



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA
DE ALIMENTOS**

SAMIRA DA SILVA MÁXIMO

**HAMBÚRGUER DE FRANGO INCORPORADO COM EXTRATO DE
GENGIBRE: CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS, TECNOLÓGICAS E
ACEITAÇÃO SENSORIAL.**

**ALEGRE - ES
DEZEMBRO - 2019**



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE
ALIMENTOS**

SAMIRA DA SILVA MÁXIMO

**HAMBÚRGUER DE FRANGO INCORPORADO COM EXTRATO DE
GENGIBRE: CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS, TECNOLÓGICAS E
ACEITAÇÃO SENSORIAL.**

**ALEGRE – ES
DEZEMBRO - 2019**

SAMIRA DA SILVA MÁXIMO

**HAMBÚRGUER DE FRANGO INCORPORADO COM EXTRATO DE
GENGIBRE: CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS, TECNOLÓGICAS E
ACEITAÇÃO SENSORIAL.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Consuelo Domenici Roberto
Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Pollyanna Ibrahim Silva

ALEGRE – ES
DEZEMBRO - 2019

Ficha catalográfica disponibilizada pelo Sistema Integrado de
Bibliotecas - SIBI/UFES e elaborada pelo autor

M464h Máximo, Samira da Silva, 1993-
Hambúrguer de frango incorporado com extrato de gengibre:
características físico-químicas, tecnológicas e aceitação sensorial /
Samira da Silva Máximo. - 2019.
70 f. : il.

Orientadora: Consuelo Domenici Roberto.

Coorientadora: Pollyanna Ibrahim Silva.

Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos)
- Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências
Agrárias e Engenharias.

1. Enzimas proteolíticas. 2. Proteases. I. Roberto, Consuelo
Domenici. II. Silva, Pollyanna Ibrahim. III. Universidade
Federal do Espírito Santo. Centro de Ciências Agrárias e
Engenharias. IV. Título.

CDU: 664

SAMIRA DA SILVA MÁXIMO

**HAMBÚRGUER DE FRANGO INCORPORADO COM EXTRATO DE
GENGIBRE: CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS, TECNOLÓGICAS E
ACEITAÇÃO SENSORIAL**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Espírito Santo, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

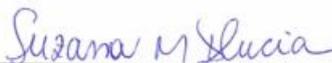
Aprovada em 06 de dezembro de 2019.



Prof^ª. Dr^ª. Consuelo Domenici Roberto
Universidade Federal do Espírito Santo-UFES
Orientadora



Prof^ª. Dr^ª. Pollyanna Ibrahim Silva
Universidade Federal do Espírito Santo-UFES
Coorientadora



Prof^ª. Dr^ª. Suzana Maria Della Lucia
Universidade Federal do Espírito Santo-UFES
Examinadora



Prof^ª. Dr^ª. Maria Emilia Rodrigues Valente
Universidade Federal do Espírito Santo-UFES
Examinadora

Agradecimentos

Gostaria de agradecer primeiramente a Deus, meu amigo, meu consolador e meu tudo. Obrigado Senhor por sempre me sustentar, ouvir minhas orações e nunca me deixar desistir.

Minha amada vó Rosa, que me criou, me amou e sempre acreditou em mim.

Ao meu amado esposo Hebert por me inspirar, me amar e por todos os conselhos que me fizeram ir além. Amo-te.

Ao meu filho Otávio por existir na minha vida. Te amo.

Minha mãe por todo esforço e amor recebido.

A minha sogra e meu sogro que são como pais para mim, sempre me incentivaram a seguir em frente.

A minha prima Ludmila por sempre me incentivar a ir em frente e nunca desistir.

A minha grande amiga Natássia por todos os puxões de orelha, por me aturar, pelos conselhos e companheirismo. Amo você.

Ao meu grande amigo Wallaf pelas aulas de estatísticas, pela paciência e amizade.

A minha amiga e conselheira Pamela, me ajudando até em Paris.

Gostaria de agradecer a minha orientadora Consuelo e coorientadora Pollyanna, pela orientação, pelos ensinamentos, e direcionamentos.

As minhas amigas Sol, Krystal e Letycia pelo apoio, carinho e por todos momentos passados juntos. Aos meus colegas Deyvson, Wanessa e Marcella por todo apoio.

A professora Vidigal e ao Toninho pelo apoio incondicional.

A UFES, pela oportunidade de ingressar no mestrado.

A CAPES, pela concessão da bolsa.

E a todos que ajudaram, direta ou indiretamente, na realização deste trabalho.

Nem olhos viram, nem ouvidos ouviram, nem jamais penetrou em coração humano, o que Deus tem preparado para aqueles que O amam.

(1 Coríntios 2.9)

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Descrição dos experimentos.....	14
Figura 2 - Modelo da ficha de avaliação dos atributos sabor, maciez, suculência e impressão global utilizada no teste de aceitação sensorial dos hambúrgueres de frango.	22
Figura 3 - Efeito da concentração de extrato de gengibre (%) na capacidade de retenção de água (%) dos peitos de frango.	25
Figura 4 - Solubilidade das proteínas miofibrilares (mg/g) em função da concentração de extrato de gengibre (%)	27
Figura 5 - Solubilidade das proteínas totais (mg/g) dos peitos de frango em função da concentração de extrato de gengibre (%).....	27
Figura 6- Índice de fragmentação miofibrilar dos cortes de peito de frango em função da concentração de extrato de gengibre (%).....	29
Figura 7 - Força de cisalhamento (kg.f) dos cortes de peito de frango em função da concentração de extrato de gengibre (%)	30
Figura 8 - Índice de fragmentação miofibrilar dos hambúrgueres de frango em função da concentração de extrato de gengibre (%).....	34
Figura 9 - Força de cisalhamento (kg.f) dos hambúrgueres de frango em função da concentração de extrato de gengibre (%)	35
Figura 10 - Perda de peso pós cocção (%) dos hambúrgueres de frango em função da concentração de extrato de gengibre (%).....	37

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Descrição dos tratamentos: Peitos de frango sem extrato de gengibre (Controle) e com 3, 5, 7 e 10% de extrato de gengibre.....	17
Tabela 2 – Descrição dos tratamentos: Formulações de hambúrgueres de frango sem extrato de gengibre (Controle) e com 3%, 5%, 7% e 10% de extrato de gengibre.	20
Tabela 3 - Valores médios e desvio padrão de umidade, teor de cinzas, teor de proteínas, capacidade de retenção de água (CRA), pH e parâmetros de cor (L*, a*, b* - Escala Cielab) dos peitos de frango.....	47
Tabela 4 - Médias de umidade (%), teor de proteína (%), teor de cinzas (%) e pH dos hambúrgueres de frango sem (controle) e com adição de 3%, 5%, 7% e 10% de extrato de gengibre.....	48
Tabela 5 - Médias hedônicas para os atributos sabor, maciez, suculência e impressão global dos hambúrgueres sem e com adição de 3%, 5%, 7% e 10% extrato de gengibre.....	54

Sumário

Sumário.....	xi
RESUMO	xiii
1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS.....	3
2.1 Objetivo geral	3
2.2 Objetivos específicos	3
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	4
3.1 Produção e mercado da carne de frango e derivados.....	4
3.2 Composição química e qualidade da carne de frango	4
3.2.1 Capacidade de retenção de água.....	6
3.2.2 Solubilidade das proteínas da carne.....	7
3.3 Métodos de avaliação da qualidade da carne	8
3.4 Efeito de proteases nas propriedades tecnológicas, físico-químicas e sensoriais de carnes e derivados cárneos	9
4 MATERIAL E MÉTODOS.....	13
4.1 Planejamento experimental e análise estatística dos dados.....	13
4.2 Obtenção do extrato de gengibre.....	15
4.3 Preparo dos peitos de frango.....	15
4.3.1 Análises físico-químicas	15
4.4 Aplicação do extrato de gengibre nos peitos de frango	16
4.4.1 Determinação da solubilidade proteica.....	17
4.4.2 Determinação do índice de fragmentação miofibrilar	17
4.4.3 Determinação da força de cisalhamento	19
4.5 Processamento do hambúrguer	19
4.5.1 Perda pós-cocção	21
4.5.2 Força de cisalhamento.....	21
4.6 Teste de aceitação sensorial dos hambúrgueres	21
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5.1 Características de qualidade do peito de frango	23
5.2 Efeito da aplicação do extrato de gengibre nos peitos de frango.....	24
5.2.1 Capacidade de retenção de água.....	24
5.2.2 Solubilidade das proteínas miofibrilares	26
5.2.3 Índice de fragmentação miofibrilar e força de cisalhamento	28

5.3 Utilização do extrato de gengibre como ingrediente em hambúrguer de frango..	31
5.3.1 Composição química e pH	32
5.3.2 Índice de fragmentação miofibrilar e força de cisalhamento	34
5.3.3 Perda de peso pós cocção	36
5.3.4 Aceitação sensorial	38
6 Conclusão	41
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	42

RESUMO

MÁXIMO SILVA, Samira. **Hambúrguer de frango incorporado com extrato de gengibre: características físico-químicas, tecnológicas e aceitação sensorial.** 2019. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre - ES. Orientador: Prof^a. Dr^a. Consuelo Domenici Roberto. Coorientadora: Prof^a. Dr^a. Pollyanna Ibrahim Silva

A qualidade da carne e de produtos cárneos está relacionada com as propriedades das proteínas. O uso de enzimas proteolíticas tem sido utilizado para melhoria das características físico-químicas e sensoriais de derivados cárneos. Neste contexto, o presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito do extrato de gengibre nas concentrações de 3%, 5%, 7% e 10% no peito de frango armazenado a 4 °C por 24 horas na capacidade de retenção de água, solubilidade proteica, índice de fragmentação miofibrilar e força de cisalhamento. Avaliou-se também o efeito dessas concentrações de extrato na força de cisalhamento, índice de fragmentação miofibrilar, perda de peso pós-cocção e aceitação sensorial de hambúrguer de frango adicionando extrato de gengibre como ingrediente. Houve uma tendência de diminuição da capacidade de retenção de água e da força de cisalhamento dos peitos de frango com aumento da concentração de extrato de gengibre, enquanto que para o índice de fragmentação miofibrilar e solubilidade de proteínas miofibrilares e totais houve aumento significativo em seus valores. Em relação aos hambúrgueres houve uma tendência de aumento do índice de fragmentação miofibrilar e diminuição da força de cisalhamento com o aumento da concentração de extrato de gengibre. Para a perda pós cocção o menor valor observado foi para o tratamento com 3% de extrato, tendendo a aumentar com o aumento da concentração de extrato na formulação para os hambúrgueres com 5, 7 e 10% de extrato de gengibre. Pelo teste de aceitação sensorial, todos os hambúrgueres tiveram boa aceitação para os atributos sabor, maciez, suculência e impressão global, com maior aceitabilidade dos consumidores para os hambúrgueres de frango com 3% e 7% de extrato de gengibre. Portanto, a adição do extrato de gengibre como ingrediente natural contribuiu para melhoria da qualidade e na aceitação sensorial do hambúrguer de frango. No peito de frango, considera-se também que os efeitos positivos da adição do extrato de gengibre foram mais relevantes que a

diminuição da capacidade de retenção de água e, portanto, que também contribuiu para a melhoria da qualidade da carne.

Palavras-chave: Atividade proteolítica, aceitação sensorial, peito de frango, fragmentação miofibrilar, maciez.

ABSTRACT

MÁXIMO SILVA, Samira. Chicken burger incorporated with ginger extract: physical-chemical, technological characteristics and sensory acceptance. 2019. Dissertation (Master in Food Science and Technology)- Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre - ES. Supervisor: Prof^a. Dr^a. Consuelo Domenici Roberto. Co-supervisor: Prof^a. Dr^a. Pollyanna Ibrahim Silva.

The quality of meat and meat products is related to the properties of proteins. The use of proteolytic enzymes has been used to improve the physical-chemical and sensory characteristics of meat derivatives. In this context, the present study aimed to evaluate the effect of ginger extract in concentrations of 3%, 5%, 7% and 10% on chicken breast stored at 4°C for 24 hours in the water retention capacity, protein solubility, myofibrillar fragmentation index and shear force. The effect of these extract concentrations on shear strength, myofibrillar fragmentation index, post-cooking weight loss and sensory acceptance of chicken hamburger was also evaluated by adding ginger extract as an ingredient. There was a tendency to decrease the water retention capacity and shear strength of chicken breasts with an increase in the concentration of ginger extract, while for the myofibrillar fragmentation index and myofibrillar and total protein solubility there was a significant increase in their values. Regarding hamburgers, there was a tendency to increase the myofibrillar fragmentation index and decrease in shear strength with the increase in the concentration of ginger extract. For the loss after cooking, the lowest observed value was 3% of extract tending to increase with the increase in the concentration of extract in the formulation. By the sensory acceptance test, all hamburgers had good acceptance for the flavor, softness, juiciness and overall impression attributes, with greater consumer acceptability for chicken hamburgers with 3% and 7% ginger extract. Therefore, the addition of ginger extract as a natural ingredient contributed to improving the quality and acceptance of the sensory attributes of the chicken burger. In chicken breast, it is also considered that the positive effects of its addition were more relevant than the decrease in the water holding capacity and, therefore, that it also contributed to the improvement of the meat quality.

Keywords: Proteolytic activity, sensory acceptance, breast chicken, myofibrillar fragmentation, tenderness.

1 INTRODUÇÃO

Carne e derivados cárneos são considerados importantes fontes de proteína animal.

A carne de frango apresenta menor custo de produção e alta demanda de consumo interno e externo, devido ao teor de proteínas e de lipídios, e ao menor preço de mercado quando comparada a carnes de outras espécies. Além de geração de renda, sua produção e consumo contribuem com o produto interno bruto, possuindo papel de destaque no desenvolvimento do país (UBABEF, 2018). No mercado interno, seu consumo anual atingiu cerca de 42,07 Kg/habitante de carne em 2018 e dados apontam crescente consumo e exportação da carne de frango em comparação à carne suína e bovina (EMBRAPA, 2018; ABPA 2019).

Entre os derivados cárneos, o hambúrguer tem grande aceitação e seu consumo é comum na alimentação, principalmente, em função do preparo rápido e fácil (OLIVEIRA, 2019). Como alternativa para aumentar a conservação e melhorar as propriedades tecnológicas e sensoriais de derivados cárneos, a incorporação de ingredientes naturais nas formulações é uma resposta positiva das indústrias do setor às exigências do consumidor (DECKER et al., 2010).

O uso de proteases exógenas de origem vegetal tem sido reportado por diversos autores na melhoria das características físico-químicas e sensoriais de carnes e derivados cárneos, sendo mais comuns a utilização da papaína, bromelina e ficina (BEKHIT et al., 2017; MANCINI et al., 2017; KUMAR et al., 2017; RESHI et al., 2017; ABDEL-NAEEM e MOHAMED, 2016; ABDELDAIEM e ALI, 2014; LIBATA et al., 2010). A atividade proteolítica do gengibre foi avaliada em carnes de diversas espécies, como carne de búfalo (NAVEENA; MENDIRATTA, 2004), em peito de pato (TSAI et al., 2012) e carne de camelo (ABDELDAIEM; HODA, 2014) com resultados promissores em relação, principalmente, à melhoria da maciez.

A hidrólise enzimática promovida pelas proteases modifica as propriedades das proteínas nos alimentos, tais como solubilidade, capacidade de formação de espuma, capacidade emulsificante e formação de gel (WOUTERS et al., 2016). Na carne, dependendo do grau de hidrólise das moléculas proteicas ocorre movimentação da água para os espaços intracelulares das fibras musculares, podendo favorecer o aumento da solubilidade das proteínas e influenciar atributos como maciez, suculência e textura (IONESCU et al., 2008). Essas alterações

podem ser avaliadas através de métodos analíticos instrumentais, tais como, medição da força de cisalhamento, índice de fragmentação miofibrilar, perda de peso pós cocção, capacidade de retenção de água entre outras técnicas, assim como por meio da análise sensorial com consumidores ou julgadores treinados (GOLI et al., 2014; BATTAGLIA, 2016).

Nesse contexto, os objetivos do presente estudo foram verificar o efeito da adição do extrato de gengibre na solubilidade proteica, capacidade de retenção de água, índice de fragmentação miofibrilar e força de cisalhamento de peitos de frango e avaliar as características físico-químicas, tecnológicas e sensoriais de hambúrguer utilizando o peito de frango tratado com diferentes concentrações de extrato de gengibre.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Verificar o efeito da adição do extrato de gengibre na solubilidade proteica, capacidade de retenção de água, índice de fragmentação miofibrilar e força de cisalhamento de peito de frango (músculo *Pectoralis major*), e avaliar as características físico-químicas, tecnológicas e aceitação sensorial de hambúrguer processado com peito de frango tratado com extrato de gengibre.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar o efeito da aplicação do extrato de gengibre sobre a capacidade de retenção de água e solubilidade de proteínas do peito de frango.
- Determinar o índice de fragmentação miofibrilar e a força de cisalhamento de peito de frango após aplicação de extrato de gengibre.
- Determinar o teor de proteínas, teor de cinzas, umidade, pH, perda de peso pós cocção, índice de fragmentação miofibrilar e força de cisalhamento de hambúrguer processado com peito de frango tratado com extrato de gengibre.
- Avaliar a aceitação sensorial dos atributos sabor, maciez, suculência e impressão global de hambúrguer processado com peito de frango tratado com extrato de gengibre.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Produção e mercado da carne de frango e derivados

O Brasil produziu em 2018 cerca de 13,05 milhões de toneladas de carne de frango, sendo o segundo maior exportador mundial. O aumento da produção e sua oferta em expansão favoreceram o consumo no mercado interno, que atingiu cerca de 47,9% entre os tipos de carne comercializados no país. O resultado foi um aumento no consumo *per capita* anual de 41,10 para 42,07 Kg/habitante entre 2017 e 2018, classificando o país no quarto lugar do ranking mundial de consumo total de carne de frango. A qualidade e o custo do produto foram os principais motivos para o consumo da carne de frango de acordo com os consumidores (XAVIER; XAVIER, 2018; UBABEF, 2018; EMBRAPA, 2017; CNA, 2017).

A avicultura de corte vem sofrendo constantes modificações ao longo dos anos e a comercialização de cortes é cada vez maior quando comparada à comercialização da carcaça inteira. Outra forma de comercialização é a venda de derivados cárneos como hambúrgueres, empanados e diversos pratos já prontos e semiprontos para o consumo (COSTA, 2017). Entre os derivados cárneos, o hambúrguer tem grande aceitação e seu consumo é comum, principalmente, em função do preparo rápido e fácil (OLIVEIRA, 2019).

A Instrução Normativa Nº 20, de 31 de julho de 2000 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), define hambúrguer como produto cárneo industrializado obtido da carne moída dos animais de açougue, adicionado ou não de tecido adiposo e ingredientes, moldado e submetido a processo tecnológico adequado, devendo apresentar teor mínimo de proteína de 15%, gordura máxima de 23% e carboidratos totais de 3%. Podem ser adicionados como ingredientes opcionais a gordura animal, gordura vegetal, água, sal, proteínas de origem animal e/ou vegetal, leite em pó, açúcares, maltodextrina, aditivos intencionais, condimentos, aromas, especiarias, vegetais, queijos e outros (BRASIL, 2000).

3.2 Composição química e qualidade da carne de frango

A carne de frango representa uma fonte de proteína de alto valor biológico, com menor teor de gordura e baixo custo de produção em comparação às demais fontes de proteína animal, sendo preferida pelos consumidores independentemente

de região ou nível de renda (XAVIER; XAVIER, 2018; OECD; CNA, 2017; FAO, 2017). Sua composição química compreende cerca de 15% a 25% de proteína, 60% a 80% de umidade e 1,5% a 5,3% de lipídios (OLIVEIRA, 2019). Possui maior quantidade de ácidos graxos insaturados, além de minerais como Ca, Mg, P, K e Fe Heme. Também é rica em vitaminas, em especial as do complexo B, que são indispensáveis na síntese de energia, e apresenta os nove aminoácidos essenciais ao organismo (USDA, 2013).

Como maior componente quantitativo, a água presente na carne tem influência na qualidade e interfere na suculência, textura, cor, sabor, valor nutricional e nas reações que ocorrem durante seu armazenamento e processamento. As proteínas correspondem ao segundo maior grupo de componentes químicos da carne, e são classificadas de acordo com sua solubilidade em miofibrilares, sarcoplasmáticas e estromais (GOMIDE; RAMOS; FONTES, 2013).

A definição para a qualidade da carne de frango é complexa, uma vez que é determinada por diversos parâmetros físico-químicos, microbiológicos e sensoriais. Atributos sensoriais, tais como aparência, textura, suculência e sabor são responsáveis por influenciar na decisão de compra e aceitação dos consumidores (ISMAIL; JOO, 2017).

A maciez como um dos atributos associados à aceitação da carne pode ser determinada através da força e da resistência à pressão aplicada durante a mastigação (LÓPEZ-BOTE, 2017; MATARNEH et al., 2017). A suculência se relaciona com a maciez e pode ser associada à sensação de umidade observada pela liberação de líquido pela carne durante a mastigação (ASSUNÇÃO, 2019).

Em relação às características físico-químicas e tecnológicas, a integridade estrutural das miofibrilas e parâmetros como, umidade, capacidade de retenção de água (CRA), solubilidade proteica, pH, cor, força de cisalhamento, perda de peso pós cocção, entre outros, também podem ser associados à qualidade da carne e de derivados cárneos (OLIVEIRA, 2019; ISMAIL; JOO, 2017; IONESCU et al., 2016; GOLJ et al., 2014).

Outro importante fator que interfere na qualidade da carne está relacionado à velocidade de queda do pH muscular no *post mortem* do animal e ao pH final da carne que, por sua vez, influencia a formação de carnes com características RNF (*Red, Normal, Firm*), PSE (*Pale, Soft, Exudative*) ou DFD (*Dark, Firm, Dry*),

principalmente. Esses fatores podem ocasionar desnaturação proteica que, conseqüentemente, interfere na solubilidade e capacidade de retenção de água das proteínas, afetando a maciez, suculência, textura, cor, rendimento, entre outras características, (MIR et al. 2017). Em carne de frango com características normais (RNF) os valores de pH, medidos no intervalo de 24 a 48 horas *post mortem*, variam de 5,70 a 5,96 (SHIMOKOMAKI et al., 2006). Entretanto, a rápida queda do pH muscular no período *post mortem* do animal e o baixo pH final da carne pode ser relacionado com a cor pálida e a menor CRA da carne (VAN et al., 2000).

3.2.1 Capacidade de retenção de água da carne

A capacidade de retenção de água (CRA) pode ser definida como a capacidade da carne em reter água mediante a aplicação de forças externas, como aquelas decorrentes da elevação da temperatura, corte, prensagem, centrifugação e trituração (GOMIDE, RAMOS, FONTE 2013). Embora termos diferentes tenham sido usados para descrever o conceito de CRA, é consenso que é uma medida da quantidade de água retida pelas proteínas. Uma distinção pode ser feita entre a água ligada às moléculas de proteína e àquelas presas fisicamente pela matriz proteica. O primeiro tipo depende de interações proteína-água, o que o torna dependente da estrutura da proteína. Isso inclui não apenas a hidrofiliçidade e as cargas dos aminoácidos, mas também a exposição desses grupos ao meio. No segundo tipo, as redes tridimensionais das proteínas podem reter fisicamente a água e sua orientação é independente do grupo carregado da proteína. Essa água pode ser facilmente removida da carne (DEMIRHAN et al., 2013).

A CRA das proteínas influencia atributos sensoriais tais como maciez e suculência, e é também um fator de importância econômica para as indústrias de processamento de alimentos, pois está relacionada com o rendimento dos produtos (ERTBJERG e PUOLANNE, 2017).

A água presente no músculo se encontra no interior da fibra muscular. Parte dela está fortemente ligada às proteínas miofibrilares e a outra parte está imobilizada entre os filamentos de actina e miosina. O arranjo estrutural das miofibrilas favorece a manutenção da água imobilizada e da água livre presente no músculo e alterações na estrutura miofibrilar afetam a quantidade de água no interior da fibra muscular. Além da integridade estrutural das miofibrilas, fatores como tipo de fibra, tamanho e

estado contrátil do sarcômero, pH, força iônica, e presença de fosfatos influenciam a capacidade de retenção de água da carne (HUGHES et al., 2014; XIONG, 2014; HEDRICK et al., 1989).

A hidrólise enzimática controlada das proteínas, principalmente miofibrilares, pode ter um impacto positivo sobre a capacidade de retenção de água da carne, causado pelo aumento da superfície relativa das proteínas e da disponibilidade de sítios ativos de ligação das moléculas com a água, e pelo maior espaçamento entre as miofibrilas, favorecendo a maior acomodação das moléculas de água entre os filamentos de actina e miosina. No entanto, se essa hidrólise não for controlada, a fragmentação e diminuição da massa molecular das proteínas, com formação de peptídeos de baixo peso molecular, podem prejudicar a capacidade da proteína em capturar fisicamente a água, levando à diminuição da CRA (WOUTERS et al., 2016).

A redução da capacidade de retenção de água confere efeitos negativos à qualidade da carne, como características exsudativas, menor maciez e suculência, perda parcial de seus pigmentos naturais (mioglobina) e vitaminas (lixiviação) e, ainda, torna a carne inapropriada para o processamento de derivados cárneos, devido à baixa capacidade de emulsificação, dificuldade de absorver salmoura e perda de rendimento industrial (DROVAL et al., 2012).

3.2.2 Solubilidade das proteínas da carne

A solubilidade é uma das propriedades mais importantes das proteínas e dos hidrolisados proteicos em alimentos. Outras propriedades como formação de espuma, capacidade emulsificante e de formação de gel, requerem que a proteína seja solúvel no meio, sendo também afetadas pela solubilidade proteica (HIGUERA-BARRAZA et al., 2016).

A solubilidade de uma proteína é consequência do equilíbrio entre as interações hidrofóbicas, que favorecem interações proteína-proteína e diminuem sua solubilidade, e as interações iônicas, que promovem interações proteína-água e, assim, melhoram sua solubilidade. Esse equilíbrio é influenciado pelas propriedades estruturais da proteína que, geralmente, são solúveis em solventes fortemente polares, como, água, glicerol, ácido fórmico, e em solventes menos polares, como o etanol. Em meio aquoso, o pH e a presença de sais são fatores que interferem na solubilidade das proteínas (BELITZ et al. 2009).

Em geral, a solubilidade das proteínas é menor no seu ponto isoelétrico. Em valores de pH inferiores ou superiores ao ponto isoelétrico, as proteínas apresentam cargas líquidas positivas ou negativas predominantes, respectivamente. Entretanto, no ponto isoelétrico o número de cargas positivas e negativas é igual e, portanto, se neutralizam. Nestas condições, as moléculas de proteína apresentam menor afinidade pela água, atraindo-se mutuamente formando uma massa insolúvel que precipita (DAMODARAN 2010).

A solubilidade das proteínas pode melhorar consideravelmente devido à hidrólise enzimática, que promove a redução no tamanho de suas moléculas, se comparada à proteína intacta, e a exposição dos grupos amino e carboxílico ionizáveis, aumentando a hidrofiliabilidade do hidrolisado proteico (WOUTERS et al., 2016). Embora exista uma relação positiva entre hidrólise e aumento da solubilidade proteica, faz-se necessário controlar o grau de hidrólise para que as proteínas não percam sua funcionalidade, pois os hidrolisados podem expor peptídeos hidrofóbicos, levando à diminuição da solubilidade (SPELLMAN et al., 2003).

Na carne, as proteínas são classificadas de acordo com sua solubilidade em miofibrilares, sarcoplasmáticas e estromais. As proteínas miofibrilares correspondem a cerca de 55% a 60% e são solúveis em solução salina de baixa força iônica. Possuem importância tecnológica relevante, uma vez que são responsáveis por aproximadamente 75% da capacidade emulsificante, 50% da maciez e 97% da capacidade de retenção de água da carne. As proteínas sarcoplasmáticas correspondem a cerca de 30% a 35% das proteínas da carne, são bastante susceptíveis à desnaturação. Em termos tecnológicos, uma das suas principais contribuições é para a cor da carne. Em relação às proteínas estromais (cerca de 10% a 15%), o colágeno é a principal proteína, sendo insolúvel em água e em soluções salinas e solúvel em soluções básicas e ácidas (LISTRAT et al. 2016).

3.3 Métodos de avaliação da qualidade da carne

Os testes de aceitação sensorial são amplamente utilizados na avaliação da qualidade da carne e derivados cárneos. Podem ser usados para avaliar a aceitação de um determinado alimento, avaliando-se o sabor, odor, maciez, suculência, aparência e textura, que são atributos sensoriais relacionados à percepção e satisfação do consumidor (ROLIM, 2015; DUTCOSKY, 2013). Os métodos analíticos

instrumentais como força de cisalhamento, índice de fragmentação miofibrilar e perda pós-cozimento também podem ser utilizados para avaliação da qualidade de carne e derivados cárneos (BATTAGLIA, 2016).

O índice de fragmentação miofibrilar (IFM) é uma técnica utilizada para medir o grau de hidrólise das proteínas estruturais da carne e é determinado através da turbidez do extrato miofibrilar a um determinado comprimento de onda (HOPKINS et al., 2002). O IFM é comparado a um valor na faixa de 20 a 100, sendo que valores próximos de 100 indicam forte ruptura da estrutura miofibrilar, considerado indicativo de músculos macios. Já índices próximos a 20 indicam músculos menos macios ou músculos duros (OLSON et al., 1976).

A determinação da força de cisalhamento é uma das técnicas utilizadas na avaliação da maciez da carne e de derivados cárneos para avaliação da textura instrumental. A análise é realizada em texturômetro, geralmente, utilizando-se uma lâmina de aço inoxidável em formato “V” com espessura e com ângulos de corte específicos. A amostra é deslizada através da lâmina promovendo o cisalhamento. A força máxima exercida durante o teste corresponde à força para romper a estrutura da fibra muscular, que por sua vez está relacionada com a maciez da amostra (WHEELER; SHACKELFORD; KOOHMARAIE, 1997).

Outras análises que podem ser empregadas como indicadores de qualidade da carne são a perda de peso pós cozimento e a determinação da capacidade de retenção de água. A perda de líquido após a cozimento pode ter influências negativas na textura, no rendimento, na cor e lixiviação de nutrientes como vitaminas. Essa análise consiste na determinação do percentual de perda líquido da carne após cozimento, pesando-se o produto antes e após cozimento em condições controladas (SCHMIDT, 2008). Uma das formas de se determinar a CRA da carne pode ser por centrifugação, na qual a água liberada é quantitativamente medida através da pesagem (BARBUT, 1997).

3.4 Efeito de proteases nas propriedades tecnológicas, físico-químicas e sensoriais de carnes e derivados cárneos

As proteases ou proteinases pertencem ao grupo das hidrolases. Na reação de hidrólise, clivam a proteína em peptídeos e aminoácidos. Podem ser de origem vegetal, microbiana ou animal (TANTAMACHARIK et al., 2018). São classificadas

em dois principais grupos: exopeptidases (EC 3.4.11-19) e endopeptidases (EC 3.4.21-99), dependendo do sítio de ação. As endopeptidases hidrolisam a proteína alvo distante das extremidades amino e carboxi-terminal, produzindo peptídeos maiores. As exopeptidases iniciam o processo de degradação a partir das extremidades amino ou carboxi-terminal das proteínas, gerando pequenos peptídeos ou mesmo aminoácidos (LADEIRA, 2009).

Diferentes técnicas podem ser empregadas na extração de enzimas de fontes vegetais para melhorar sua atividade, como o uso do ultrassom. Em condições de frequência e intensidade controladas gera cavitações e efeitos mecânicos capazes de alterar a conformação das enzimas, acelerar o contato entre enzima e substrato, promover a atividade biológica da enzima e aumentar sua atividade (DALAGNOL, 2017; WANG et al., 2015; YU et al, 2014).

No processamento de alimentos, as proteases são amplamente utilizadas para coagulação do leite, clarificação de bebidas, amaciamento da carne e produção de sabor. O mercado de enzimas industriais foi estimado em US\$ 6,1 bilhões em 2017 e deve chegar a US\$ 8,5 bilhões em 2022, sendo que as proteases representam cerca de 60% deste mercado (MARTÍNEZ, 2016; MORE, 2015).

Diversas proteases já foram isoladas de uma grande variedade de plantas e documentadas na literatura. Dentre as mais estudadas estão a papaína (EC 3.4.22.2) obtida do mamão, ficina (EC 3.4.22.3) extraída do figo, bromelina (EC 3.4.22.4) obtida do abacaxi, actidina (EC 3.4.22.14) proveniente do kiwi e zingibaina (EC 3.4.22.67) obtida do gengibre (ZHANG, 2018).

A zingibaina (EC 3.4.22.67) é uma cisteína protease, cuja atividade proteolítica em pH ótimo de 5,0 a 5,6 e temperatura ótima de 60°C foi relatada pela primeira vez por Thompson et al. (1973). Sua atividade proteolítica foi avaliada em carnes de diversas espécies, como carne de búfalo (NAVEENA; MENDIRATTA, 2004), em peito de pato (TSAI et al., 2012) e carne de camelo (ABDELDAIEM; HODA, 2014) com resultados promissores em relação, principalmente, à melhoria da maciez.

Abdeldaiem e Hoda (2014) avaliaram o uso de extrato de gengibre na melhoria da maciez e da qualidade de carne de camelo marinadas com 15%, 30% e 45% de extrato por 48 horas a 4 ± 1 °C. Os resultados mostraram que os tratamentos com extrato de gengibre resultaram em aumento significativo nos

valores da capacidade de retenção de água, rendimento, solubilidade das proteínas sarcoplasmáticas e do colágeno em relação ao controle. Na avaliação sensorial também houve uma melhora significativa na aparência, sabor, maciez e suculência das amostras tratadas com o extrato. Com base nos resultados, os autores concluíram que o tratamento com 30% de extrato de gengibre foi o mais indicado para alcançar o melhor efeito de amaciamento da carne de camelo.

Abdel-Naeem e Mohamed (2016) avaliaram o efeito do extrato de gengibre e de papaína comercial desidratada nas características físico-químicas e sensoriais de hambúrgueres de carne de camelo. Como resultados, os autores observaram que a adição de 7% de gengibre, 0,01% de papaína e da mistura de 5% de gengibre e 0,005% de papaína resultaram em redução significativa ($P < 0,05$) da força de cisalhamento, melhoria da estabilidade lipídica dos hambúrgueres durante o armazenamento e aumento significativo ($P < 0,05$) das notas dos atributos sensoriais maciez, suculência e aceitação global no teste de aceitação sensorial usando escala hedônica.

Bhaskar et al. (2017) estudaram as propriedades tecnológicas em peito e coxas de frango com injeção de 10% de papaína em pó ultra refinado contendo 1200 unidades de tirosina (TU)/mg. Foram utilizadas as concentrações de 100 TU, 125 TU e 150 TU. Os resultados demonstraram que nas amostras com papaína houve uma diminuição significativa ($P < 0,01$) nos valores da força de cisalhamento e aumento ($P < 0,01$) no índice de fragmentação miofibrilar em comparação ao controle. Foi observado um aumento significativo ($P < 0,01$) nos valores de solubilidade proteica miofibrilar e total em todas as amostras tratadas, e não houve diferença significativa em relação à solubilidade das proteínas sarcoplasmáticas nas amostras com papaína em comparação ao controle. Os resultados da avaliação sensorial revelaram que os músculos do peito e da coxa injetados com 100 TU e 125 TU apresentaram melhor aparência, sabor e aceitação global em comparação com as outras concentrações e controle.

Kumar et al. (2017) realizaram um estudo com o objetivo de melhorar os atributos de qualidade do músculo de peitos de frango (*Pectoralis Major*) marinados com 20% suco de limão e 20% extrato de gengibre. Os autores verificaram um aumento significativo ($P < 0,05$) na capacidade de retenção de água e umidade dos peitos tanto com suco de limão quanto com gengibre em comparação ao controle, e

diminuição nos valores da força de cisalhamento ($P < 0,05$). Houve um aumento do pH nas amostras tratadas com extrato de gengibre e diminuição das tratadas com suco de limão quando comparadas ao controle. Os autores concluíram que ambos os tratamentos podem contribuir de forma positiva na qualidade dos peitos de frango.

Reshi et al., (2017) avaliaram a aceitação sensorial de salsichas de frango com 5% e 10% de gengibre durante 15 dias de armazenamento a 4°C. As notas para o atributo aparência das salsichas com extrato de gengibre foram superiores ao controle. No entanto, durante o armazenamento houve uma diminuição significativa dessas notas. Em relação ao sabor a salsicha com 10% de gengibre obteve notas menores em relação ao controle e ao tratamento com 5% de extrato. Os autores associaram as baixas notas em relação ao sabor ao amargor do extrato de gengibre e à reação de produção de sabor indesejável que ocorreu durante o cozimento. A suculência observada pelos avaliadores foi maior nas amostras tratadas com extrato de gengibre. Os autores concluíram que os atributos sensoriais avaliados apresentaram uma boa aceitação até 15 dias de armazenamento sob refrigeração.

Macini et al. (2017) estudaram o efeito do extrato de gengibre em pó (1 e 2%) nas características físico-químicas e sensoriais, e no índice de oxidação de hambúrguer de carne suína armazenados por 7 dias a 4°C. Os autores reportaram que o hambúrguer sem adição de extrato apresentou maior perda de líquido durante o armazenamento em relação aos demais tratamentos. Não foram observadas alterações significativas na cor e pH entre os hambúrgueres durante o armazenamento. O índice de oxidação lipídica dos hambúrgueres com extrato de gengibre foi menor quando comparados ao hambúrguer sem extrato. Na aceitação sensorial logo após processamento, os hambúrgueres não diferiram entre si em relação aos atributos sabor, aroma, suculência e impressão global. A partir do 4º dia de armazenamento as notas dos atributos aroma e suculência foram menores para os hambúrgueres com adição de extrato, entretanto, para sabor e impressão global não houve diferença significativa entre os tratamentos em relação ao tempo de armazenamento.

4 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados nos Laboratórios de Microbiologia de Alimentos, Tecnologia de Alimentos, Química de Alimentos e Análise Sensorial de Alimentos do Departamento de Engenharia de Alimentos do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Alegre, ES.

4.1 Planejamento experimental e análise estatística dos dados

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), com quatro repetições para a aplicação do extrato de gengibre nos peitos de frango e em DIC com três repetições para avaliar os efeitos do extrato nas características físico-químicas, tecnológicas e sensoriais do hambúrguer. O extrato de gengibre foi aplicado nas concentrações de 3%, 5%, 7% e 10% (Figura 1). Todas as análises foram realizadas em triplicata.

Os dados foram analisados por análise de variância e os modelos matemáticos ajustados ao nível de 5% de significância na análise de regressão.

Para a determinação do teor de proteínas, umidade e pH, os dados foram analisados por análise de variância e teste de Tukey com nível de significância de 5%.

O teste de aceitação sensorial foi analisado estatisticamente utilizando análise de variância e teste de Tukey com nível de significância de 5%. Todas as análises foram realizadas empregando o software SigmaPlot versão 11:0 (SYSTAT SOFTWARE, 2010).

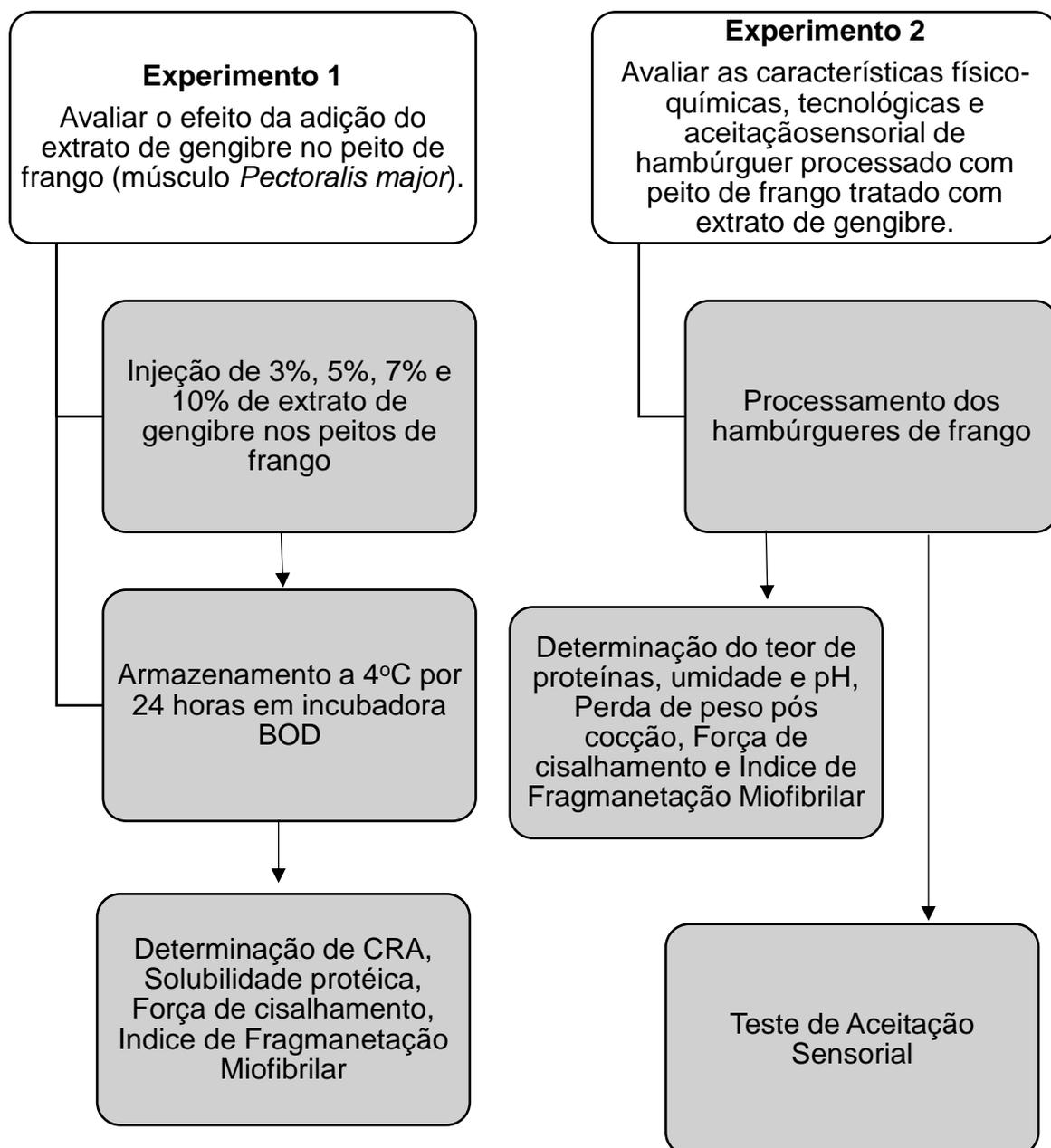


Figura 1 - Descrição dos experimentos.

4.2 Obtenção do extrato de gengibre

Os rizomas de gengibre da variedade *Zingiber officinale* Roscoe foram obtidos em estágio de maturação comercial no comércio local de Alegre, Espírito Santo. Os rizomas, provenientes de Santa Maria de Jetibá, Espírito Santo, (latitude 20° 02' 26" Sul, longitude 40° 44' 46" Oeste " e altitude de 700 m), foram lavados e submetidos a banho ultrassônico (Ultrasonic Power IGBT -CTA do Brasil) com frequência de 25 kHz, potência de 900 W e volume de 10 litros (com densidade de potência de 90 W/L) a 35°C por 40 minutos (dados do banho ultrassônico foram definidos em testes preliminares. Dados não publicados).

Com base no procedimento padrão de extração descrito por Nafi et al. (2013) com modificações, foram pesados 100 g de rizomas com 10 cm de comprimento fatiados e homogeneizados em processador com 200 mL de tampão fosfato 100 mM, pH 7,0. O homogeneizado foi filtrado com o auxílio de uma tela de nylon e o filtrado centrifugado a 10500 g (HERMLE modelo Z 326 K) a 4 °C por 30 minutos.

4.3 Preparo dos peitos de frango

Os peitos de frango (músculo *Pectoralis major*) foram adquiridos de um produtor de frangos no município de Alegre - ES. Com base na metodologia de Novello et al. (2009), a coleta foi feita entre 2-3 horas após abate, imediatamente após desossa da carcaça. Em seguida, as amostras foram imediatamente armazenadas em caixa térmica com gelo e mantidas a 4 °C durante o transporte até o Laboratório de Tecnologia de Alimentos do Departamento de Engenharia de Alimentos do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), Alegre, ES.

Os cortes foram armazenados por 24 horas a 4 °C em incubadora BOD, e, posteriormente, realizaram-se as análises de pH, cor e capacidade de retenção de água. Os resultados foram comparados a dados da literatura científica e somente cortes RNF (*Red, Normal and Firm*) foram utilizadas nos experimentos. Foram realizadas também análises de determinação da umidade e teor de proteínas da carne. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

4.3.1 Análises físico-químicas

A determinação da cor instrumental foi realizada em colorímetro

(Spectrophotometer CM-5 -Konica Minolta) por leitura direta de reflectância do sistema de coordenadas retangulares “L*” (oscilando de branco 100% a preto 0%), “a*” (componente vermelho a verde), “b*” (componente amarelo e azul) com base na metodologia de Hunter; Harold, (1987).

A determinação do pH foi realizada segundo a metodologia da AOAC (2000) utilizando-se o pHmetro de bancada (marca Metrohm, modelo 826 pH mobile). A determinação da umidade foi realizada pelo método gravimétrico em estufa, a 105 °C, até peso constante segundo a metodologia da AOAC (2000). O teor de proteínas foi determinado pelo método de Kjeldahl baseado na quantificação do nitrogênio proteico total, segundo a metodologia da AOAC (2000).

A capacidade de retenção de água (CRA) foi determinada de acordo com a metodologia descrita por Naveena et al. (2004) com adaptações, na qual em um tubo de centrífuga foram adicionados 1 g de carne e 1,5 mL de uma solução 0,6 M de NaCl. Os tubos foram homogeneizados com um bastão de vidro por cerca de 1 minuto e mantidos a 4 °C por 15 minutos e novamente os tubos foram homogeneizados, e em seguida foram centrifugados (HERMLE modelo Z 326 K) a 3000 g por 25 minutos a 4 °C. A CRA foi calculada de acordo com a Equação 1.

$$CRA = \frac{P_{inicial} - P_{final}}{P_{inicial}} \times 100 \quad \text{Equação 1}$$

Em que: CRA = Capacidade de retenção de água; $P_{inicial}$ = Peso inicial da carne; P_{final} = Peso final da carne.

4.4 Aplicação do extrato de gengibre nos peitos de frango

Foram cortados 100 g de peito de frango para padronizar o tamanho e formato dos cortes. A aplicação do extrato nos cortes foi feita por injeção de forma perpendicular à fibra muscular. Os cortes foram acondicionados em embalagens de polietileno e armazenados a 4 °C por 24 horas em incubadora BOD (CRUZ, 2018). Os tratamentos testados estão descritos na Tabela 1.

Para verificar o efeito das concentrações de extrato de gengibre nos peitos de frango, as análises de capacidade de retenção de água (metodologia descrita no item 4.3.1), solubilidade proteica (item 4.4.1), índice de fragmentação miofibrilar (item 4.4.2) e força de cisalhamento (item 4.4.3) foram realizadas, em triplicata, após

armazenamento.

Tabela 1 – Descrição dos tratamentos: Peitos de frango sem extrato de gengibre (Controle) e com 3%, 5%, 7% e 10% de extrato de gengibre.

	Tratamentos				
	P _{frango} Controle	P _{frango} EG _{3%}	P _{frango} EG _{5%}	P _{frango} EG _{7%}	P _{frango} EG _{10%}
Peito de frango (%)	80	80	80	80	80
Água gelada (%)	20	17	15	13	10
Extrato de gengibre (%)	-	3	5	7	10

EG: Extrato de gengibre

4.4.1 Determinação da solubilidade proteica

A solubilidade proteica foi determinada de acordo com a metodologia descrita por Joo, Kauffman, Kim e Park (1999). Foram cortados 2 g de peito de frango e para a extração das proteínas sarcoplasmáticas utilizaram-se 20 mL de solução 0,025 M de tampão fosfato de potássio (pH 7,2). Em seguida as amostras foram homogeneizadas e armazenadas em incubadora BOD a 4 °C por 12 horas. As amostras foram centrifugadas a 1500 g por 20 minutos e a concentração de proteínas no sobrenadante foi determinada pelo Método de Biureto (GORNALL et al. 1949). Para a extração das proteínas totais, pesou-se 2 g de peito de frango utilizando 40 mL de solução 1,1 M de iodeto de fosfato em 0,1 M de tampão fosfato (pH 7,2). Foi realizado o mesmo procedimento descrito acima na homogeneização, centrifugação e determinação das proteínas sarcoplasmáticas. Pela diferença entre a concentração de proteínas totais e a concentração de proteínas sarcoplasmáticas, calculou-se a concentração de proteínas miofibrilares.

4.4.2 Determinação do índice de fragmentação miofibrilar

A análise para determinação do índice de fragmentação miofibrilar (IFM) foi realizada em três etapas: (I) extração das proteínas miofibrilares, (II) determinação da concentração proteica e (III) determinação do IFM propriamente dito com base nas metodologias descritas a seguir.

A extração das proteínas miofibrilares foi realizada de acordo com a metodologia descrita por Culler et al. (1978) e adaptada por Battaglia (2016).

Para o preparo de 2 litros de solução de extração miofibrilar foram pesados 14,91 g de KCl, 2,72 g de KH_2PO_4 , 3,5 g de K_2HPO_4 , 0,76 g de EDTA, 0,41 g de MgCl_2 . Os reagentes foram dissolvidos em água destilada e o pH da solução ajustado para 7,0, utilizando solução 1 M de NaOH. Em seguida, foram transferidos para um balão volumétrico de 2 L. A solução de extração miofibrilar foi mantida a 4 °C durante o período das análises (BATTAGLIA, 2016).

Para a extração das miofibrilas, com auxílio de um bisturi, amostras de 4 g foram retiradas dos peitos de frango (Tabela 1) descartando-se partes contendo tecido conectivo e gordura. Em seguida as amostras foram colocadas em tubo de centrifuga de polietileno e adicionados a 40 mL de solução de extração a 4°C homogeneizadas com bastão de vidro e foram centrifugadas (centrífuga refrigerada - Beckman Coulter, modelo Allegra 25R), a 1000 g por 15 minutos a 4°C. O sobrenadante foi descartado e o precipitado suspenso novamente com 40 mL de tampão (4°C) e homogeneizado com auxílio de um bastão de vidro. O material foi novamente centrifugado a 1000 g por 15 minutos a 4°C. Novamente o sobrenadante foi descartado e o precipitado mais uma vez suspenso com 10 mL de tampão (4°C) e agitado no vórtex até completa homogeneização. O conteúdo foi filtrado utilizando peneira de polietileno para remover fragmentos de tecido conectivo. Para finalizar, os tubos de centrifuga foram lavados com 10 mL de tampão (4°C) e o conteúdo filtrado em peneira de polietileno.

A determinação da concentração proteica das amostras foi realizada pelo Método do Biureto (GORNALL et al, 1949) adicionando-se, em duplicata, 0,25 mL de cada extração, 0,75 mL da solução de extração e 4 mL do reagente de biureto em tubos de vidro de 13 x 100 mm. Os tubos foram agitados em vórtex e mantidos em local escuro por 30 minutos. A leitura da absorbância das soluções foi realizada em espectrofotômetro Evolution 300 (Thermo Scientific) a 540 nm com cubeta de vidro.

O índice de fragmentação miofibrilar foi estimado de acordo com a Equação 2 (CULLER et al., 1978; CHEN et al., 2006; ZHAO, et al., 2011).

$$IFM = A_{540} \times 200 \quad \text{Equação 2}$$

Em que: IFM = Índice de Fragmentação Miofibrilar; A_{540} = Absorbância lida a 540 nm.

4.4.3 Determinação da força de cisalhamento

As amostras dos tratamentos (Tabela 1) foram submetidas ao cozimento em forno elétrico convencional (Modelo Calábria Grill da marca NARDELLI) a 170 °C. Ao atingirem a temperatura interna de 40 °C, as amostras foram viradas e mantidas no forno até atingirem a temperatura de 71 °C internamente, monitorada com o auxílio de termômetro tipo espeto digital (marca Incoterm®). Após resfriamento em temperatura ambiente por 1 hora, as amostras foram armazenadas em embalagens de polietileno e mantidas em incubadora BOD por 12 horas a 4 °C (WHEELER et al., 1995). Em seguida, foram retirados seis paralelogramas de 1 cm de altura por 1 cm de largura por 4 cm de comprimento seguindo a orientação paralela das fibras musculares (LYON; LYON, 1998).

As análises de determinação de força de cisalhamento foram realizadas em texturômetro (Brookfield - Modelo TexturePro CT V1.4 Build 17) equipado com as lâminas de cisalhamento de 3,05 mm modelo "V" Warner-Bratzler (WB), com espessura de 1,016 mm, nas seguintes condições: velocidade de pré-teste de 10 mm/s e de 5 mm/s durante o teste, com carga de 25 kg. Os valores da força de cisalhamento (Kg.f) foram calculados pela média dos valores obtidos para as seis repetições (paralelogramos) de um mesmo corte (BARBANTI; PASQUINI, 2005).

4.5 Processamento do hambúrguer

O extrato de gengibre foi preparado conforme descrito no item 4.2, imediatamente antes do processamento dos hambúrgueres. A injeção do extrato de gengibre nos peitos de frango foi feita de acordo com o procedimento descrito no item 4.4, realizado 24 horas antes do processo de moagem da carne. As formulações dos hambúrgueres de frango sem e com extrato de gengibre estão descritas na Tabela 2.

Tabela 2 – Descrição dos tratamentos: Formulações dos hambúrgueres de frango sem extrato de gengibre (Controle) e com 3%, 5%, 7% e 10% de extrato de gengibre.

Ingredientes (%)	Formulações				
	H _{Controle}	H _{EG3%}	H _{EG5%}	H _{EG7%}	H _{EG10%}
Peito de frango	80	80	80	80	80
Toucinho suíno	8	8	8	8	8
Água	10	7	5	3	-
Extrato de gengibre	-	3	5	7	10
Cloreto de sódio	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Tripolifosfato de sódio	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Ácido eritórbito	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Alho em pó	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Pimenta em pó	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1

No processamento dos hambúrgueres foram pesados 500 g de peito de frango e feito o cálculo e a pesagem dos ingredientes de acordo com cada formulação (Tabela 2). Em seguida, a carne foi moída em moedor convencional (Beccaro Modelo: PBM08I) com disco de 8 mm e, posteriormente, o toucinho suíno. A carne e o toucinho foram homogeneizados manualmente e adicionados o cloreto de sódio, alho, pimenta, tripolifosfato de sódio, ácido eritórbito e água. Foi feita a moldagem em moldador manual e o peso final dos hambúrgueres foi de aproximadamente 80 g. Os hambúrgueres foram embalados em embalagens de polietileno e armazenados em freezer convencional a -18°C por 24 h.

Nas amostras dos hambúrgueres crus foram realizadas as análises para determinação do teor de proteínas, umidade e pH descrita nos itens 4.3.1; e índice de fragmentação miofibrilar de acordo com o item 4.4.2. Também foram realizadas as análises de perda pós-cocção e força de cisalhamento de acordo com as metodologias descritas nos itens 4.5.1 e 4.5.2. Todas as análises foram realizadas em triplicatas.

4.5.1 Perda pós-cocção

O hambúrguer foi assado em forno convencional a 180°C até que a temperatura interna atingisse 75°C (AGIOLILLO et al., 2014) e a perda pós-cocção foi determinada de acordo com a equação 3.

$$\text{Perda pós cocção(\%)} = \frac{H_c - H_a}{H_c} \times 100 \quad \text{Equação 3}$$

Em que: Hc = Hambúrguer cru (g); Ha = Hambúrguer assado (g).

4.5.2 Força de cisalhamento

De acordo com Abdel-Naeem e Mohamed (2016) com modificações, para a medição da força de cisalhamento, as amostras foram cortadas em seis paralelogramas de 1 x 1 x 4 cm (altura, largura e comprimento, respectivamente), os quais foram colocados com as fibras orientadas no sentido perpendicular às lâminas da probe Warner-Blatzler acoplada ao texturômetro (modelo TexturePro CT V1.4 Build 17; Brookfield) equipado com as lâminas de cisalhamento de 3,05 mm modelo "V" Warner-Bratzler (WB), com espessura de 1,016 mm. Durante as análises foram adotadas as seguintes configurações para o texturômetro: velocidade de pré-teste de 2 mm/s, 200 mm/min durante o teste e carga de 55 kg. Um valor médio de força de cisalhamento foi calculado e registrado para cada amostra (SHACKELFORD, WHEELER, KOOHMARAIE, 2004).

4.6 Teste de aceitação sensorial dos hambúrgueres

Os devidos cuidados éticos instituídos pelo Conselho Nacional da Saúde foram respeitados. O estudo foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa do *campus* de Alegre (CEP/Alegre) da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES) com o parecer nº 2.798.326 em 03 de agosto de 2018. O Termo de Consentimento (TCLE) aprovado encontra-se no Anexo 1.

As análises foram realizadas no Laboratório de Análise Sensorial de Alimentos do Centro de Ciências Agrárias da UFES, em cabines individuais e sob luz branca.

Foram avaliadas cinco formulações com base nas formulações descritas na Tabela 2. O teste de aceitação sensorial foi realizado em dois dias, sendo que no

primeiro foram avaliadas duas amostras e no segundo três amostras, aleatoriamente, com 100 consumidores (alunos e funcionários da UFES/ *campus* de Alegre) compostos por 42 mulheres e 58 homens. A maioria possuía idade entre 18 e 49 anos.

No preparo das amostras, os hambúrgueres crus congelados foram submetidos ao processo de fritura em fogão a gás, em frigideiras antiaderentes. O processo de fritura durou 3 minutos para cada lado do hambúrguer atingindo-se temperatura interna de 72°C, medida com termômetro digital tipo espeto da marca Incoterm®. Cada hambúrguer foi dividido em quatro pedaços iguais, sendo servido aos consumidores aproximadamente 20 g por pedaço com base na metodologia descrita por Filho, (2015). Os consumidores provaram as amostras da esquerda para direita e avaliaram os atributos sabor, maciez, suculência e impressão global utilizando escala hedônica de nove pontos (variando de 1 = “desgostei extremamente” a 9 = “gostei extremamente”) (Figura 2). Após enxaguar a boca com água, os consumidores receberam uma nova amostra.

As amostras foram apresentadas para cada consumidor de maneira aleatória e monádica (REIS;MINIM, 2018). Os dados foram analisados estatisticamente por análise de variância (ANOVA) e teste de Tukey com nível de significância de 5%.

Nome: _____	Data: _____
Por favor, avalie a amostra servida e indique o quanto você gostou ou desgostou de cada um dos atributos sensoriais do produto, dando notas de acordo com a escala abaixo.	
9) Gostei extremamente	Código da amostra: _____
8) Gostei muito.	Sabor _____
7) Gostei moderadamente.	Maciez _____
6) Gostei ligeiramente.	Suculência _____
5) Indiferente.	Impressão global _____
4) Desgostei ligeiramente.	
3) Desgostei moderadamente.	
2) Desgostei muito.	
1) Desgostei extremamente.	
Comentários: _____	

Figura 2 - Modelo da ficha de avaliação dos atributos sabor, maciez, suculência e impressão global utilizada no teste de aceitação sensorial dos hambúrgueres de frango.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Características de qualidade do peito de frango

Os valores de pH e a coordenada L* (Luminosidade – Escala CIELAB), em geral, são utilizados como indicadores da qualidade da carne quando medidos 24 horas após abate do animal, sendo que as carnes podem apresentar características de RFN (“*Red, Normal, Firm*”), PSE (“*Pale, Soft, Exudative*”) e DFD (“*Dark, Firm, Dry*”). Segundo Kaminishikawahara (2014) o pH indicativo de carne “PSE” em peitos de frango seria inferior a 5,8, enquanto em carnes “DFD” seria superior a 6,2 após 24 horas de abate. Em relação à cor, Carvalho (2016) relata que L* acima de 53,0 é indício de carnes “DFD”, enquanto valores de L* abaixo de 44,0 indicam carnes “PSE”.

No presente estudo, os peitos de frango utilizados como sistema modelo apresentaram pH de $5,98 \pm 0,14$ e valor de L* de $52,25 \pm 1,25$ (Tabela 3), sendo considerados como uma carne com características RNF (*Red, Normal, Firm*), apresentando cor normal, textura firme e não exsudativa. Os valores de umidade, teor de proteína e capacidade de retenção de água também reforçam a qualidade da carne utilizada no experimento (Tabela 3).

Nas carnes RNF, as alterações *post mortem* decorrentes do processo de *rigor mortis* não influenciam negativamente as propriedades tecnológicas das proteínas como solubilidade, capacidade de retenção de água, capacidade emulsificante, perda de peso pós cocção entre outras (DADGAR et al., 2012; BARBUT et al., 2005).

Tabela 3 - Valores médios e desvio padrão do teor de umidade, teor de proteínas, capacidade de retenção de água (CRA), pH e parâmetros de cor dos peitos de frango.

Características físico-químicas	Média	Desvio Padrão
Umidade (%)	74,78	0,45
Teor de proteínas (%)	23,9	0,42
Capacidade de retenção de água (%)	47,03	4,23
pH _{após 24 horas post mortem}	5,98	0,14
L* (luminosidade)	52,25	1,25
a* (verde a vermelho)	4,14	0,02
b* (azul a amarelo)	13,65	3,13

5.2 Efeito da aplicação do extrato de gengibre nos peitos de frango

5.2.1 Capacidade de retenção de água

No presente estudo, os dados de CRA dos peitos de frango em função da concentração de extrato de gengibre foram interpretados pela análise de regressão, na qual o modelo ajustado apresentou comportamento linear, indicando uma diminuição da CRA com aumento da concentração de extrato (Figura 3). A análise dos parâmetros da regressão foi significativa ($P < 0,05$) e a falta de ajuste do modelo foi não significativa ($P \geq 0,05$).

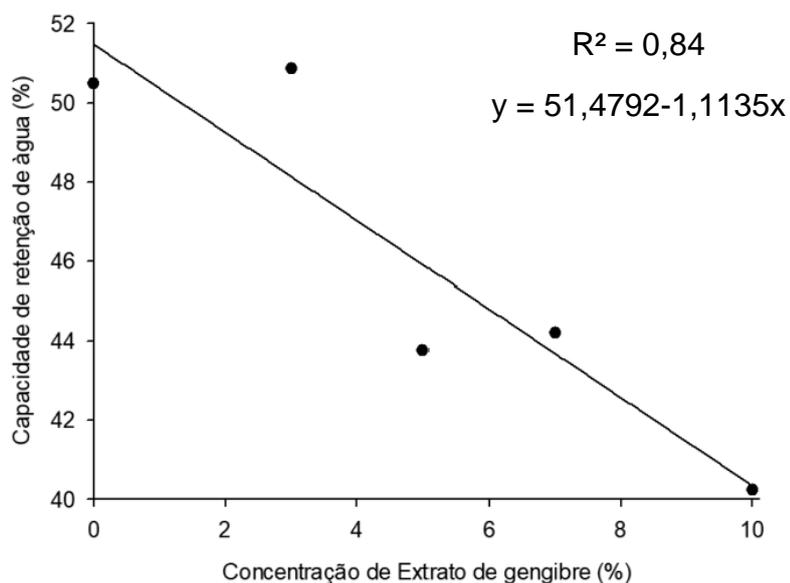


Figura 3 - Efeito da concentração de extrato de gengibre (%) na capacidade de retenção de água (%) dos peitos de frango.

No presente estudo, a CRA dos peitos de frango com 10% de extrato foi de aproximadamente 40%, representando uma redução de cerca de 10% em relação ao peito de frango sem extrato (Figura 3).

Alguns dos fatores que podem influenciar a retenção da água no músculo são a distribuição de cargas das proteínas miofibrilares, a estrutura da fibra muscular e de seus constituintes como miofibrilas e componentes citoesqueléticos (HUFF-LONERGAN e LONERGAN, 2005). Quando as proteínas da carne, em especial as citoesqueléticas, sofrem hidrólise, ocorrem alterações no arranjo espacial das miofibrilas, resultando no afrouxamento da estrutura miofibrilar e no surgimento de espaços no interior da fibra muscular, permitindo maior acomodação das moléculas de água entre as miofibrilas e exposição de grupos ionizáveis das proteínas que, por sua vez, podem favorecer a retenção de água da carne (WOUTERS et al., 2016; RAWDKUEN et al., 2013; HUFF-LONERGAN, 2005).

Entretanto dependendo do grau de hidrólise, pode ocorrer uma diminuição da CRA da carne, devido a um aumento da exposição de grupos hidrofóbicos das proteínas (BOWKER e ZHUANG, 2015). Rawdkuen et al. (2013) observaram a diminuição da CRA em músculos de carne suína, carne bovina e frango marinadas por 1 h a 4°C com 0,05%, 0,1%, 0,2%, 0,3% e 0,5% de extrato em pó da planta *Calotropis procera*. Os autores afirmam que a redução da CRA pode estar associada

à fragmentação miofibrilar ocasionada pela hidrólise enzimática levando a movimentação da água do espaço entre os miofilamentos para o espaço extracelular.

Ketnawa et al. (2011) investigaram o efeito do extrato de bromelina nas concentrações de 3%, 7%, 10% e 20% na capacidade de retenção de água em cortes de carne bovina, lula e frango, marinados por 1 hora à temperatura ambiente. Verificaram uma redução da CRA à medida que a concentração de extrato de bromelina foi aumentada. Segundo os autores, a diminuição da CRA deve-se à hidrólise das proteínas miofibrilares que desempenham um papel importante na retenção de água.

5.2.2 Solubilidade das proteínas dos peitos de frango

A maior solubilidade de proteínas hidrolisadas é, geralmente, devido ao aumento do número de peptídeos e ao aumento correspondente nos grupos amino e carboxil ionizáveis que favorece a interação com as moléculas de água (GHRIBI et al., 2015).

Em relação à solubilidade das proteínas miofibrilares e das proteínas totais da carne em função da concentração de extrato de gengibre, a análise dos parâmetros da regressão foi significativa ($P < 0,05$) e a falta de ajuste do modelo foi não significativa ($P \geq 0,05$), indicando um aumento da solubilidade proteica com aumento das concentrações de extrato de gengibre (Figuras 4 e 5).

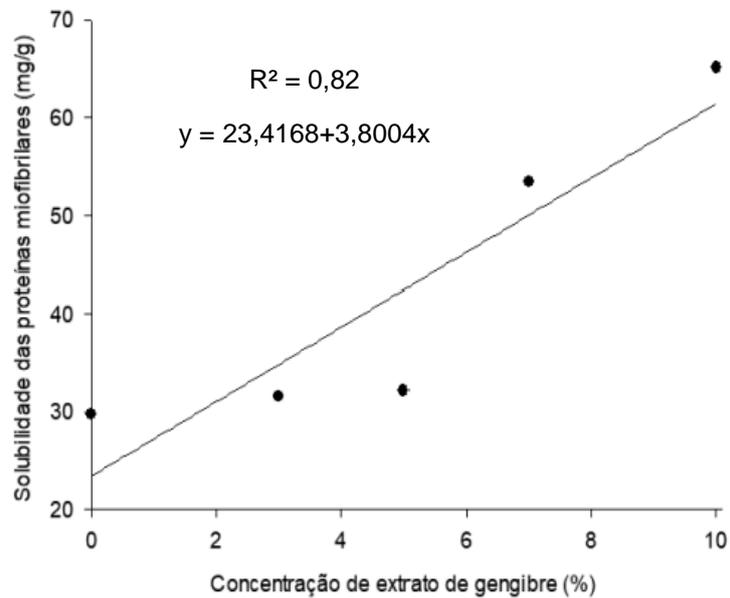


Figura 4 - Solubilidade das proteínas miofibrilares (mg/g) em função da concentração de extrato de gengibre (%)

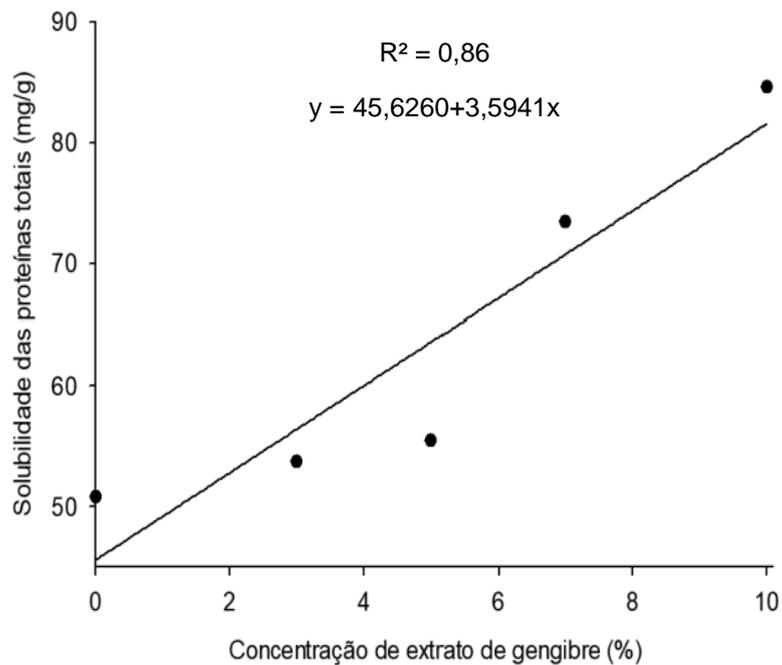


Figura 5 - Solubilidade das proteínas totais (mg/g) dos peitos de frango em função da concentração de extrato de gengibre (%).

Para a solubilidade de proteínas sarcoplasmáticas, observou-se uma variação entre os tratamentos ($P < 0,05$), no entanto, não houve ajuste de nenhum modelo matemático para os valores encontrados, que foram $22,12 \pm 1,29$ mg/g para o peito de frango sem extrato de gengibre; $22,18 \text{ mg/g} \pm 0,94$ para o peito de frango com 3% de extrato; $23,26 \pm 1,06$ mg/g para o peito de frango com 5% de extrato; $19,99 \pm 1,01$ mg/g para o peito de frango com 7% de extrato; e $19,45 \pm 0,87$ mg/g para o peito de frango com 10% de extrato.

O menor valor de solubilidade de proteínas sarcoplasmáticas pode ser devido à sua baixa concentração no peito de frango, aliado ao fato dessas proteínas serem mais resistentes à degradação enzimática do que outras frações proteicas, o que dificulta sua extração (SHIN et al. 2008).

Naveena et al. (2004); Rawdkuen et al. (2013); He et al. (2015); Bhaskar et al. (2017) e Maqsood et al. (2018) demonstraram o aumento da solubilidade de proteínas como resultado da hidrólise enzimática de proteínas.

O aumento na solubilidade das proteínas de carne de camelo após tratamento com gengibre nas concentrações de 15%, 30% e 45% por 48 h a 4 °C foi relatado por Abdeldaiem e Hoda (2014). Os resultados mostraram aumento significativo na solubilidade das proteínas totais e miofibrilares nas amostras tratadas quando comparadas a controle, justificado pelos autores devido ao aumento da permeabilidade das miofibrilas, que se desintegraram facilmente, enquanto nas amostras controle, os filamentos regularmente alinhados das miofibrilas forneceram resistência à extração. Naveena et al. (2004) relatam uma relação positiva entre a solubilidade de proteínas e a maciez da carne.

5.2.3 Índice de fragmentação miofibrilar e força de cisalhamento

O índice de fragmentação miofibrilar (IFM) é um importante indicador da extensão da fragmentação das miofibrilas. A força de cisalhamento é uma medida associada à maciez da carne, pois mede a força necessária para rompimento das fibras musculares (BATTAGLIA, 2016). Segundo Olson et al. (1976), um maior IFM pode ser correlacionado com uma redução na força de cisalhamento da carne.

No presente estudo, os dados de índice de fragmentação miofibrilar (Figura 6) e da força de cisalhamento (Figura 7) dos peitos de frango em função da concentração de extrato de gengibre foram interpretados pela análise de regressão.

A análise dos parâmetros da regressão foi significativa ($P < 0,05$) e a falta de ajuste do modelo foi não significativa ($P \geq 0,05$). O modelo linear ajustado para o comportamento do IFM nas condições testadas indica maior fragmentação das miofibrilas, o que pode ser associado à maior hidrólise das proteínas dos peitos de frango com o aumento da concentração de extrato de gengibre (Figura 6).

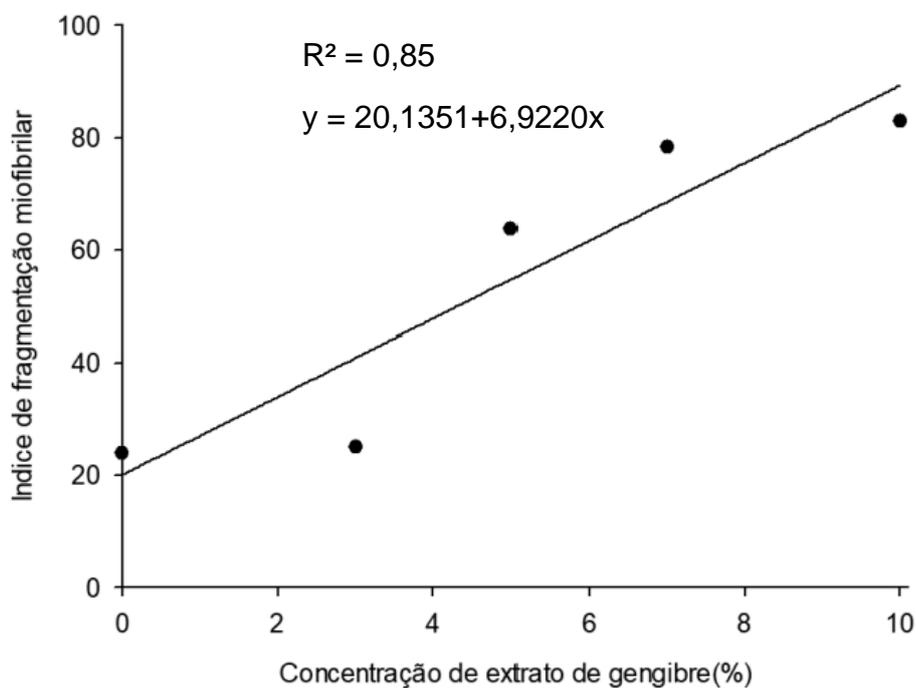


Figura 6- Índice de fragmentação miofibrilar dos cortes de peito de frango em função da concentração de extrato de gengibre (%)

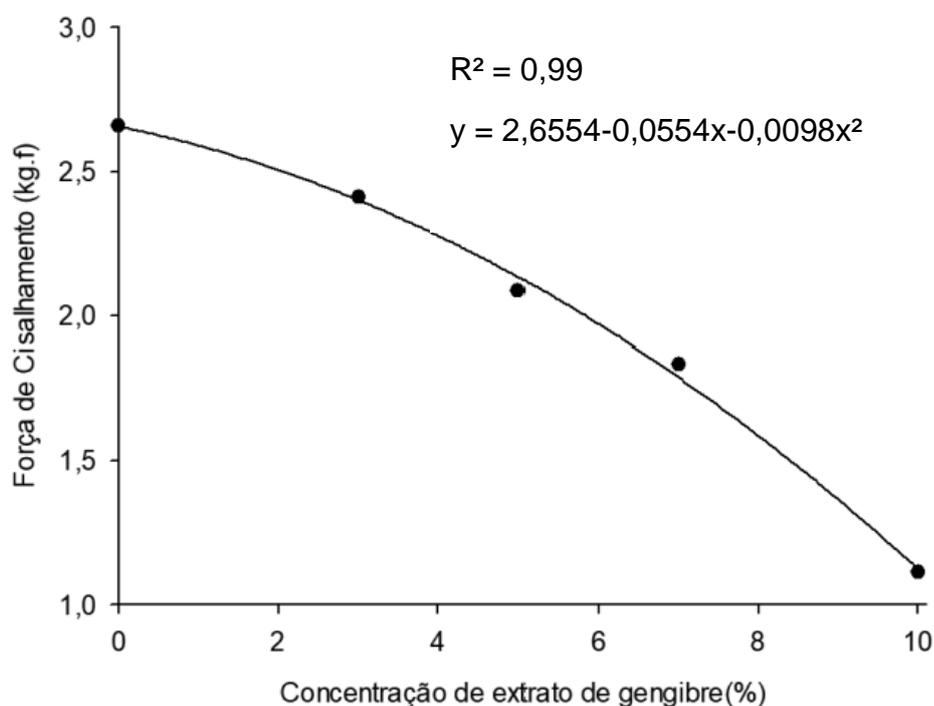


Figura 7 - Força de cisalhamento (kg.f) dos cortes de peito de frango em função da concentração de extrato de gengibre (%)

O IFM é comparado a um valor na faixa de 20 a 100, sendo que valor próximo de 100 indica forte ruptura da estrutura miofibrilar (indicativo de músculos macios). Já os índices próximos a 20 indicam músculo menos macios ou duros (OLSON et al., 1976).

No presente estudo, o valor de IFM para o peito de frango sem extrato foi de 20,14 e para os peitos de frango com extrato de gengibre foram de 40,90 (3%), 54,75 (5%), 68,59 (7%) e 89,36 (10%), indicando significativa hidrólise da fração miofibrilar das proteínas do peito de frango (Figura 6). Observou-se que, para os peitos de frango com extrato esse aumento foi de aproximadamente 203% (3%), 272% (5%), 341% (7%) e 444% (10%) em relação ao peito de frango sem extrato, o que pode ser associado ao aumento na maciez dos cortes.

As proteases do gengibre apresentam maior especificidade por proteínas citoesqueléticas presentes na linha Z em relação às miofibrilares actina e miosina (LEE et al., 1989). Durante o processo de hidrólise enzimática a estrutura da linha Z, formada pelas proteínas citoesqueléticas e que une os sarcômeros ao longo da fibra muscular, é degradada. Ocorre fragmentação das miofibrilas com redução do número de sarcômeros em sequência (MAGGIONI et al., 2012; CULLER et al.,

1978).

Para a força de cisalhamento, o modelo ajustado foi polinomial de grau 2, indicando que os maiores valores de força de cisalhamento foram observados nos peitos de frango sem adição de extrato com uma tendência de diminuição desses valores nos peitos de frango tratados com 3%, 5%, 7% e 10% de extrato de gengibre (Figura 7).

O rompimento da estrutura da fibra muscular favorece a maciez da carne resultando em menor força de cisalhamento necessária para romper a amostra, indicativo de carnes com menor resistência ao corte (WHEELER et al., 1997; OLSON et al., 1976).

He et al. (2015) analisaram o efeito de 15% e 30% de extrato de gengibre com e sem ácido cítrico 0,3 M em peitos de pato por 72 h a 4°C. O tratamento com 30% de extrato sem ácido cítrico apresentou maior IFM em relação aos demais, com um aumento de 23 % em relação ao controle (sem gengibre e sem ácido cítrico). Os autores verificaram também que nas amostras tratadas sem ácido cítrico os valores de IFM foram superiores aos das amostras com ácido cítrico, devido à menor atividade da protease do gengibre em condições ácidas, levando a uma redução da proteólise miofibrilar.

Buyukyavuz (2014), ao avaliar o efeito de 1,5%, 3% e 4,5% de extrato de bromelina no amaciamento de peito de pato, observou uma diminuição significativa ($P < 0,05$) nos valores de força de cisalhamento em todas as amostras tratadas com a enzima em comparação ao controle. A amostra contendo 3% de extrato de bromelina obteve o menor valor de força de cisalhamento (1,89 kg.f).

Uma redução de 37,7% da força de cisalhamento em peitos de frango com 5% de extrato bruto de gengibre após 24 horas de armazenamento a 4°C em relação aos peitos sem injeção do extrato foi relatado por Cruz (2018). No estudo, concluiu-se que a adição de 5% de extrato de gengibre na redução da força de cisalhamento não alterou excessivamente a textura da carne e nem o rendimento pós-cocção, sendo uma alternativa para melhoria da qualidade de peitos de frango.

Em geral, o aumento do IFM e diminuição da força de cisalhamento podem ser relacionados à hidrólise das proteínas da carne por enzimas extraídas de vegetais e contribuem para o aumento da maciez. Entretanto, dependendo do grau de hidrólise pode ocorrer um amaciamento excessivo da carne como relatado nos

estudos de Miller et al. (1989) e Ashie et al. (2002), o que pode levar à rejeição pelos consumidores.

5.3 Utilização de extrato de gengibre como ingrediente em hambúrguer de frango

5.3.1 Composição química e pH

A carne e os derivados cárneos são matrizes alimentícias complexas em função da sua composição química, das alterações decorrentes das reações bioquímicas que ocorrem no músculo após abate do animal, do processamento, tipo de preparo e armazenamento (SILVA, 2014). Nesse sentido, a adição de ingredientes na formulação de derivados cárneos pode interferir em suas características físico-químicas e sensoriais.

Tabela 4 - Médias do teor de proteína (%), umidade (%), cinzas (%) e pH dos hambúrgueres de frango sem (controle) e com adição de 3%, 5%, 7% e 10% de extrato de gengibre.

Formulação	Proteína(%)	Umidade(%)	pH
**H _{controle}	19,99 ^{ns}	64,93 ^c	5,59 ^b
**HEG _{3%}	20,10 ^{ns}	64,05 ^{bc}	5,63 ^{ab}
**HEG _{5%}	20,77 ^{ns}	64,63 ^{abc}	5,66 ^{ab}
**HEG _{7%}	21,02 ^{ns}	66,36 ^{ab}	5,64 ^{ab}
**HEG _{10%}	21,01 ^{ns}	67,16 ^a	5,7 ^a

*Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \geq 0,05$).

** H_{controle}: Formulação base de hambúrguer sem adição de extrato de gengibre; HEG: Formulações base de hambúrguer com adição de extrato de gengibre nas concentrações de 3% (HEG_{3%}); 5% (HEG_{5%}); 7% (HEG_{7%}); e 10% (HEG_{10%}).

A adição de extrato de gengibre como ingrediente na formulação, em todas as concentrações testadas, não alterou significativamente ($P \geq 0,05$) o teor de proteína

dos hambúrgueres em relação ao hambúrguer sem adição de extrato (formulação controle), que se encontra dentro do valor determinado pela Instrução Normativa nº 20 de 31 de Julho de 2000 do MAPA, que estabelece o mínimo de 15% proteína (Tabela 4).

Em relação à umidade os hambúrgueres tratados com 3% e 5% de extrato de gengibre não diferiram significativamente do hambúrguer sem extrato ($P \geq 0,05$), porém os hambúrgueres com 7% e 10% apresentaram maiores valores de umidade diferindo do controle ($P < 0,05$). Os valores de umidade dos hambúrgueres com 3%, 5% e 7% de extrato não diferiram significativamente entre si ($P \geq 0,05$). Entre os tratamentos com 3% e 10% de extrato houve diferença significativa entre os valores de umidade ($P < 0,05$), sendo maior para o hambúrguer com 10% (Tabela 4).

O aumento da umidade do hambúrguer tratado com 10% em relação ao controle e ao hambúrguer com 3% e 5% de extrato pode estar relacionado ao efeito do extrato de gengibre no peito de frango (Tabela 4). Nas figuras 4 e 5, pode-se observar que ocorreu um aumento da solubilidade das proteínas miofibrilares e totais dos peitos de frango à medida que se aumentava a concentração de extrato de gengibre, o que pode ter favorecido a maior absorção da água adicionada na formulação do hambúrguer com maior concentração de extrato de gengibre.

Abdel-Naeem e Mohamed (2016) verificaram que os hambúrgueres de carne de camelo tratados com 7% de extrato de gengibre apresentaram um aumento significativo da umidade. Segundo os autores esses resultados indicam uma melhoria nas interações proteína-água e na solubilidade proteica.

O pH é um fator que interfere nas propriedades das proteínas e, conseqüentemente, na qualidade da carne e derivados cárneos. Em geral, o valor pH de derivados cárneos, como o hambúrguer, varia de 5,6 a 6,5 dependendo do pH da carne utilizada no processamento e dos ingredientes da formulação (SILVA,2014).

Observa-se no presente estudo que os valores de pH de todas as amostras tratadas com extrato de gengibre não diferiram entre si ($P \geq 0,05$), e nem em relação a amostra controle (Tabela 4). Apenas o hambúrguer com 10% de extrato diferiu significativamente do controle ($P \leq 0,05$), apresentando maior valor de pH, o que pode ser associado à quantidade de extrato adicionada e ao pH do extrato de gengibre (extraído com tampão fosfato, pH 7,0).

Reshi et al., (2017) ao avaliarem o pH de salsichas de frango tratadas com 5% e 10% de extrato de gengibre, verificaram um aumento significativo ($P < 0,05$) no valor do pH das amostras tratadas em relação ao controle. Os autores atribuíram o aumento de pH nas salsichas tratadas ao maior pH do extrato de gengibre.

5.3.2 Índice de fragmentação miofibrilar e força de cisalhamento

No presente estudo, os dados de IFM (Figura 8) e força de cisalhamento (Figura 9) dos hambúrgueres de frango em função da concentração de extrato de gengibre foram interpretados pela análise de regressão, na qual o modelo ajustado apresentou comportamento linear. A análise dos parâmetros da regressão foi significativa ($P < 0,05$) e a falta de ajuste do modelo foi não significativa ($P \geq 0,05$).

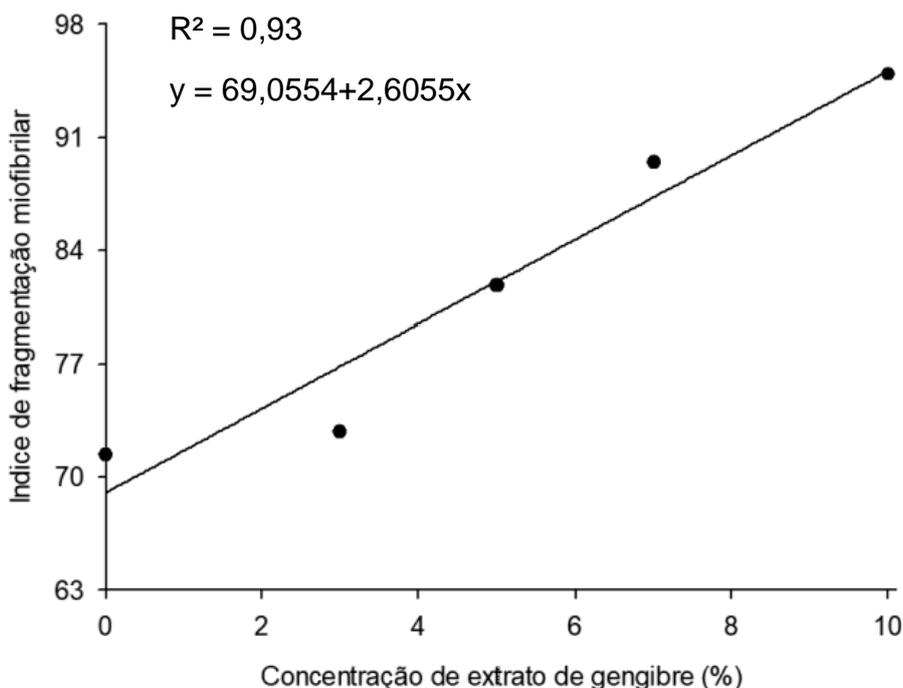


Figura 8 - Índice de fragmentação miofibrilar dos hambúrgueres de frango em função da concentração de extrato de gengibre (%)

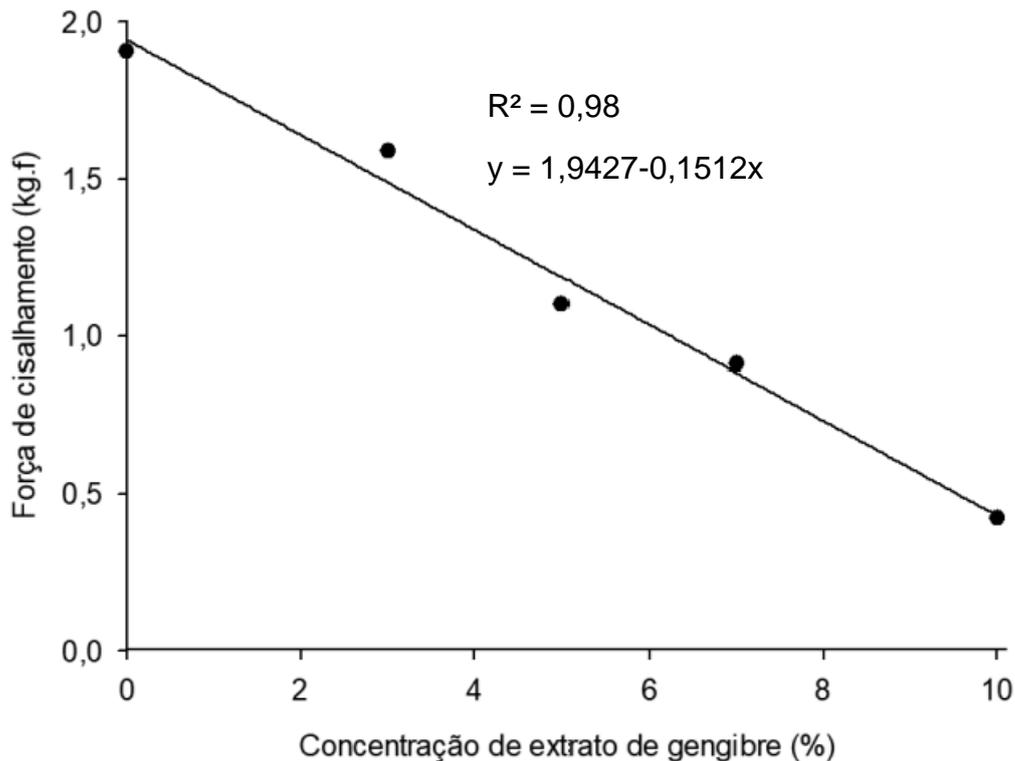


Figura 9 - Força de cisalhamento (kg.f) dos hambúrgueres de frango em função da concentração de extrato de gengibre (%)

O modelo linear ajustado para o comportamento do IFM nas condições testadas indica maior proteólise nos hambúrgueres de frango com o aumento da concentração de extrato de gengibre (Figura 8), apresentando comportamento semelhante àquele observado anteriormente na aplicação do extrato de gengibre diretamente no peito de frango (Figura 6).

Pesquisas demonstram que a hidrólise da fração miofibrilar contribui significativamente com o aumento da maciez da carne (OLSON et al. 1976; BATTAGLIA, 2016). O IFM é uma forma indireta de aferir o grau de hidrólise das proteínas miofibrilares e citoesqueléticas, responsáveis pela integridade estrutural da carne. Quanto maior o IFM maior hidrólise das proteínas (MAGGIONI et al., 2012; TONBERG, 2005; WHEELER et al., 1997).

Maqsood et al. (2018) observaram um aumento do IFM em carnes de camelo tratadas com soluções enzimáticas de papaína, ficina e bromelina nas concentrações de 50 e 100 mg/kg em relação a controle. Os resultados mostraram que a carne tratada com 100 mg/kg de solução de papaína apresentou também

menor força de cisalhamento, e, portanto, menor dureza. Os autores concluíram que o tratamento enzimático com 100 mg/kg demonstrou bom potencial para amaciamento da carne de camelo, sendo a papaína mais eficaz entre todos.

Para a força de cisalhamento, o modelo linear ajustado nas condições testadas (Figura 9) indica uma menor força necessária para rompimento das fibras musculares da carne durante a mastigação, o que pode estar associado a maior fragmentação da estrutura miofibrilar e a um aumento da maciez dos hambúrgueres com o aumento da concentração de extrato de gengibre.

Pawer et al. (2007) analisaram o efeito do extrato de gengibre em hambúrguer de carne de cabritos nas concentrações de 1%, 3%, 5% e 7% armazenados durante 7 dias a 4°C. Os autores verificaram que os valores de força de cisalhamento no hambúrguer diminuíram significativamente com o aumento da concentração de extrato de gengibre, e que o menor valor encontrado foi na amostra tratada com 7% de extrato de gengibre e concluíram que a atividade proteolítica do extrato contribuiu para o amaciamento da carne em todas as concentrações testadas.

5.3.3 Perda de peso pós cocção

A perda de peso pós-cocção é um fator que está relacionado com o rendimento e com os atributos sensoriais como a suculência e a maciez de derivados cárneos (ANGIOLILLO et al., 2014).

No presente estudo, os dados da perda de peso pós cocção dos hambúrgueres de frango (Figura 10) em função da concentração de extrato de gengibre foram interpretados pela análise de regressão. A análise dos parâmetros da regressão foi significativa ($P < 0,05$) e a falta de ajuste do modelo foi não significativa ($P \geq 0,05$).

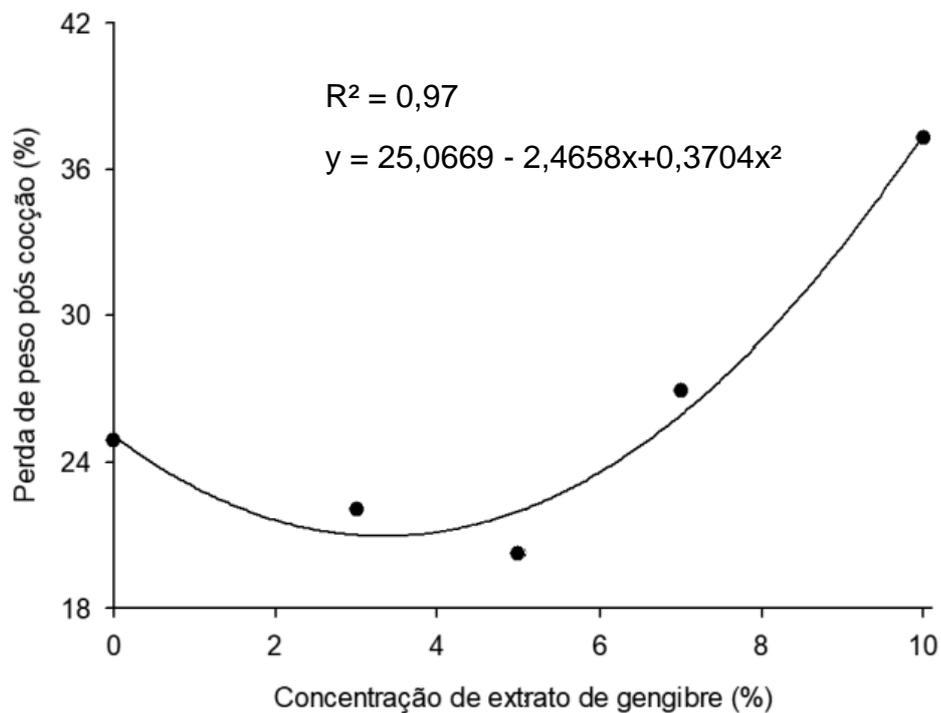


Figura 10 - Perda de peso pós cocção (%) dos hambúrgueres de frango em função da concentração de extrato de gengibre (%).

O modelo exponencial ajustado nas condições testadas indica uma tendência no aumento de perda de peso pós cocção dos hambúrgueres com o aumento da adição de extrato de gengibre a partir da concentração de 3% de extrato de gengibre, o que pode significar diminuição do rendimento devido a uma maior perda de líquido após a cocção do produto (Figura 10). A tendência de diminuição da capacidade de retenção de água dos peitos de frango (Figura 3) e a cocção dos hambúrgueres até que a temperatura interna atingisse 75 °C, podem justificar a tendência de maior perda de peso pós-cocção das amostras com maiores concentrações de extrato de gengibre (Figura 10).

Com o aumento da temperatura há mudanças estruturais na carne, como o encolhimento do tecido conectivo, encolhimento das fibras musculares, desnaturação e agregação das proteínas miofibrilares e sarcoplasmáticas que, conseqüentemente, afetam a capacidade da carne em reter água, podendo resultar no aumento da perda de água no cozimento (TONBERG, 2005).

Abdel-Naeem e Mohamed (2016) avaliaram o efeito da adição de papaína comercial desidratada e extrato de gengibre em diferentes concentrações em hambúrgueres de carne de camelo. Os autores observaram que todas as amostras

tratadas aumentaram significativamente os valores de perda de peso pós cocção em relação a amostra controle, sendo de 37,9% para os hambúrgueres com 0,01% de papaína, 32,7% para aqueles com 0,005% papaína e 5% de extrato e 27,8% para aqueles com 7% de extrato. A amostra controle obteve 23,9% de perda de peso pós cocção.

Já Macini et al., (2017) ao avaliarem a perda pós cocção de hambúrgueres de carne suína adicionados de 1% e 2% de extrato de gengibre em pó, observaram que estes não diferiram significativamente da amostra controle.

5.3.4 Aceitação sensorial dos hambúrgueres de frango

Para verificar se a adição do extrato de gengibre modificou a aceitação dos atributos sensoriais de sabor, maciez, suculência e impressão global dos hambúrgueres de frango foi realizado o teste de aceitação sensorial com escala hedônica de nove pontos. As médias hedônicas, obtidas para os diferentes tratamentos dos hambúrgueres, assim como o resultado do teste de Tukey, são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Médias hedônicas para os atributos sabor, maciez, suculência e impressão global dos hambúrgueres de frango sem e com adição de 3%, 5%, 7% e 10% extrato de gengibre

Tratamentos**	Sabor	Maciez	Suculência	Impressão global
H _{Controle}	7,9 ^{ab}	6,7 ^c	7,05 ^c	7,3 ^c
HEG _{3%}	8,3 ^a	8,1 ^{ab}	8,1 ^a	8,1 ^a
HEG _{5%}	8,1 ^a	7,7 ^b	7,4 ^b	7,7 ^b
HEG _{7%}	8,0 ^a	8,2 ^a	8,2 ^a	8,1 ^{ab}
HEG _{10%}	7,6 ^b	8,1 ^{ab}	8,0 ^a	7,8 ^{ab}

* Médias seguidas de pelo menos uma mesma letra na mesma coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey (P>0,05).

** H_{controle}: Formulação base de hambúrguer sem adição de extrato de gengibre; HEG: Formulações base de hambúrguer com adição de extrato de gengibre nas concentrações de 3% (HEG_{3%}); 5% (HEG_{5%}); 7% (HEG_{7%}); e 10% (HEG_{10%}).

De acordo com a Tabela 5 é possível verificar que, em relação ao atributo sabor, todas as amostras tratadas não diferiram da amostra controle. Em comparação aos tratamentos com extrato, o tratamento com 10% de extrato recebeu notas inferiores, de acordo com a escala hedônica de 9 pontos, enquadrando-se entre as categorias “Gostei moderadamente” e “Gostei muito”. O sabor do gengibre pode ser intensificado quando submetido à cocção e alterar negativamente os atributos sensoriais da carne (LABELL 1987).

No estudo realizado por Libata et al. (2010), ao avaliarem os atributos sabor, textura, cor e impressão global em peixes secos defumados marinados em soluções de 2,5%, 5%, 7,5% e 10% de extrato de gengibre, os autores observaram que à medida em que a concentração de gengibre aumentava as notas em relação ao atributo sabor diminuía. A amostra tratada com 10% de extrato obteve nota 1,9, enquanto a amostra controle obteve nota de 4,5 pela escala hedônica de 1 a 5. Concluíram, portanto, que para o atributo sabor, a melhor formulação seria o tratamento com 2,5% de extrato de gengibre.

Já Macini et al. (2017) verificaram no teste de aceitação sensorial que a adição de 1% e 2% de extrato de gengibre em pó em hambúrgueres de carne suína não alterou os atributos sabor, aparência e aroma do produto em relação à amostra controle.

Em relação à maciez e suculência, os hambúrgueres com extrato de gengibre apresentaram notas superiores ao hambúrguer de frango sem extrato ($P < 0,05$). Para o atributo maciez, o hambúrguer sem extrato obteve média 6,7, enquadrando-se entre as categorias “Gostei ligeiramente” e “Gostei moderadamente”, enquanto os hambúrgueres com extrato de gengibre obtiveram maior aceitação, enquadrando-se entre as categorias “Gostei moderadamente” e “Gostei extremamente”. O efeito negativo relatado por Weiss, (2010), Ashie, (2002) e Miller et al. (1989) em relação ao grau excessivo de hidrólise das proteínas da carne adicionadas de proteases, tornando-as muito “moles”, não foi verificado no presente estudo. Os hambúrgueres de frango com 3%, 5%, 7% e 10% de extrato de gengibre obtiveram boa aceitação (notas entre 7,7 e 8,2) (Tabela 5).

Abdel-Naeem e Mohamed (2016) ao analisarem o efeito das proteases do gengibre e da papaína em hambúrguer de carne de camelo. Observaram que todos os hambúrgueres tratados receberam notas de aceitação mais altas nos atributos de maciez e suculência quando comparados ao controle. Os autores associaram a maior aceitação ao aumento da capacidade de retenção de água que promoveu o aumento da maciez dos hambúrgueres.

Em um estudo realizado por Naveena e Mendiratta (2001) também foi verificado melhoria nos atributos de maciez e suculência em carnes de galinha poedeiras tratadas com extrato bruto de gengibre em comparação a amostra controle. Os autores concluíram que a amostra tratada com 3% de extrato de gengibre apresentou as maiores notas de aceitação para os atributos avaliados.

No presente estudo, foi observado para a impressão global que as formulações tratadas com extrato de gengibre em todas as concentrações testadas obtiveram notas significativamente maiores ($P < 0,05$) que as da amostra controle (Tabela 5).

De modo geral, é possível observar que os hambúrgueres tratados com 3% e 7% de extrato de gengibre apresentaram as maiores médias de aceitação para todos os atributos avaliados (Tabela 5), sendo os mais indicados. Esses resultados

reforçam o efeito positivo do extrato na melhoria dos atributos sensoriais dos hambúrgueres de frango.

6 Conclusão

No peito de frango, os efeitos positivos da adição do extrato de gengibre foram aumento da solubilidade das proteínas miofibrilares, aumento do índice de fragmentação miofibrilar e redução da força de cisalhamento promovidos pela hidrólise enzimática das proteases presentes no extrato, que podem melhorar características como maciez, suculência e textura da carne. O efeito negativo foi a redução da capacidade de retenção de água da carne, que pode resultar na perda de rendimento dos cortes.

Nos hambúrgueres de frango a utilização do extrato como ingrediente aumentou a perda de peso pós cocção. Em termos econômicos a menor capacidade de retenção de água e a maior perda de peso pós cocção pode representar uma desvantagem da utilização do extrato de gengibre como ingrediente em hambúrguer de frango. Entretanto, o aumento da fragmentação miofibrilar e redução da força de cisalhamento são indicativos de aumento da maciez e suculência e melhoria da textura das carnes. Nesse sentido, a adição do extrato representou uma vantagem em relação à melhoria da qualidade dos hambúrgueres. Esse efeito positivo foi reforçado no teste de aceitação sensorial, com maior aceitabilidade dos consumidores pelos hambúrgueres de frango com 3% e 7% de extrato de gengibre.

Portanto, a adição do extrato de gengibre como ingrediente natural contribuiu para melhoria da qualidade e da aceitação dos atributos sensoriais do hambúrguer de frango. No peito de frango, considera-se também que os efeitos positivos da sua adição foram mais relevantes que a diminuição da capacidade de retenção de água e, portanto, que também contribuiu para a melhoria da qualidade da carne.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABDELDAIEM, A.M.; JIN, Q.; LIU, R.; WANG, X. Effect of Calcium Chloride on the Preparation of Low-fat Spreads from Buffalo and Cow Butter. **Tropical Journal of Pharmaceutical Research**, n. 13(4), p. 519-526, 2014. <http://dx.doi.org/10.3989/gya.0105141>

ABDEL-NAEM, H.H.S.; MOHAMED, H.M.H. Improving the physico-chemical and sensory characteristics of camel meat burger patties using ginger extract and papain. **Meat Science**, 2016. www.iiste.org.

ABPA - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PROTEÍNA ANIMAL - ABPA. Relatório Anual 2019. Disponível em: <<http://abpa-br.com.br/storage/files/relatorio-anual-2018.pdf>>. Acesso em: 3 set. 2019.

AMENSOUR, M.; SENDRA, E.; PÉREZ-ALVAREZ, J. A.; ABRINI, J.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. Effect of Myrtle (*Myrtus communis*) Extracts on Storage Stability of Chicken Frankfurters. **International Journal of Biotechnology for Wellness Industries**, v. 4, p.1-11, 2015. <http://dx.doi.org/10.6000/1927-3037.2015.04.01.1>.

ANANDH, M.A.; LAKSHMANAN, V. Storage stability of smoked buffalo rumen meat product treated with ginger extract. **Journal of Food Science and Technology**, n. 51, p. 1191-1196, 2014. [10.1007/s13197-012-0622-2](https://doi.org/10.1007/s13197-012-0622-2).

ANGIOLILLO, L.; CONTE, A.; DEL NOBILE, M. A. Technological strategies to produce functional meat burgers. **Food Science and Technology**. n. 25, p. 1 – 7, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.lwt.2014.08.021>

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists**. 17. ed. Gaithersburg, Maryland: AOAC, 2000. v. 2. cap 30.

ASSUNCAO, A. S. A. **Caracterização do músculo pectoralis major de frangos de corte com a miopatia wooden breast**. Tese (Dourado), 2019. UFGD, 95f.

ASHIE, I.N.A.; SORENSEN, T.L; NIELSEN, P.M. Effects of Papain and a Microbial Enzyme on Meat Proteins and Beef Tenderness. **Journal of Food Science**, v. 67, p.2138-2142, 2002.

BADR, H. M. Tenderness Properties and Microbial Safety of Spent Hen Meat Treated by Papain and Gamma Irradiation. **Journal of Radiation Research and Applied Sciences**. v.1, n.2, p. 443 – 462, 2008.

BATTAGLIA, C. T. **Comparação de métodos para determinação da maciez instrumental e do comprimento do sarcômero de carne bovina**. 2016.68 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2016.

BEKHIT, A.E.A.; HOPKINS, D.L.; GEESINK, G.; BEKHIT, A.A.; FRANKS, P. Exogenous proteases for meat tenderization. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 54(8), p. 1012-1031, 2013. <http://dx.doi.org/10.1080/10408398.2011.623247>.

BHASKAR, K.; ABRAHAM, R. J. J.; RAO, V.; BABU, R.; SERMA, A. Functional Properties of Spent Hen Meat Injected with Ultra Refined Papain Powder. **Journal Of Meat Science And Technology**, v. 5, p. 16 – 19, 2017. <https://www.researchgate.net/publication/323413117>.

BOWKER, B.; HAWKINS, S.; ZHUANG, H. Measurement of water-holding capacity in raw and freeze-dried broiler breast meat with visible and near-infrared spectroscopy. **Poultry Science**, n. 93, p. 1834 – 1841, 2014. <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pev120>.

BOWKER, B.; ZHUANG, H. Relationship between water-holding capacity and protein denaturation in broiler breast meat. **Poultry Science**, n. 94, p. 1657 – 1664, 2015. <http://dx.doi.org/10.3382/ps/pev120>.

BRASIL. Ministério da Agricultura e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 20, de 31 de julho de 2000**. Anexo IV- Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Hambúrguer. Brasília, DF, 2000.

BRYANT, C.; BARNETT, J. Consumer acceptance of cultured meat: A systematic review. **Meat Science**, n. 17, p. 1 – 33, 2018. 10.1016/j.meatsci.2018.04.008.

BUYUKYAVUZ, A. **Effect of bromelain on duck breast meat tenderization**. Tese, Clemson University, 2014. https://tigerprints.clemson.edu/all_theses/1929.

CARVALHO, L. M. **Caracterização bioquímicas e químicas em filés de peito de frango com anomalia PFN (Pale, Firm, Non-exudative) e PSE (Pale, Soft, Exudative)**. 2016 Dissertação (Mestre) – Universidade Federal do Paraíba – PB, 74f.

COSTA, D. P. S. **Desenvolvimento de hambúrguer com carne mecanicamente separada de carcaça e de refil de tilápia: caracterização, microbiológica, físico-química e sensorial**. 2017. Tese (Doutorado) - Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas da Universidade Estadual Paulista – SP, 95f.

CRUZ, P. L. **Caracterização parcial do extrato enzimático bruto de gengibre e seu efeito na fragmentação de miofibrilar em carne de frango**. 2018. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre - ES, 75f.

CULLER, R.D.; PARRISH, F.C.; SMITH, G.C.; CROSS, H.R. Relationship of myofibril fragmentation index to certain chemical, physical and sensory characteristics of bovine longissimus muscle. **Journal of Food Science**, n. 43, p. 1177-1180, 1978.

DADGAR, S.; CROWE, T.G.; CLASSEN, H.L.; WATTS, J.M.; SHAND, P.J. Broiler chicken thigh and breast muscle responses to cold stress during simulated transport before slaughter. **Poultry Science**, v. 91, n. 6, p. 1454-1464, 2012. <https://doi.org/10.3382/ps.2011-01520>.

DALAGNOL, L. M. G. **Avaliação do uso do ultrassom na extração de mosto de uva Carbenet Sauvignon e na atividade enzimática**. 2017. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio grande do Sul, Porto Alegre, RS, 134f.

DAY L. Proteins from land plants—potential resources for human nutrition and food security. **Trends Food Sci Technol**, v. 32, p. 25–42, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2013.05.005>.

DEMIRHAN E.; OZBEK B. Influence of enzymatic hydrolysis on the functional properties of sesame cake protein. **Chem Eng Commun**, v. 200, p. 655–66, 2013.

DROVAL, A. A.; BENASSI, V. T.; ROSSA, A.; PRUDENCIO, S.H.; PAIAO, F.G. Consumer attitudes and preferences regarding pale, soft, and exudative broiler breast meat. **Journal of Applied Poultry Research**, v.21, p.502 – 507, 2012. <https://doi.org/10.3382/japr.2011-00392>.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. Curitiba: Champagnat, p.531, 2013. EMBRAPA. 2001. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/100657/1/Folder-gengibre.pdf>>. Acesso em: 09/06/2019.

EOM, S.; LEE, S.; CHUN, Y.; KIM, B.; PARK, J. Texture Softening of Beef and Chicken by Enzyme Injection Process. **Korea Food Research**, v. 35, n. 4, p. 486 – 493, 2015. <http://dx.doi.org/10.5851/kosfa.2015.35.4.486>.

ERTBJERG, P.; PUOLANNE, E. Muscle structure, sarcomere length and influences on meat quality: A review. **Meat Science**, n. 5, p. 1 – 75, 2017. [10.1016/j.meatsci.2017.04.261](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.04.261).

FENNEMA, O. R; TANNENBAUM, S.R. **Química dos alimentos**. 4ª Edição Editora Artmed. 2010. 1249 p.

GHRIBI, A. M; GAFSI, I.M.; SILA, A., BLECKER, C.; DANTHINE, S.; ATTIA, H.; BOUGATEF, A.; BESBES, S., Effects of enzymatic hydrolysis on conformational and functional properties of chickpea protein isolate. **Food Chemistry**, n.33, p. 1 – 30, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.04.109>.

GOLI, T.; BOHUON, P.; RICCI, J.; COLLIGNAN, A. Evolution of pH during immersion of meat protein matrices in acidic marinades. **Meat Science**. v. 90, n.3 ,p. 618–623, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2011.10.003>.

GOMIDE, L. A. M.; RAMOS, E. M.; FONTES, P. R. **Ciência e qualidade da carne: Fundamentos** – Série didática. 1ª Edição Editora UFV, Viçosa- MG. 2012.195 p.

GORNALL, A.G., BARDAWILL, C.J., DAVID, M.M. Determination of serum protein by means of biuret reaction. **Journal of Biological Chemistry**, v. 177, p.751-766, 1949.

HA, M.; BEKHIT, A.E.A.; CARNE, A.; HOPKINS, D.L. Characterisation of comercial papain, bromelain, actinidin and zingibain protease preparations and their activities toward meat proteins. **Food Chemistry**, n. 134, p. 95-105, 2012. DOI.....

HA, M.; BEKHIT, A.E.A.; CARNE, A.; HOPKINS, D.L. Characterisation of comercial papain, bromelain, actinidin and zingibain protease preparations and their activities toward meat proteins. **Food Chemistry**, n. 136, p. 989-998, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.09.034>.

HE, F.Y.; KIM, H.W.; HWANG, K.E.; SONG, D.H.; KIM, Y.J.; HAM, Y.K.; KIM, S.Y.; YEO, I.J.; JUNG, T.J.; KIM, C.J. Effect of ginger extract and citric acid on the tenderness of duck breast muscles. **Korean Journal Food of Science Animal Resources**, v. 35, p. 721-730, 2015. <http://dx.doi.org/10.5851/kosfa.2015.35.6.721>.

HOPKINS, D.L.; TAYLOR, R.G. **Post-mortem muscle proteolysis and meat tenderisation**. Muscle development of livestock animals. p. 363–389. Cambridge, MA, USA: CAB International. 2002.

HUFF-LONERGAN, E.; LONERGAN, M. S. Mechanisms of water-holding capacity of meat: The role of postmortem biochemical and structural changes. **Meat Science**, v. 71, p. 194-204, 2005. [10.1016/j.meatsci.2005.04.022](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2005.04.022).

HUGHES, J. M. et al. A structural approach to understanding the interactions between colour, water-holding capacity and tenderness. **Meat Science**, v. 98, p. 520–532, 2014. : [10.1016/j.meatsci.2014.05.022](https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2014.05.022).

HUNTER, R.S.; HAROLD, R.W. The Measurement of Appearance, 2 nd ed., John Wiley and Sons, Inc. New York, NY, USA, 1987.

IONESCU, A.; APRODU, I.; PASCARU, G.; Effect of papain and bromelin on muscle and collagen proteins in beef meat. **The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati Fascicle VI – Food Technology**, n.5, p. 9 – 16, 2008.

JOO, S. T.; KAUFFMAN, R. G.; KIM, B. C.; PARK, G. B.; The relationship of sarcoplasmic and miofibrillar protein solubility to colour and water holding capacity in porcine longissimus muscle. **Meat Science**. v. 52, n. 3, p. 276-297, 1999.

JOO, S.T., KIM, G.D., HWANG, Y.H., RYU, Y.C. Control of fresh meat quality through manipulation of muscle fiber characteristics. **Meat Science**, v. 95, p. 828–836, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.04.044>.

KAMINISHIKAWAHARA, C.M. **Caracterização bioquímica e estrutural de filés de frango análogo ao PFN (pale, firm, non-exudative) e PSE (pale, soft, exudative)**. 2014, Dissertação (Mestre), Universidade Estadual de Londrina – Paraná, 78 p.

KETNAWA, S.; RAWDKUEN, S. Application of bromelain extract for muscle foods tenderization. **Food and Nutrition Sciences**, n.2, p. 393 – 401, 2011. (<http://www.SciRP.org/journal/fns>).

KUMAR, Y.; SINGH, P.; TANWAR, V.K.; PONNUSAM, P, SINGH, P K and Shukla P. Augmentation of quality attributes of chicken tikka prepared from spent hen meat with lemon juice and ginger extract marination. **Nutrition and Food Science**, v., 45, n.4, p.606-615, 2017. [10.5958/2277-940X.2017.00077.8](https://doi.org/10.5958/2277-940X.2017.00077.8).

LADEIRA, S. A. **Otimização de um meio de cultura para a produção de proteases por Bacillus sp. SMIA-2 e propriedades da enzima**. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, p. 306, 2009.

LANA, A.; ZOLLA, L. Proteolysis in meat tenderization from the point of view of each single protein: A proteomic perspective. **Journal of Proteomics**, v. 147, p. 85-97, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jprot.2016.02.011>.

LEE, S.H., JOO, S.T., RYU, Y.C. Skeletal muscle fiber type and myofibrillar proteins in relation to meat quality. **Meat Science**, v. 86, p. 166–170, 2010. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2010.04.040>.

LIBATA, I. G.; OMOJOWO, S. F.; OMOJASOLA, F. P.; ADDETUNJI, O. C.; NGWU, E. THE EFFECT OF DIFFERENT CONCENTRATIONS OF GINGER ON THE QUALITY OF SMOKED DRIED CATFISH (*Clarias gariepinus*). **Nature and Science**, v. 8, p. 59 – 63, 2010. <http://www.sciencepub.net/nature>.

LIMA, F. T. **Proposição da metodologia dos limiares hedônicos: limiar de aceitação comprometida e limiar de rejeição**, 2015, Tese (Doutor) Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 126 f.

LISTRAT, A.; LEBRET, B.; LOUVEAU, I.; ASTRUC, T.; BONNET, M.; LEFAUCHEUR, L.; PICARD, B.; BUGEON, J. How Muscle Structure and Composition Influence Meat and Flesh Quality. **The Scientific World Journal**, n.5, p. 1 – 14, 2016. <http://dx.doi.org/10.1155/2016/3182746>.

LIU, J.; ARNER, A.; PUOLLANNE, E.; ERTBJERG, P. On the water-holding of myofibrils: Effect of sarcoplasmic protein denaturation. **Meat Science**, p. 1 – 47, 2016. 10.1016/j.meatsci.2016.04.020.

LYON, B.G.; LYON, C.E. Assessment of three devices used in shear tests of cooked breast meat. **Poultry Science**, v.77(10), p. 1585-1590, 1998.

MACHADO, E. A. Avaliação da qualidade nutricional de hambúrgueres suplementados com farinha de quinoa. TCC (curso Superior de Tecnologia em Alimentos) Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Francisco Beltrão - PR, 2014.

MACINI, S.; PACI, G.; FRATINI, F.; TORRACCA, B.; NUVOLONI, R. Improving pork burgers quality using *Zingiber officinale* Roscoe powder (ginger). **Meat Science**, v. 129, p. 161 – 198, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.03.004>.

MACINI, S.; PREZIUSO, G.; BOSCO, A. D.; ROSCINI, V.; SZENDRO, Z.; FRATINI, F.; PACI, G. Effect of turmeric powder (*Curcuma longa* L.) and ascorbic acid on physical characteristics and oxidative status of fresh and stored rabbit burgers. **Meat Science**, v. 110, p. 93 – 100, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.meatsci.2015.07.005>.

MANOHAR, J.; GAYATHRI, R.; VISHNUPRIYA, V. Tenderisation of meat using bromelain from pineapple extract. **International Journal of Pharmaceutical Sciences Review and Research**, v. 38, p.81 – 85, 2016. www.globalresearchonline.net

MAQSOOD, S.; KUSAIMAH, M.; GANI, A.; ABUSHELAIBI, A. Degradation of myofibrillar, sarcoplasmic and connective tissue proteins by plant proteolytic enzymes and their impact on camel meat tenderness. **Journal Food Science Technology**, v. 55(9), p. 3427–3438, 2018. <https://doi.org/10.1007/s13197-018-3251-6>.

MARTÍNEZ-ALVAREZ O, CHAMORRO S, BRENES A. Protein hydrolysates from animal processing by-products as a source of bioactive molecules with interest in animal feeding: a review. **Food Research**. v. 73, p.204–212, 2016.

MIR, N. A. et al. Determinants of broiler chicken meat quality and factors affecting them:a review. **Journal of Food Science and Technology**, v. 54, n. 10, p. 2997–3009, 2017. 10.1007/s13197-017-2789-z.

NAFI, A.; FOO, H.L.; JAMILAH, B.; GHAZALI, H.M. Properties of proteolytic enzyme from ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). **International Food Research Journal**, n. 20, p. 363–368, 2013. <http://www.ifrj.upm.edu.my>.

NAFI, A.; LING, F.H.; BAKAR, J.; GHAZALI, H.M. Partial Characterization of an Enzymatic Extract from Bentong Ginger (*Zingiber officinale* var. Bentong). **Molecules**, v. 19, p. 12336-12348, 2014. [10.3390/molecules190812336](https://doi.org/10.3390/molecules190812336).

NAVEENA, B. M.; MENDIRATTA, S. K.; ANJANEYYULU, A. S. R. Tenderization of buffalo meat using plant proteases from *Cucumis trigonus* Roxb (Kachri) and *Zingiber officinale* Roscoe (Ginger rhizome). **Meat Science**, v. 68, p. 363 – 369, 2004. www.elsevier.com/locate/meatsci.

NAVEENA, B. M.; MENDIRATTA, S. K.; Tenderisation of spent hen meat using ginger extract. **British Poultry Science**, India. v. 42, p. 344-349, 2001. <http://www.tandfonline.com/loi/cbps20>.

NOVELLO, D.; MARQUES, A.; TONETO, E. R. L.; POLLONIO, M. A. R. Atributos da qualidade funcional de peito de frango injetado com cloreto de sódio e cálcio. **Alimentos e nutrição**, v.20, n.3, 2009.

OLIVEIRA, J. **Efeitos do uso de farelo de acerola na dieta de frangos de corte sobre as características de qualidade da carne e do hambúrguer**. 2019, Tese (Doutorado) – UNESP.

OLSON, D.; PARRISH, F. C.; STROMER, M. H. Myofibril fragmentation and shear resistance of three bovine muscles during postmortem storage. **Journal Food Science**. v. 41, p. 1036-1041, 1976. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1976.tb14384.x>.

PAWAR, V. D.; MULE, B. D.; MACHEWAD, G. M.; Effect of marination with ginger rhizome extract on properties of raw and cooked chevon. **Journal of Muscle Foods, India**. v. 18, p. 349-369, 2007. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4573.2007.00091.x>.

RAWDKUEN, S.; JAIMAKREU, M.; BENJAKUL, S. Physicochemical properties and tenderness of meat samples using proteolytic extract from *Calotropis procera* latex. **Food Chemical**, v. 36, n. 2, p. 909–916, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.08.077>.

REIS, R. C.; MINIM, V. P. R. Teste de aceitação. In: MINIM, V. P. R. (Ed.). **Análise sensorial: estudos com consumidores**. 2nd. ed. Viçosa: Editora UFV, 2010. cap. 3, p. 66-82.

RESHI, M. U.; BHAT, R. A.; DOBI, M. R.; PIRZADA, R.; BEIGH, S. A.; AHAD, W. A.; MALIK, A. H. Enhancement of Shelf Life of Spent Hen Meat Sausages with incorporation of Ginger Extract. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**, v. 6, n. 11, p. 1124 – 1130, 2017. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.611.133>.

ROLIM, C. D. **Elaboração e avaliação de hambúrguer à base de carne bovina com teor reduzido de sódio**. 2015.

SARANYA, S.; SANTHI, D.; KALAIKANNAN, A. Ginger as a tenderizing agent for tough meats – review. **Journal of Livestock Science**, v. 7, n. 4, p. 54 - 61, 2016.

SCHMIDT, C. G. **Hidrólise enzimática das proteínas de carne de frango**. 2008. Dissertação (Mestrado), Universidade Federal do Rio Grande – RS, 143f.

SHIN, H. G. et al.; Tenderization and fragmentation of miofibrillar proteins in bovine longissimus dorsi muscle using proteolytic extract from *Sarcodon aspratus*, **Elsevier**, Coréia do Sul. V. 41, p. 1389-1395, 2008. :10.1016/j.lwt.2007.08.019.

SILVA, S. L. **Avaliação das características físico-químicas e microbiológicas de hambúrgueres de frangos suplementados com folhas de oliveiras**. 2014, Dissertação (Mestre), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria – RS, 108f.

SPELLMAN, D.; MCEVOY, E.; CUINN, G. O.; FITZGERALD, R. J. Proteinase and exopeptidase hydrolysis of whey protein: Comparison of the TNBS, OPA and pH stat methods for quantification of degree of hydrolysis. **International Dairy Journal**, v. 13, n.11, p. 447 - 453, 2003. 10.1016/S0958-6946(03)00053-0.

SYSTAT SOFTWARE Inc. – SSI. Sigmaplot for Windows, version 11. 2010.

TANTAMACHARIK, T.; AGYEI, D. BIRCH, J. A. E.; BEKHIT, J. Use of Plant Proteolytic Enzymes for Meat Processing. **Biotechnological Applications of Plant Proteolytic Enzymes**, cap. 3, 2018. https://doi.org/10.1007/978-3-319-97132-2_3.

TAVANO, O. L. Protein hydrolysis using proteases: An important tool for food biotechnology. **Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic**. v. 90, n. 6, p. 1 - 11, 2013. <http://dx.doi.org/10.1016/j.molcatb.2013.01.011>.

THOMPSON, E.H.; WOLF, I.D.; ALLEN, C.E. Ginger rhizome: A new source of proteolytic enzyme. **Journal of Food Science**, v. 38, p. 652–655, 1973.

THOMPSON, J. M.; PERRY, D.; DALY, B.; GARDNER, G. E.; JOHNSTON, D. J.; PETHICK, D. W. Genetic and environmental effects on the muscle structure response postmortem. **Meat Science**, v. 74, p. 59-65, 2006. 10.1016/j.meatsci.2006.04.022.

TSAI, L.; YEN, N.Y.; CHOU, R.R. Changes in Muscovy duck breast muscle marinated with ginger extract. **Food Chemistry**, v. 130, p. 316-320, 2012. 10.1016/j.foodchem.2011.07.044.

UBABEF, União Brasileira de Avicultura: Relatório anual 2018. Disponível em <<http://abpa-br.com.br/>>, Acesso em: 19/04/2019

USDA. United States Department of Agriculture. **Relatório sobre a produção brasileira de carne de frango**, Dezembro de 2016. Disponível em: <<http://www.usda.gov>> Acesso em 22 de Agos de 2017.

VAN LAACK, R. L. J. M. et al. Characteristics of Pale, Soft , Exudative Broiler Breast Meat. **Poultry Science**, v. 79, p. 1057–1061, 2000. <http://ps.oxfordjournals.org/>.

WANG, W. W.; MENG, T.T.; GUO, D. Z.; HAI-LE, M. A.; CAO, Y.; WANG, W.X. **Research progress on ultrasonic biological effect of food processing**, Science Technol Food. 2015.

WEISS, J.; GIBIS, M.; SCHUH, V.; SALMINEN, H. Advances in ingredient and processing systems for meat and meat products. **Meat Science**, n. 86, p. 196 – 213, 2010. 10.1016/j.meatsci.2010.05.008.

WHEELER, T.L.; KOOHMARAIE, M.; SHACKELFORD, S.D. **Standardized Warner-Bratzler shear force procedures for meat tenderness measurement**. Clay Center: Roman L. Hruska U. S. MARC. USDA, 1997. 7p.

WOUTERS, A. G. B.; ROMBOUTS, I.; FIERENS, E.; BRIJS, K.; DELCOUR, J. A. Relevance of the Functional Properties of Enzymatic Plant Protein Hydrolysates in Food Systems. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 15, p. 786 – 800, 2016. 10.1111/1541-4337.12209.

XAVIER, H.; XAVIER, M. A produção Brasileira de carne de frango de corte em 2018. **Anuário 2019 da Avicultura Industrial**, n. 11, p. 37-43, 2018.

YU , Z. L.; ZENG, W.C.; ZHANG, W.H.; LIAO, X. P.; SHI, B. Effect of ultrasound on the activity and conformation of α -amylase, papain and pepsin. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 21, p. 930–936, 2014. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ultsonch.2013.11.002>.

ZHANG, Y.; HE, S.; SIMPSON, B.K. Enzymes in Food Bioprocessing — Novel food enzymes, applications, and related techniques. p. 1 – 17, 2017. <https://doi.org/doi:10.1016/j.cofs.2017.12.007>.

ZHANG, Z.; YANG, Y.; TANG, X.; CHEN, Y.; YOU, Y. Chemical forces and water holding capacity study of heat-induced myofibrillar protein gel as affected by high pressure. **Food Chemistry**, p. 111 – 118, 2015. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.04.129>.

ZHAO, G.; ZHOU, M. ZHAO, H.; CHEN, X.; XIE, B.; ZHANG, X.; HE, H.; ZHOU, B.; ZHANG, Y. Tenderization effect of cold-adapted collagenolytic protease MCP-01 on beef meat at low temperature and its mechanism. **Food Chemistry**, v. 134, p. 1738-1744, 2012. 10.1016/j.foodchem.2011.01.046.

ANEXO 1 - TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO (TCLE)

O senhor (a) _____ está sendo convidado (a) a participar da pesquisa intitulada “Extrato de gengibre como ingrediente em hambúrguer de frango: Avaliação das características físico-químicas, tecnológicas e sensoriais”, sob a responsabilidade da Prof^a. Dr^a. Consuelo Domenici Roberto.

JUSTIFICATIVA

A aparência, maciez e suculência de um produto cárneo são atributos sensoriais importantes e que influenciam a aceitação do consumidor. O uso de proteases vegetais como a zingibaína (EC 3.4.22.67), que consiste em uma protease de cisteína extraída do rizoma do gengibre (*Zingiber officinale* Roscoe), é uma alternativa viável e de baixo custo para melhorar qualidade da carne. Estudos demonstram que a aplicação de proteases no processamento de produtos cárneos pode promover hidrólise de proteínas e proporcionar menor perda de água durante o cozimento, contribuindo para a melhoria de propriedades físicas e sensoriais da carne como aparência, maciez, suculência e sabor.

OBJETIVO DA PESQUISA

Esta pesquisa tem como objetivo avaliar as características físico-químicas e sensoriais de produtos cárneos processados a partir de peito de frango marinado com extrato enzimático bruto de gengibre sonicado.

PROCEDIMENTOS

Nesta pesquisa, está prevista a participação de pessoas adultas, consumidoras de hambúrguer de frango que deverão degustar amostras de hambúrguer de frango, cerca de 20 g de cada amostra, processadas com peito de frango marinado com e sem extrato enzimático bruto de gengibre sonicado, toucinho de porco, gelo, cloreto de sódio, tripolifosfato de sódio, ácido eritórbico e condimentos (Alho e cebola em pó). O peito de frango e o toucinho suíno serão obtidos no comércio local de Alegre – ES. Os demais ingredientes serão obtidos de estabelecimentos fornecedores de aditivos alimentares.

Serão degustadas 03 amostras por dia, o que permite estudar as características sensoriais desse produto e a aceitabilidade (se as pessoas gostam ou não) do hambúrguer de frango processado. Nas amostras de hambúrguer de frango oferecidas aos participantes não será empregado o uso de ingredientes alimentícios ou aditivos prejudiciais à saúde. Os participantes provarão apenas pequenas quantidades de hambúrguer de frango. As avaliações das amostras pelos participantes serão supervisionadas pela coordenadora do projeto, contando com o auxílio de estudantes qualificados e treinados para desenvolver o estudo.

DURAÇÃO E LOCAL DA PESQUISA

A coleta de dados será realizada em Alegre-ES no laboratório de Análise Sensorial de Alimentos, Departamento de Engenharia de Alimentos, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias, localizado na Universidade Federal do Espírito Santo e o projeto de pesquisa terá duração de 02 anos. Cada análise sensorial terá duração máxima de 15 minutos.

RISCOS E DESCONFORTOS

Pequenos riscos e, ou desconfortos possíveis poderiam estar relacionados à ingestão (ainda que em quantidades muito pequenas) de hambúrguer processado com peito de frango marinado com extrato enzimático bruto de gengibre sonicado e ao desconforto (constrangimento ou cansaço) causado por perguntas das fichas de avaliação que devem ser preenchidas após degustação. Há possibilidade de desconfortos relacionados à ingestão de hambúrguer processado com peito de frango marinado com extrato enzimático bruto de gengibre sonicado, como má digestão. Entretanto, não se espera haver tais desconfortos, visto que a ingestão dos ingredientes será em pequena quantidade e as matérias primas passarão por tratamentos térmicos previamente. Não deverão participar da análise consumidores que apresentem intolerância a hambúrguer de frango e aos ingredientes da sua formulação.

BENEFÍCIOS

Os benefícios esperados com esta pesquisa incluem o desenvolvimento de um alimento processado com adição de ingredientes naturais, visando um produto mais saudável para o consumidor. A adição de extrato bruto de gengibre sonicado em hambúrguer de frango surge como alternativa para melhoria da textura e de outras características de qualidade desses produtos de forma a torna-los mais atrativo ao consumidor.

ACOMPANHAMENTO E ASSISTÊNCIA

Se você apresentar alguns dos efeitos adversos relacionados diretamente à pesquisa, receberá acompanhamento, assistência e orientação, conforme o caso. A ingestão de peito de frango marinado será suspensa e você poderá ser encaminhado ao médico da Secretaria de Saúde do município de Alegre.

GARANTIA DE RECUSA EM PARTICIPAR DA PESQUISA E/OU RETIRADA DE CONSENTIMENTO

O Sr.(a) não é obrigado(a) a participar da pesquisa, podendo deixar de participar dela em qualquer momento de sua execução, sem que haja penalidades ou prejuízos decorrentes da sua recusa. Caso decida retirar seu consentimento, o(a) Sr.(a) não mais será contatado(a) pelos pesquisadores.

GARANTIA DE MANUTENÇÃO DO SIGILO E PRIVACIDADE

Os pesquisadores se comprometem a resguardar sua identidade durante todas as fases da pesquisa, inclusive após publicação. As informações obtidas nesta pesquisa serão de uso da Universidade Federal do Espírito Santo, garantindo a confidencialidade e privacidade dos participantes.

GARANTIA DE RESSARCIMENTO FINANCEIRO

O ressarcimento financeiro ao participante da pesquisa não se aplica, visto que os consumidores não terão nenhum ônus ou gasto envolvido em sua participação. Os participantes serão abordados no Campus de Alegre, nos prédios de salas de aula e salas administrativas, próximos ao laboratório de análise, no período de expediente da Universidade.

GARANTIA DE INDENIZAÇÃO

Está garantido ao participante da pesquisa o direito de procurar obter indenização por danos eventuais oriundos da pesquisa.

ESCLARECIMENTO DE DÚVIDAS

Em caso de dúvidas sobre a pesquisa, o(a) Sr.(a) pode contatar a pesquisadora Consuelo Domenici Roberto, no telefone (28) 3552 8640 ou endereço Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, Alto

Universitário, s/nº, caixa postal 16, Alegre, ES, 29500-000. Também pode contatar o Comitê de Ética em Pesquisa do Campus de Alegre (CEP/Alegre/UFES) para resolver dúvidas ou relatar algum problema através do telefone (28) 35528771, email: cep.alegre.ufes@gmail.com e, ou endereço: Universidade Federal do Espírito Santo, de Ética em Pesquisa do Campus de Alegre, Universidade Federal do Espírito Santo, Alto Universitário, s/nº, caixa postal 16, Alegre, ES, Brasil. O CEP/Alegre/UFES tem a função de analisar projetos de pesquisa visando à proteção dos participantes dentro de padrões éticos nacionais e internacionais. Seu horário de funcionamento é de segunda a sexta-feira, das 8h às 17h.

Declaro que fui verbalmente informado e esclarecido sobre o presente documento, entendendo todos os termos acima expostos, e que voluntariamente aceito participar deste estudo. Também declaro ter recebido uma via deste Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, de igual teor, assinada pelo(a) pesquisador(a) principal ou seu representante, rubricada em todas as páginas.

Alegre-ES, ____ de _____ de _____.

Participante da pesquisa

Na qualidade de pesquisador responsável pela pesquisa “Hambúrguer processado com peito de frango marinado com extrato enzimático bruto de gengibre sonicado: características físico-químicas, tecnológicas e aceitação sensorial”, eu, Consuelo Domenici Roberto, declaro ter cumprido as exigências dos itens IV.3 e IV.4, da Resolução CNS 466/12, a qual estabelece diretrizes e normas regulamentadoras de pesquisas envolvendo seres humanos.

Assinatura do Responsável:

Consuelo Domenici Roberto
(Coordenadora do Projeto)

Samira da Silva Máximo
(Discente PCTA)

