanidade desde o período Paleolítico, com uma sociedade nômade e extrativista (migrava em busca de alimentos) até com os direcionamentos e preferências alimentares norteando o plantio e desenvolvimento da agricultura. Como “disciplina da Ciência”, a Análise Sensorial surgiu na década de 1940 nos países escandinavos (e.g. teste triangular, desenvolvido na Carlsberg Brewery por Bengtsson e colaboradores) e nos EUA (estudos análogos, embora independentes, realizados por Peryon e Swartz para o Quatermaster Food and Container Institute do exército americano) (MEILGAARD, 1987).

O *Institute of Food Technology* (1995), define a análise sensorial como sendo o estudo da ciência capaz de evocar, medir, analisar e interpretar as respostas humanas em relação as características dos alimentos à medida que elas são percebidas pelos sentidos da visão, olfato, paladar, tato e audição. Aparência, aroma, sabor e textura são características de qualidade medidas pelo uso dos sentidos, os quais são testados pelos humanos (provadores) que medem essas características (atributos sensoriais), avaliando produtos e incluindo suas respostas em questionários de papel ou via eletrônico.

A análise sensorial de produtos alimentares é muito importante, pois ela fornece indicações fundamentais para a produção e comercialização desses produtos, no tocante às preferências e exigências do consumidor. Uma dessas indicações é a nota média de aceitação atribuída a cada uma das propriedades, como textura, cor, aroma, sabor e aparência de um produto, ou de diferentes marcas, ou ainda de variações de um produto (LYON, 2010).

A avaliação humana possa ser desafiadora e variável em virtude de sua capacidade de sentir estímulos diferentes, a variabilidade dos seres humanos é reflexo de nossas experiências por alimentos específicos que podem variar de acordo com a cultura, localização geográfica, práticas de produção, preparação, gostos individuais, idade, sexo, entre outros (BRATCHER, 2013).

De acordo com Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1993), os métodos sensoriais realizados em humanos podem ser classificados em testes discriminatórios, descritivos e afetivos, sendo:

Métodos discriminativos: são aqueles que estabelecem diferenciação qualitativa e ou quantitativa entre amostras. Nos testes, os provadores de uma equipe atuam como instrumentos para detectar pequenas diferenças. Os provadores podem ser do tipo que avalia a diferença global entre amostras ou do tipo direcional, em que o julgador indica se existe diferença em determinado atributo. Os provadores são familiarizados com a análise sensorial e as respostas podem ser classificadas em testes de diferença (entre duas ou mais amostras) e de similaridade (determinar se não há diferença perceptível entre duas amostras)

Métodos descritivos: descrevem qualitativa e quantitativamente as amostras e utilizam escalas de intervalo ou de proporção. Os métodos descritivos envolvem a detecção e a descrição dos aspectos sensoriais qualitativos e quantitativos de um produto por um grupo de pessoas treinadas.

Métodos afetivos: acessam diretamente a opinião (preferência e/ou aceitabilidade) do consumidor já estabelecido ou do consumidor potencial de um produto, a respeito de características específicas desse produto, ou idéias que o consumidor tenha do produto a ser avaliado; por isso, são também chamados de testes de consumidor. Para coleta dos dados, são utilizadas fichas de avaliação sensorial, que devem ser o mais simples possível e conter instruções claras em relação aos testes.

A Figura 9 apresenta uma tabela indicativa com recomendações para análise sensorial de carnes com base em distintas situações.

Figura 9: Indicação de testes sensoriais para tipo de aplicação segundo literatura.

Aplicações de testes sensoriais na avaliação de carnes.	
Tipo de aplicação	Testes sensoriais aplicáveis
Desenvolvimento de novos produtos	Testes discriminativos, testes descritivos e testes afetivos
Comparação entre um produto já existente e outro em desenvolvimento	Testes de similaridade
Melhoria de produto	Testes de diferença, testes afetivos
Mudança em processos de fabricação, redução de custo e/ou seleção de novos fornecedores	Testes de similaridade, testes afetivos
Controle de qualidade	Testes de diferença (em relação a um padrão), testes descritivos
Estabilidade ou vida de prateleira	Testes de diferença, testes descritivos, testes afetivos
Aceitação ou opinião de consumidor	Testes afetivos
Preferência de consumidor	Testes afetivos
Correlação de análise sensorial e testes físicos e químicos	Testes descritivos

Fonte: Meilgaard et al., (1987) apud EMBRAPA (2007).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Avaliação e seleção de equipamentos

Para escolha dos equipamentos adequados para essa pesquisa inicialmente realizou-se uma imersão intensiva sobre o tema, passando por toda revisão técnica e conceitual bibliográfica conflitando com as possibilidades ofertadas por fornecedores no exterior.

Tendo em vista a complexidade e custos elevados de importação de equipamentos consolidados, assim como os prazos de aprovação junto ao Serviço de Inspeção Federal (SIF) para instalações e operação em linha do eletroestimulador, optou-se pela construção de protótipos para aplicação e coleta de dados.

Como embasamento para essa pesquisa, foi realizado uma viagem internacional com visita ao Departamento de pesquisas de avicultura (*Poultry Science*) da *University of Arkansas* (Fayetteville – USA), associado com uma imersão operacional em plantas de abate de frangos da empresa *Tyson Foods* situada nessa mesma região, os quais realizam pesquisas e uso dessas aplicações de tecnologia.

Diante dos conhecimentos técnicos e práticos levantados e com apoio de fornecedores de equipamentos (Meyn Poultry Equipment Ltd. e Marel Poultry B.V.), foram projetados dois protótipos de equipamentos portáteis sendo, um para eletro estimular carcaças (simulando fluxo de linha) demonstrado na Figura 10, e outro para aplicar estímulos elétricos em filés desossado em bancada, conforme Figura 11.

Figura 10: Foto Protótipo eletroestimulador de linha para carcaças



Figura 11: Foto Protótipo eletroestimulador de bancada para filés



Ambos os equipamentos consistem em elementos condutores metálicos com isolamentos de proteção alimentados por uma fonte controladora de marca modelo Fluxo LFX-500 com modulador para Tensão (Voltz), Frequência (Hz), opção de corrente contínua e alternada com medidor de corrente (Amperes).

4.2 Condução dos experimentos

As ações experimentais e coletas de dados foram realizadas na planta de abate de frangos da Vibra Agroindustrial S/A na cidade de Pato Branco – PR. Nessa unidade de produção foram adequadas as condições de *layout* que permitiram o uso dos equipamentos de eletroestimulação na linha de produção.

Embora a aplicação de uso dos equipamentos tenha sido um protótipo, tal definição tem por objetivo a viabilidade financeira para custeio visto ser totalmente proveniente da iniciativa privada, destaca-se que os princípios de funcionabilidade seguiram uma representatividade de produção em escala comercial, ou seja em volumes de processamento expressivos e medianos a realidade brasileira de abate e produção.

Com a finalidade de evitar variáveis de interferência nos resultados, as amostras de avaliação em carcaças foram previamente classificadas com a seleção de aves dentro da mesma faixa de peso vivo (2,800 a 2,900 kg), pertencentes a um mesmo lote (aviário com cerca de 25000 aves alojadas) de produção, da linhagem “Cobb 500 Male” de sexagem macho.

Conforme ilustra na Figura 12, as aves foram retiradas das gaiolas de transporte e aferido o peso vivo antes de efetuar a pendura na linha de abate.

Figura 12: Foto Seleção de aves para avaliações.



Para os testes em carcaças todas as aves eletro estimuladas receberam um lacre (anilha) numerado para identificação e posterior coleta das amostras na sala de corte. Isso foi fundamental para que as aves pudessem ser retornadas a linha de produção para seguirem fluxo normal de processamento e após serem recuperadas e identificadas.

As avaliações foram divididas em duas categorias, sendo estímulo da carcaça inteira em quatro pontos na linha de abate mantendo os parâmetros elétricos e estímulo nos filés desossados na sala de corte com variações de intensidade. Para ambos os casos foram também selecionados amostras com grau visível de miopatia muscular (peito amadeirado).

Para cada modalidade de ensaio foram mantidas amostras Controle (sem estimulação), as quais foram processadas em condições estáveis e normais de produção, e as amostras Tratamento, as quais sofreram aplicações de eletroestimulação.

Os equipamentos foram aferidos por meio de instrumento de medição “Multi teste” por um eletricista capacitado, conferindo a correta medição instantânea demonstrada no display do conversor quanto a: corrente, tensão e frequência.

Todos as amostras das avaliações (controle e Tratamentos) foram posteriormente congeladas, sob processo de congelamento industrial, a -18°C conforme padrão de processo e especificação dos produtos convencionais.

4.3 Ensaios e Coleta de Dados

As experimentações decorreram com todas as condições operacionais em normalidade de acordo com o habitual da planta produtiva, sendo as variações perduradas por um dia integral de produção, caracterizado como campo amostral.

Os testes foram divididos em duas categorias de avaliação com uso de eletroestimulação, sendo Filés de Peito (produto sem osso) e Carcaças (carcaça inteira com osso).

4.3.1 Eletroestimulação em filés desossado

Para as avaliações em filés foram utilizadas 72 carcaças aleatórias, coletadas na sala de corte após o ciclo normal de processamento desde abate até o espostejamento com a remoção do peito inteiro e inteiro no formato *butterfly*, conforme demonstrado na Figura 13.

As amostras foram originadas sempre provenientes da mesma carcaça (ave) para avaliação, sendo meio filé de peito como amostra “Controle” (sem uso eletroestimulação) e outra metade referente a amostra “Tratamento” (com uso de eletroestimulação).

Figura 13: Peito no formato Butterfly demonstrando decomposição amostral



Os peitos foram distribuídos em 9 grupos de tratamentos, considerando 3 intensidades de corrente elétrica e 3 diferentes tempos de estímulo, caracterizando um arranjo fatorial 3x3+1 (tratamento controle), totalizando 144 amostras.

Os tratamentos foram divididos em subcategorias variando o tempo e a intensidade das aplicações de eletroestimulação sendo formados subgrupos de 8 amostras controle e mais 8 amostras em cada condição de tratamento, conforme Tabela 1:

Tabela 1: Classificação em grupos da amostragem avaliada

Grupo de Amostra	TRATAMENTO			CONTROLE		
	Corrente (mA)	Tempo (s)	Nº Amostras (Meio Peito)	Corrente (mA)	Tempo (s)	Nº Amostras (Meio Peito)
1	500	10	8	-	-	8
2	500	20	8	-	-	8
3	500	30	8	-	-	8
4	1000	10	8	-	-	8
5	1000	20	8	-	-	8
6	1000	30	8	-	-	8
7	2000	10	8	-	-	8
8	2000	20	8	-	-	8
9	2000	30	8	-	-	8
TOTAL			72			72

As amostras “Tratamento” foram submetidas ao processo de eletroestimulação pelo protótipo de bancada, apresentado na Figura 11.

Imediatamente após os estímulos, assim como também a parte do controle, as amostras foram embaladas, identificadas, encaminhadas para o congelamento e após enviadas para análise laboratorial em caminhões frigorificados com temperaturas conservadas (-12°C).

4.3.2 Eletroestimulação em carcaças

Conforme constatado na revisão de literatura, a rápida resolução do *rigor mortis* antes de iniciar o processo de desossa seria um fator importante de impacto na textura e macies da carne, tendo em vista as ações das enzimas (reações bioquímicas). Portanto a aplicação de eletroestimulação precocemente após o abate do animal teria um provável maior efeito observado.

Para comprovar essa hipótese, os testes em carcaças foram aplicados em diferentes pontos na linha de abate, nos quais as carcaças foram retiradas da linha principal, submetidas a eletroestimulação e devolvidas para linha de modo finalizar o processamento.

Os pontos avaliados foram:

- a) Controle: (aves sem estímulo)(20 carcaças)
- b) Saída da sangria.....(20 carcaças)
- c) Saída da escada / depenadeiras.....(20 carcaças)
- d) Saída da linha de evisceração / inspeção final.....(20 carcaças)
- e) Saída do *chiller* de resfriamento.....(20 carcaças)

Total de 80 carcaças avaliadas.

As aplicações de estímulos elétricos foram realizadas com o protótipo apresentado na Figura 10, no qual as carcaças foram penduradas na estrutura provida de ganchos (isoladas da estrutura) e ajustadas para contato com peito em chapa metálica condutora com largura similar ao tamanho do peito da ave.

Com a diferença de potencial de tensão entre polos elétricos: patas = positivo (+) e peito = negativo (-), foram aplicados 50 Volts de tensão com pulsos de corrente alternada na frequência de 20 Hz, durante 50 segundos. Nesse caso a corrente elétrica não foi limitada e ficou variável em função da resistência proporcionada pelas carcaças das aves.

O mesmo procedimento e parametrização foi repetido em todos os pontos pesquisados de mesmo modo. Conforme Figura 14, as carcaças identificadas foram espostejadas na sala de corte, obtendo o peito no formato *butterfly*.

Figura 14: Foto para comparação visual controle e tratamento



Estimulado logo após Sangria



Controle (sem estimulação)

4.4 Avaliações Laboratoriais

Para as avaliações dos parâmetros de embasamento da pesquisa as amostras foram enviadas ao CEPETEC, Centro de Ensino, Pesquisa e Tecnologia de Carnes da Faculdade de Medicina Veterinária da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS) em Porto Alegre-RS.

a) Classificação visual de miopatia

As avaliações foram realizadas em todas as amostras após o descongelamento, por meio de classificação visual e tátil entre Normal (grau 0), Leve (grau 1), Moderado (grau 2) e Severo (grau 3), conforme metodologia adotada por Tijare et al. (2016).

b) Cor

Realizado na parte frontal dos filés de peito com uso de colorímetro portátil marca e modelo Konica Minolta CR-410 devidamente calibrado, com leituras em triplicada variando entre os pontos foram feitas na parte frontal de todas as amostras. Os resultados foram obtidos instantaneamente no leitor e expressos L* (luminosidade), a* (teor de vermelho) e b* (teor de amarelo).

c) pH

Foram utilizados 2 gramas de material para cada teste, sendo realizado em triplicada para cada tratamento e controle. Com utilização de recipientes tipo Becker foram adicionados 50 ml de água destilada, macerado por 1 minuto e após descanso de mais 15 minutos. As leituras foram feitas por meio de peagamêtro digital Testo 205, calibrado com duas soluções tampões (pH 4,0 e pH 7,0 + 0,05/25°C).

d) Capacidade de retenção de água (CRA)

Os resultados foram obtidos pela diferença de pesos médio de triplicatas de amostras de 2 gramas provenientes para parte cranial dos peitos, os quais foram repousados de forma prensada com peso de 10 kg entre papel filtro por 5 minutos, conforme metodologia descrita

por Hamm (1960). Os valores finais foram expressos em forma percentual em relação da diferença e o peso inicial.

e) Perda de peso por descongelamento (DRIPP)

Valor da diferença de peso das amostras antes e após o descongelamento e remoção da perda líquida desse processo de degelo, sendo os valores finais mensurados em forma percentual de perda.

Para o descongelamento as amostras foram armazenadas suspensas em redes plásticas dentro de recipientes por 48 horas a 4° C para gotejamento do exsudato e, após este período, foram retiradas, enxugadas suavemente com toalhas de papel e pesadas novamente para obtenção do peso final, segundo metodologia adaptada de Mudalal et al., (2015).

f) Perda de peso por cocção (PPC)

Para determinar a perda de cocção, as amostras de filés padronizadas em 80 gramas foram identificadas e embaladas em sacos de polietileno e selados à vácuo, após cozidos em banho-maria CT – 269 a 85°C por 30 minutos até atingirem a temperatura final interna de 75 a 80°C. Posterior ao cozimento, os filés foram resfriados em temperatura ambiente e pesados novamente. A diferença entre o peso inicial (in natura) e final (cozido), correspondeu à perda de peso por cozimento, conforme método adaptado por Honikel (1987).

g) Força de cisalhamento (FC)

As amostras usadas para determinação da PPC (cozidas) foram utilizadas para análise da força de cisalhamento, as quais foram cortadas em paralelepípedos com dimensões de 1x1x2 cm e colocadas de forma que as fibras estavam orientadas no sentido perpendicular às lâminas Warner-Bratzler de 1mm de espessura do aparelho Texturômetro TAXT 2i (stable micro Systems), que mediu a força necessária para cortá-las, com valor expresso em quilograma-força (N/mm.sec). Os valores da FC de cada amostra representaram uma média de cinco medições provenientes da porção medial do filé.

h) Comprimento do sarcômero

A medida do sarcômero foi obtida com a técnica de difração à laser na qual as amostras foram submetidas as seguintes etapas: desbastamento da carne, extração, homogeneização e mensuração. Foram utilizadas aproximadamente 0,1 a 0,3 gramas da porção central de cada amostra foram retiradas com a ajuda de uma pinça e um bisturi cirúrgico, e emergiu-se em 0,8 ml de glutaraldeído 2,5% durante 12 horas. Em seguida, retirou-se as amostras da solução e lavou-se cada amostra com solução tampão fosfato 0,1 mol L pH 7,2. Após a lavagem, as amostras foram imersas em 0,8 mL de ácido nítrico 30 % (4,2 mol L) durante 72 horas. Após este período as amostras foram retiradas da solução, lavadas novamente com solução tampão fosfato 0,1 mol L pH 7,2 e imersas em solução glicerol 50 % por 72 horas.

A seguir as amostras foram retiradas da solução e, de cada uma, foram extraídos de 3 a 4 pedaços no sentido da fibra. Esses pedaços foram dispostos um ao lado do outro em uma lâmina de vidro, e a partir da lâmina preparada, utilizou-se um equipamento de difração a laser para determinar o comprimento do sarcômero.

4.5 Avaliações Sensoriais

As avaliações sensoriais foram conduzidas por uma equipe de apoio do Centro de Inovações da Vibra (CIV), que conta com uma planta piloto, cozinha industrial e estações de degustação e avaliação, conforme ilustrado nas fotos agrupadas na Figura 15.

Figura 15: Fotos agrupadas: Centro de Inovação Vibra (CIV)



Fonte: Acerto Vibra Agroindustrial S/A.

Para o painel sensorial foram selecionados colaboradores voluntários da empresa Vibra Agroindustrial AS (painelistas não treinados), após divulgação nos canais de comunicação internos conforme Figura 16. Os participantes foram limitados em 50 inscritos, não treinados, consumidores frequentes de carne de frango com faixa etária de 20 a 55 anos.

A empresa consentiu diante do seu regimento de políticas e normas de trabalho, bem como estrutura apropriada e designada para fins de avaliações sensoriais. Quanto aos participantes a avaliação foi amparada pela Resolução 510/2016 do Conselho Nacional de Saúde (CNS), órgão do Ministério da Saúde, que estipula as diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas com seres humanos. Somente participaram da pesquisa aqueles que aceitaram assinar o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, documento que consta nos arquivos da empresa para eventual consulta.

As avaliações sensoriais aplicadas foram do método Discriminativo por teste de Diferença, onde os painelistas (avaliadores) receberam duas amostras para avaliação de “comparação pareada”, para serem analisados os quesitos Suculência e Maciez (textura).

As amostras foram codificadas e não foi informado a nenhum dos avaliadores as interferências no processo, mas sim somente foco na avaliação sensorial comparativa entre ambas as amostras. Essa metodologia está conforme norma ASTM E2610-08, assim como a avaliação estatística está baseada em tabela Bicaudal para nível de significância ($p < 0,05$).

De acordo com a metodologia adaptada por EMBRAPA et al. (2007), os filés de meio peito foram temperados em mesma porção com sal, embalados íntegros com papel alumínio e aquecidos em forno grill em torno 300 °C por 16 minutos, sendo 8 minutos de cada lado, até que atingissem a temperatura interna de 85 °C no seu centro geométrico, monitorado com termômetro digital. Em seguida, os filés foram cortados em porções uniformes lateralmente (perpendicular ao sentido longitudinal).

Para os avaliadores foi fornecido um pedaço de peito “controle” e um pedaço de peito “tratamento” acondicionados em pratos de louça brancos identificados juntamente com um copo de água para equalização entre avaliações. Os pedaços fatiados para cada avaliador foram observados para corresponder a mesma posição (fração) entre ambas as amostras compradas, a fim de evitar interferências de textura, como por exemplo entre parte cranial e ponta inferior do peito. Esse procedimento foi repetido 3 vezes para cada avaliador intercalando posições dos pedaços de peito (superior, central e inferior). Os avaliadores registraram suas escolhas e observações em uma ficha de avaliação conforme Figura 17.



Análise Sensorial **CIV**

Convidamos você a participar de um teste de **experimentação de produtos.**

 **Data:** 03/11 (quinta-feira)

 **Local:** Sala Sensorial CIV

A sua participação levará **apenas 10 minutos.**

Serão algumas **degustações rápidas**, porém, **fundamentais** para o apoio à nossa **área de P&D.**

Clique aqui
e agende o melhor horário

VIBRA

Fonte: Área de Comunicação Interna - Vibra Agroindustrial S/A.

Figura 17: Ficha de Avaliação do Teste Sensorial

VIBRA		TESTE DE COMPARAÇÃO PAREADA	
Nome: _____			
Instruções: Você irá avaliar 2 amostras codificadas . Por favor, avalie as amostras da esquerda para a direita e circule a amostra MAIS MACIA.			
587		123	
Por favor, avalie novamente as amostras da esquerda para a direita e circule a amostra MAIS SUCULENTA.			
587		123	
Você percebeu diferença entre as amostras? Comente aqui: _____			
VIBRA		TESTE DE COMPARAÇÃO PAREADA	
Nome: _____			
Instruções: Você irá avaliar 2 amostras codificadas . Por favor, avalie as amostras da esquerda para a direita e circule a amostra MAIS MACIA.			
895		137	
Por favor, avalie novamente as amostras da esquerda para a direita e circule a amostra MAIS SUCULENTA.			
895		137	
Você percebeu diferença entre as amostras? Comente aqui: _____			

Fonte: Departamento de Pesquisa e Desenvolvimento - Vibra Agroindustrial S/A.

4.6 Análise estatística

A definição do número amostral para avaliação experimental baseou-se na definição estatística de acordo com Teorema Central de Limite (BOLFARINE e BUSSAB, 1994), obtida pela calculadora *on line* no site <https://www.calculator.net/sample-size-calculator>, sob formulação expressa:

$$n = \frac{Z^2 \times \sigma^2 \times N}{e^2 \times (N - 1) + Z^2 \times \sigma^2}$$

Onde: Z= nível de confiança (95%); σ = Desvio padrão populacional da variável estudada (1%); N = número da População avaliada (1 lote = 25000 aves); e = margem de erro (5%).

Obtendo-se o $n = 15,36 (\approx 16)$, onde experimentalmente realizou $n = 20$ amostras.

Os experimentos foram agrupados em médias, sendo seus dados de origens tabelados no Microsoft Excel, onde primeiramente foram plotados gráficos de dispersão dos valores para identificação de *outliers*, ou seja valores atípicos que fogem muito em relação à média, os quais foram desconsiderados.

Os dados planilhados foram analisados no Software R 4.0.2 de estatística, sendo submetidos pela análise de variância ANOVA, como forma de validação dos grupos de valores foram calculadas para cada análises o valor da probabilidade de significância (p -valor) do conjunto amostral, rejeitando a hipótese nula (médias iguais entre grupos) para casos menores que 5% de significância (p -valor $<0,05$).

A ANOVA é empregada para determinar se há diferenças significativas entre as médias dos grupos testados. No contexto desse estudo, ela permite avaliar se os diferentes tratamentos aplicados às carcaças de frango resultam em variações estatisticamente significantes em características como Colorímetro, Capacidade de Retenção de Água (CRA), Potencial Hidrogeniônico (pH), Perda de Peso por Cocção (PPC), Força de Deformação (FD) e Força de Cisalhamento (FC).

Seguidamente os dados das avaliações com diferenciação significativa ($p < 0,05$) no mesmo grupo de avaliação (entre as médias) foram submetidos ao teste Tukey para diferenciações estatísticas também com significância ($p < 0,05$) mas agora entre os tratamentos. Os valores que diferem entre si foram classificados em ordem decrescente com letras (a,b,c).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Resultados serão rerepresentados após publicação em revista científica.

6 CONCLUSÃO

Resultados serão rerepresentados após publicação em revista científica.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABERLE, D. E.; FORREST, J.C.; GERRARD, D.E.; MILLS, E.W. *Principles of meat science*. 4. ed. Iowa: KEMDALL, 2001. 254p.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **Análise sensorial de alimentos e bebidas – NBR 12806**. Rio de Janeiro: ABNT, 1993. 8 p
- ADEYEMI, Kazeem Dauda; SAZILI, Awis Qurni. *Efficacy of Carcass Electrical Stimulation in Meat Quality Enhancement: A Review*. Asian Australas. J. Anim. Sci, vol. 27, N. 3, p. 447-456, Mar. 2014.
- ALVES, Dorismar David; GOES, Rafael H. de T. e B. de; MANCIO, Antonio Bento. Maciez da Carne Bovina. **Ciência Animal Brasileira**, v. 6, n. 3, p. 135-149, jul./set. 2005.
- Associação Brasileira de Proteína Animal, ABPA**, site <https://abpa-br.org/>, 2022.
- 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.
- BEN, A. M. *Effect of freezing and microbial growth en myoglobin derivates of beef*. Food Chemistry, v. 147, n.10, p.4096, 1999.
- BENDALL, J. R. *Post mortem changes in muscle*. In: BOURNE, G. H. Structure and Function of Muscle. New York: Academic Press, 243 p., 1973.
- BRATCHER, C. L. Trained Sensory Panels. In: KERTH, C. R. (Ed.). *The Science of Meat Quality*. Iowa: Wiley-Blackwell, Ames, 2013. p. 207–213.
- CAMPANONE, L. A.; SALVADORI, V. O.; MASCHERONI, R. H.; *Weight loss during freezing and storage of unpackaged foods*. Journal of Food Engineering 47: 69–79. 2002.
- CARDOSO, Suzana. **Estimulação Elétrica, Tipo de Desossa e Taxas de Resfriamento da Carne Bovina: Efeitos em Características Físicas, Físico-Químicas, Sensoriais e Bacteriológicas**. 159p. TESE (Doutorado) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.
- CARVALHO, Sandra Regina Souza Teixeira de. **Avaliação da estimulação elétrica nos parâmetros qualitativos de carcaças bovinas**. Orientador: Prof. Dr. Roberto de Oliveira Roça, 2006, 92p. TESE (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2006.
- CASTILLO, Carmen J Contreras. **Efeitos do Atordoamento Elétrico, da Estimulação Elétrica e da Desossa a Quente na Qualidade da Carne do Peito (Músculo *Pectoralis major*) de Frango**. Orientador: Prof. Dr. Nelson José Beraquet. 1995, 139p. TESE (Doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1995.
- CASTILLO, Carmen J Contreras. Estimulação Elétrica. In: OLIVO, Rubison. **O Mundo do Frango**. Criciúma: Ed. do Autor, 2006.

CLARK, D.; HARDING, R. Myogenesis Muscle Growth and Structure. In: PETRACCI, M.; BERRI, C. CILE (Eds.). *Poultry Quality Evaluation: Quality Attributes and Consumer Values*. 1. ed. Cambridge: Woodhead Publishing p. 29–44., 2017.

CORREIA, D. A. A. **Bioquímica animal**. Fundações Calouste Gulbenkian: Lisboa, 1976, 914p.

CHRYSTALL, B.B.; Meat texture measurement. In: PEARSON, A.M.; DUTSON, T.R. *Quality Attributes an their measurement in meat, poultry and fish products*. London: Blackie Academic & Professional. V.9, cap. 12, p.316-336, 1994.

DABES, A. C. **Propriedades da carne fresca**. Revista Nacional da Carne, v. 25, p. 32-40, 2001.

DUTRA, W.; SILVA, A. M. A. D. **Processamento de carnes e derivados**. Produção Alimentícia, 2013.

EMBRAPA, **Análise sensorial de carne: conceitos e recomendações**, Comunicado Técnico 79 p.: 3-5, 2007.

FANATICO, A. C.; CAVITT, L. C.; PILLAI, P. B.; EMMERT, J. L.; OWENS, C. M. *Evaluation of slower-growing broiler genotypes grown with and without outdoor access: Meat quality*. Poultry Science, v. 84, p. 1785-1790, 2005.

FERNANDES, J. R. **A maturação da carne bovina**. In: SEMINÁRIO E WORKSHOP PRESERVAÇÃO E ACONDICIONAMENTO DE CARNE BOVINA IN N

ATURA, 1., 1997, Campinas. Anais... Campinas: ITAL, 1997. p. 47-55.

FERNANDEZ, X. et al. *Effects of the rate of muscle post mortem pH fall on the technological quality of turkey meat*. British Poultry Science, Roslin, v. 43, p. 245-252, 2002.

GOMIDE, L. A. M.; RAMOS, E. M.; FONTES, P.R. **Tecnologia de abate e tipificação de carcaças**. Viçosa: Ed UFV, 2006. 370p.

GUARNIERI, P.D., OLIVO, R., SOARES, A.L., IDA, E.I., LARA, J.A.F & SHIMOKOMAKI, M. **Bem-estar Animal e Qualidade da Carne. Uma Exigência dos Consumidores**. Revista Nacional da Carne, São Paulo, Ano XXVI, n. 301, p.36-44, 2002.

HERRING, H.K., CASSENS, R.G., SUESS, G.G., BRUNGARDT, V.H., BRISKEY, G.G., *Ternerness and associated characteristics os stretched and contracted bovine muscules*. Journal of Food Science, v32, p317-322, 1967.

Honikel, K. O., and R. Hamm, 1978. *Influence of cooling and freezing of minced prerigor muscle on the breakdown of ATP and glycogen*. Meat Sci. 2:181-188.

HUFF-LONERGAN, E.; SOSNICKI, A. **Water-Holding Capacity of Fresh Meat**. Pork Information Gateway - American Meat Science Association Fact Sheet, 8 p. 2005.

KIRINUS, Jackeline Karsten; TEIXEIRA, César; RITT, Luciano Antonio. **Fatores Pós - Abate que Contribuem para a Maciez da Carne.** *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, v. 18. Ed. Especial, p. 18-24, Mai. 2014.,

KOMIYAMA, C. M.; MARTINS, M. R. F. B.; MENDES, A. A.; SANFELICE, C.; CAÑIZARES, M. C. S.; RODRIGUES, L.; CAÑIZARES, G. I. L.; ROÇA, R. O.; ALMEIDA, I. C. L. **Avaliação da técnica de maturação sobre a qualidade da carne e estrutura da fibra muscular do peito de matrizes pesadas de descarte de frangos de corte.** *Brazilian Journal of Food Technology*, II SSA, p. 89-93, 2009.

KOMIYAMA, C. M.; MENDES, A. A.; SANFELICE, C.; CAÑIZARES, M. C.; ROÇA, R. O.; TAKAHASHI, S. E.; RODRIGUES, L.; CAÑIZARES, G. I. L.; PAZ, I. C. L. A.; CARDOSO, K. F. G. **Qualidade físico-química e sensorial da carne de peito de matrizes pesadas de descarte.** *Ciência Rural*, v. 40, n. 7, p. 1623-1629, 2010.

KOOHMARAIE, M. *Biochemical factors regulating the toughening and tenderization processes of meat.* *Meat Science*, v. 43, p. 193-201, 1996.

KOOHMARAIE, M.; KENT, M. P.; SHACKELFORD, S. D.; VEISETH, E.; WHEELER, T. L. *Meat tenderness and muscle growth: is there any relationship?* *Meat Science*, v. 62, p. 345-352, 2002.

KRIESE, P. R.; SOARES, A. L.; GUARNIERI, P. D.; IDA, E. I.; SHIMOKOMAKI, M. **Tenderização dos filés de frango durante a refrigeração.** *Revista Nacional da Carne*, v. 29, n. 337, p. 72-77, 2005.

KUTTAPPAN, V. A. et al. *Incidence of broiler breast myopathies at 2 different ages and its impact on selected raw meat quality parameters.* *Poultry Science*, v. 96, p. 3005– 3009, 2017.

LAWRIE, R. A.; LEDWARD, D. *Lawrie's meat science.* 7. ed. Cambridge: Woodhead Publishing, 2005.

LI, C.B; CHEN, Y.J., XU, X. L; HUANG, M; HU, T. J; ZHOU, G.H. *Effects of low-voltage electrical stimulation and rapid chilling on meat quality characteristics of Chinese Yellow crossbred bulls.* *Meat Science*, Oxford, v.72, p. 9 – 17, 2006.

LOCKER, R.H. HAGYARD, G.J. *A cold shortening effect in beef muscles.* *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v.14, p. 787-793, 1963.

Lopez, C. A., and E. W. Herbert, *The Private Franklin: The Man and his Family.* 1st ed. W. W. Norton and Co., New York, NY. 1975.

LYON, B. G. et al. *Meat quality: Sensory and instrumental evaluations.* In: OWENS, C. 42 M.; ALVARADO, C. Z.; SAMS, A. R. (Eds.). *Poultry Meat Processing.* 2. ed. New York: CRC Press, Boca Raton, FL. p. 125–155, 2010.

MACARI, M.; FURLAN, R. L.; GONZALES, E. **Fisiologia aviária aplicada a frangos de corte.** Jaboticabal: FUNEP, 1994. p. 296.

MARSH, B.B., LEET, N.G. *Studies in meat tenderness*. III. The effects of cold shortening on tenderness, *Journal of Food Science*, v.31, 450-459, 1966.

MEHAFFEY, J. M.; PRADHAN, S. P.; MEULLENET, J. F.; EMMERT, J. L.; MCKEE, S. R.; OWENS, C. M. *Meat quality evaluation of minimally aged broiler breast fillets from five commercial genetic strains*. *Poultry Science*, v. 85, p. 902-908, 2006.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. *Sensory evaluation techniques*. Boca Raton: **CRC Press**, v. 2, 1987.

MONSÓN, F.; SAÑUDO, C.; SIERRA, I. *Influence of breed and ageing time on the sensory meat quality and consumer acceptability in intensively reared beef*. *Meat Science*, v. 71, p. 471-479, 2005.

NISHIMURA, T. *Role of extracellular matrix in development of skeletal muscle and postmortem aging of meat*. *Meat Science*, v. 109, p. 48–55, 2015.

ODA, S.H. I.; SCHNEIDER, J.; SOARES, A.L.; BARBOSA, D.M. L.; IDA, E.I.; OLIVO, R. & SHIMOKOMAKI, M.; **Detecção De Cor Em Filés De Peito De Frango**, *Revista Nacional da Carne* v.28, p.30-34, 2003.

OLIVO, R., SOARES, A. L., IDA, E. I. & SHIMOKOMAKI, M. *Dietary Vitamin E Inhibits Poultry PSE and Improves Meat Functional Properties*. *Journal of Food Biochemistry*, v. 25, n. 4, p.271-283, 2001.

OWENS, C. M & SAMS, A. R. *Meat Quality of Broiler Breast Meat Following Post-Mortem Electrical Stimulation at the Neck*, *Poultry Science* V77: p1451–1454. 1998.

PALKA, K. *The influence of post-mortem ageing and roasting on the microstructure, texture and collagen solubility of bovine semitendinosus muscle*. *Meat Science*, v. 64, p. 191-198, 2003.

PALMA, Silvina Ferro, **Transformação Do Músculo Em Carne, Influência Na Qualidade Da Carne**, Instituto Politécnico De Beja, p. 5-40, 2017.

PARDI, Miguel Cione; SANTOS, Iarcir Francisco dos; SOUZA, Elmo Rampini de; PARDI, Henrique Silva. **Ciência, Higiene e Tecnologia da Carne**. Goiânia: Ed. Da UFG, 2005.

PAPINAHO P. A. & FLETCHER D. L.; *The Influence of Temperature on Broiler Breast Muscle Shortening and Extensibility*, *Poultry Science* 75:797-802, 1996.

PRÄNDL, O.; FISCHER, A.; SCHMIDHOFER, T.; SINELL, H. J. **Tecnología e Higiene de la Carne**. Zaragoza: Acribia, 1994.

Pearson, A. M., and T. R. Dutson, ed., 1985. *Advances in Meat Research*, Volume 1: Electrical Stimulation. AVI Publishing Co., Inc., Westport, CT.

PETRACCI, M. et al. *Effect of white striping on chemical composition and nutritional value of chicken breast meat*. *Italian Journal of Animal Science*, v. 13, p. 179– 183, 2014.

POLIDORI, Paolo; VINCENZETTI, Silvia. *The Use of Electrical Stimulation in Meat Production*. In: MCCARTHY, Derrick B. *Meat and Meat Processing*. Nova Science Publishers, 2017. p.133-154.

PUGA, D. M. U. **Avaliação do amaciamento de carne bovina de dianteiro pelos métodos de maturação, estimulação elétrica, injeção de ácidos e tenderização mecânica**. Ciência e tecnologia de alimentos, São Paulo, v. 19, n.1, p.88-96, 1999.

RAMOS, E. M.; GOMIDE, L. A. M.; **Avaliação de carnes anormais: condições PSE e DFD**. In: Avaliação da qualidade de carnes: Fundamentos e metodologias. 1.ed. Viçosa: UFV, p. 531-575, 2007.

Revista Nacional da Carne v.28, n. 321, **DETECÇÃO DE COR EM FILÉS DE PEITO DE FRANGO**, p.30-34, 2003.

RIBEIRO, K. P. **Análise da Relação Umidade/Proteína em Filés PSE (pale, soft, exudative) de Frangos em Conformidade com a Instrução Normativa 32/2010**, 2015.

ROÇA, R. O. **Tecnologia da carne e produtos derivados**. Botucatu: UNESP, FCA, 201 p., 2001.

SAMS, A. *Post-mortem electrical stimulation of broilers*. *World's Poultry*, Science Journal, v. 58, n. 2, sep., 2002. Disponível em: <https://doi.org/10.1079/WPS200220014>.

SIMEONI, Caroline Posser; FRUET, Ana Paula Burin, MENEZES, Maria Fernanda Cáceres, *Slaughter Factors That Contribute To Meat Tenderness*, Revista Eletrônica Em Gestão, Educação E Tecnologia Ambiental, 2014.

TIJARE, V. V. et al. *Meat Quality of Broiler Breast Fillets with White Striping and Woody Breast Muscle Myopathies*. *Poultry Science*, v. 95, p. 1–7, 2016.

TSITSILONIS, O. E.; STOEVA, S.; ECHNER, H.; BALAFAS, A.; MARGOMENOU, L.; KATSOULAS, H. L.; TROY, D. J.; VOELTER, W.; PAPAMICHAIL, M.; LYMBERI, P. *A skeletal muscle troponin-T specific ELISA based on the use of an antibody against the soluble troponin T (16-31) fragment*. *Journal of Immunological Methods*, v. 268, p. 141-148, 2002.

VELLEMAN S. G., *Relationship of Skeletal Muscle Development and Growth to Breast Muscle Myopathies*: A Review. *Avian diseases*, 59:525–531, 2015.

VIEIRA, S. L., **Considerações sobre as características de qualidade de carne de frango e fatores que podem afetá-la**. XV Simpósio Brasil Sul de Avicultura e VI Brasil Sul Poultry Fair, 2014.

XIA X, Kong B, Liu J, Diao X, Liu Q. *Influence of different thawing methods on physicochemical changes and protein oxidation of porcine longissimus muscle*. *LWT Food Science and Technology* 2012; 46:280-286.

ZHUANG, H.; BOWKER, B. *The wooden breast condition results in surface discoloration of cooked broiler pectoralis major*. Poultry Science, p. 1–4, 2016.