



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO TECNOLÓGICO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
QUÍMICA**

Andre Henrique Marques Luiz

**EFEITO DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA BÁSICA E
INGREDIENTES NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS
DE MORTADELA DE FRANGO**

Dissertação submetida ao Programa de Pós-graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Santa Catarina para a obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Química.

Orientador: Prof. Dr^a. Mara Gabriela Novy Quadri.

Florianópolis
2015

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática da Biblioteca Universitária da UFSC.

Luiz, Andre Henrique Marques

Efeito da Composição Química Básica e Ingredientes nas Características Físico-Químicas de Mortadela de Frango / Andre Henrique Marques Luiz ; orientadora, Mara Gabriela Novy Quadri – Florianópolis, SC, 2015.

84 p.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química.

Inclui referências

1. Engenharia Química. 2. Peito de frango. 3. Estabilidade da emulsão. 4. Textura. 5. Microestrutura. I. Novy Quadri, Mara Gabriela. II. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Química. Título.

Andre Henrique Marques Luiz

**TÍTULO: EFEITO DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA BÁSICA E
INGREDIENTES NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS
DE MORTADELA DE FRANGO**

Esta Dissertação foi julgada adequada para obtenção do Título de “Mestre em Engenharia Química”, e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-graduação em Engenharia Química da Universidade Federal de Santa Catarina.

Florianópolis, 23 de fevereiro de 2015.

Prof. Ricardo Francisco Machado, Dr.
Coordenador do CPGENQ

Banca Examinadora:

Prof.^a Mara Gabriela Novy Quadri, Dr.^a.
Orientadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Pedro Manique Barreto, Dr.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.^a Cíntia Soares, Dr.^a.
Universidade Federal de Santa Catarina

Prof.^a Débora De Oliveira, Dr.^a.
Universidade Federal de Santa Catarina

Este trabalho é dedicado ao meu
próprio espírito.

AGRADECIMENTOS

À Prof. Dr^a. Mara Gabriela Novy Quadri pela orientação, sabedoria e amizade. Por me ensinar que eu mesmo devo sentir quando uma obra esta pronta. Também, que um trabalho deve ser feito com amor e que todos os ensinamentos recolhidos me preparam para os próximos desafios.

Ao Programa de Pós-Graduação de Engenharia Química pela oportunidade de realização desta pesquisa. Também aos professores que dedicam sua vida à formação de pesquisadores. Também ao Prof. Dr. Marco Di Luccio pela contribuição. Aos colegas de pós-graduação pelo compartilhamento de conhecimentos;

Aos professores Dr. Pedro Luiz Manique Barreto e Dr^a. Alcía De Francisco pela contribuição e auxílio à pesquisa, assim como ao Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal de Santa Catarina;

Ao Centro de Ciências Biológicas, representado pelo LAMEB II, Laboratório de Estudos de Biologia, centralizado em microscopia e técnicas de histologia, bem como seus profissionais (Chirle Ferreira, Demétrio Gomes Alves e Emily Daiana dos Santos) pelo apoio e paciência na realização das análises de microscopia.

À empresa Duas Rodas pela colaboração e compreensão de que um pesquisador necessita estar em evolutivo aperfeiçoamento. Destaco as seguintes pessoas: Monika Conrads (Presidente Conselho de Administração), Leonardo Zipf (Presidente), Antônio Carlos Figueiredo (Diretor de Inovação e Tecnologia), Jayme Moya (Ex-Diretor Inovação e Tecnologia), Mozart da Silva Soccas (Gerente de Inovação e Tecnologia), David Vasel (Supervisor do Centro de Informações Técnicas); Fernanda Floriani Peyeryl, Tatiana Kelbert e Ana Paula Anacleto (Time de Desenvolvimento e Pesquisa de Produtos/Salgados) e demais colegas; Á exemplar equipe de estagiárias e também amigas Caroline Louise Floriani e Emanuelle Iaçana Berté Parisotto que se dedicaram intensivamente à realização desse trabalho.

Aos meus pais, irmãs e avó pelo afeto e por me ensinarem que eu deverei estudar sempre; à minha querida esposa, por me acompanhar, apoiar e compreender a importância da realização desta pesquisa para minha vida. Ao Mestre Raumsol, por estar me ensinando uma nova forma de viver e sentir a minha própria vida. Ao Criador.

“O homem será o que quiser ser, se unir a seu saber e as suas forças o conhecimento da própria herança”.

RAUMSOL, 1957.

RESUMO

A indústria de carnes tem buscado exaustivamente produtos de qualidade, característica relacionada principalmente ao equilíbrio da composição. Com isso, o interesse pelo desenvolvimento de produtos a base de carne de frango tem crescido devido ao seu elevado valor nutricional, disponibilidade, preço, bem como às suas características de emulsificação. Os componentes químicos básicos de formação de emulsão (proteína, gordura e umidade) e ingredientes foram avaliados quanto à qualidade na formulação de mortadela de frango. Neste sentido, este trabalho tem como objetivo avaliar estes componentes sobre as características físico-químicas de mortadela de frango. Os efeitos dos níveis de proteína (12-16%), gordura (19-30%) e umidade (54-65%) sobre as perdas no cozimento, textura e microestrutura de mortadela de frango foram estudados. Foram elaboradas nove formulações utilizando um planejamento de misturas, sendo que as variáveis proteína, gordura e umidade tiveram efeito significativo sobre as perdas no cozimento e perfil de textura das mortadelas de frango ($p < 0,05$). Na região de menor estabilidade foram observados maiores perdas ao cozimento, com valores entre $5,90\% \pm 0,67$ e $9,78\% \pm 0,10$; de acordo com a microscopia, observou-se a formação de maiores glóbulos de gordura. Na região de maior estabilidade, observaram-se perdas reduzidas no cozimento com valores entre $2,50\% \pm 0,29$ e $4,28\% \pm 0,55$ para composições de elevado teor de proteína e menor teor de umidade. A homogeneidade e distribuição dos glóbulos de gordura foram atribuídas a um teor em proteína adequado para emulsionar a quantidade de gordura adicionada, o que resultou em uma maior estabilidade de emulsão. À seleção de uma formulação base (proteína: 12%, gordura: 26,5% e umidade: 61,5%) foram adicionados diferentes ingredientes e seus efeitos avaliados. Parte do teor de proteína de peito e gordura de frango foram substituídos, na formulação, pelos seguintes ingredientes: carne mecanicamente separada de frango (10-40%), proteína concentrada de soja (1-4%), fécula de mandioca (1-4) e tripolifosfato de sódio (0,5g/100g de massa). A adição de carne mecanicamente separada de frango (CMS) teve influência a partir de 10%, sendo que quantidades maiores (até 40%) não alteraram significativamente as perdas no cozimento e o perfil de textura das mortadelas de frango; observou-se elevação do pH. A concentração de proteína concentrada de soja (3 a 4%) se mostrou eficaz na redução das perdas ao cozimento e manutenção da firmeza e mastigabilidade do produto. A fécula de mandioca (FM) em concentrações entre (1 e 4%), reduziram

consideravelmente as perdas no cozimento, alterando levemente o pH e os parâmetros de textura das mortadelas de frango, enquanto que a adição de tripolifosfato de sódio reduziu as perdas no cozimento. Uma proposta de formulação se aproximou comparativamente da referência, mortadela de frango comercial (MFC) marca Seara, principalmente no parâmetro mastigabilidade. Desta forma, constatou-se com este estudo que o entendimento da contribuição dos efeitos de cada constituinte básico, bem como dos principais ingredientes utilizados na fabricação de mortadela de frango são fundamentais para o desenvolvimento de melhores produtos, bem como na resolução de problemas na indústria.

Palavras-chave: peito de frango, estabilidade da emulsão, textura, microestrutura.

ABSTRACT

The meat industry has been extensively seeking quality products, a feature related mainly to the balance of their composition. Therefore, the interest in the development of chicken meat products has grown due to its high nutritional value, availability, price, as well as to its emulsification characteristics. The basic chemical components of emulsion formation (protein, fat and moisture) and ingredients have been analyzed as to the quality in the formulation of chicken sausage. In this sense, this study aims to evaluate such components on the physical and chemical characteristics of chicken mortadella. The effects of protein levels (12-16%), fat (19-30%) and moisture (54-65%) over the losses during cooking, texture and microstructure of chicken mortadella were studied. Nine formulations were created using a plan of mixtures, in which protein, fat and moisture variables had significant effect on the losses during cooking and texture profile of chicken mortadella ($p < 0.05$). In the region of lower stability, higher losses were observed due to cooking, with values varying between $5.90\% \pm 0.67$ and $9.78\% \pm 0.10$; according to microscopy, the formation of bigger fat globules was observed. In the region of greater stability, reduced losses were observed in cooking with values between $2.50\% \pm 0.29$ and $4.28\% \pm 0.55$, for compositions of high protein content and less moisture content. The homogeneity and distribution of fat globules were attributed to a protein content suitable to emulsify the amount of added fat, resulting in greater emulsion stability. To the selection of a base formulation (protein: 12%, fat: 26.5% and moisture: 61.5%) different ingredients were added, and their effects assessed. Part of the protein content of chicken breast and fat were replaced, in the formulation, by the following ingredients: mechanically separated chicken meat (10-40%), soy protein concentrate (1-4%), cassava starch (1-4) and sodium tripolyphosphate (0.5g/100g of mixture). The addition of mechanically separated chicken meat (MSC) had influence above 10%, and larger quantities (up to 40%) did not change significantly the losses in cooking and the texture profile of chicken mortadella; a pH increase was observed. The concentration of soy protein concentrate (3-4%) proved to be effective in reducing losses during cooking and keeping the firmness and chewiness of the product. Cassava starch (CS) in concentrations between 1% and 4% considerably reduced losses during cooking, slightly changing the pH and texture parameters of chicken bologna, while the addition of sodium tripolyphosphate (STPP) reduced losses in baking. An option of formulation has comparatively approached the reference product, Seara

brand commercial chicken mortadella, especially in the chewiness parameter. Thus, this study found that understanding the contribution of the effects of each basic constituent, as well as of the main ingredients used in the production of chicken mortadella, are essential to the development of better products, as well as in the solution of problems within the industry.

Keywords: chicken breast, emulsion stability, texture, microstructure.

LISTA DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1 Representação da estrutura globular da mioglobina. | 24 |
| Figura 2 Composição do tecido muscular esquelético. | 25 |
| Figura 3 Representação esquemática de uma estrutura muscular. | 26 |
| Figura 4 Diagrama esquemático de uma fibra muscular. | 26 |
| Figura 5 Representação esquemática da molécula de miosina. | 27 |
| Figura 6 Representação esquemática da relação força iônica: solubilidade de proteínas miofibrilares musculares. | 30 |
| Figura 7 Micrografias da agregação de miosina durante a gelificação induzida pelo calor em $0,6 \text{ mol}^{-1} \text{ KCL}$, pH 6,0-6,5. | 31 |
| Figura 8 Representação esquemática de uma emulsão cárnea. | 33 |
| Figura 9 Diagrama esquemático dos principais fatores físicos que afetam a estabilidade da massa cárnea. | 35 |
| Figura 10 Representação em fita: estrutura da glicina. | 38 |
| Figura 11 Estrutura da amilose e amilopectina. | 39 |
| Figura 12 Representação esquemática de um cutter. | 42 |
| Figura 13 Representação de uma típica curva de um texturômetro. | 43 |
| Figura 14 Massa emulsionada crua após processamento. | 50 |
| Figura 15 Equipamentos utilizados nos experimentos (a) Cutter; (b) Embutideira; (c) Estufa; (d) Câmara fria. | 51 |
| Figura 16 (a) Caixa modelo para o corte das mortadelas para posterior análise de textura; (b) texturômetro (TA.XT – Plus) analisando o perfil de textura de uma mortadela de frango. | 53 |
| Figura 17 Criostato utilizado para preparação das amostras de mortadela de frango para posterior análise de microscopia. | 54 |
| Figura 18 (a) Microscópio Olympus (modelo Bx41) utilizado para análise de microscopia de fluorescência. (b) lâminas com diferentes formulações de mortadela de frango coradas com corante azul do nilo. | 54 |
| Figura 19 Temperatura medidas no centro do produto em diferentes estágios de processamento das mortadelas de frango. | 56 |
| Figura 20 Gráfico dos efeitos dos teores de proteína, gordura e umidade sobre a perdas no cozimento (%) de mortadelas de frango, $R^2 = 0,906$ | 59 |
| Figura 21 Gráfico das perdas no cozimento (%) em função da razão (Umidade/Proteína), $R^2 = 0,9471$ | 59 |
| Figura 22 Gráfico dos efeitos dos teores de proteína, gordura e umidade sobre a Firmeza (N) de mortadelas de frango. $R^2 = 0,9682$ | 60 |
| Figura 23 Gráfico da Firmeza (N) em função da razão (Umidade/Proteína), $R^2 = 0,9766$ | 60 |
| Figura 24 Gráfico dos efeitos dos teores de proteína, gordura e umidade sobre a Mastigabilidade (N·mm) de mortadelas de frango, $R^2 = 0,9762$ | 61 |
| Figura 25 Gráfico da Mastigabilidade (N·mm) em função da razão (Umidade/Proteína), $R^2 = 0,9762$ | 61 |
| Figura 26 Microscopia de fluorescência das mortadelas de frango. Região de menor estabilidade das emulsões. (1) 12% P; 30% G; 58% U, (3) 12% P; | |

| | |
|--|----|
| 23% G; 65% U, (4) 16% P; 19% G; 65% U, (5) 12% P; 26,5% G; 61,5% U, (8) 14% P; 21% G; 65% U, (9) e (10) 14% P; 25,5% G; 60,5% U. FG-Glóbulos de gordura; AB-Bolhas de ar. Barra: 200 µm..... | 62 |
| Figura 27 Microscopia de fluorescência das mortadelas de frango. <i>Região de maior estabilidade das emulsões</i> . (2) 16% P; 30% G; 54% U, (6) 16% P; 24,5% F; 59,5% M, (7) 14% P; 30% F; 56% M FG-Glóbulos de gordura; AB-Bolhas de ar. Barra: 200 µm. | 63 |
| Figura 28 Gráficos das (a) perdas no cozimento, (b) pH e (c) firmeza e mastigabilidade, em função da variação da carne mecanicamente separada de frango (CMS)..... | 65 |
| Figura 29 Microscopia de fluorescência das mortadelas de frango. Formulações contendo, 0, 10, 20, 30 e 40% de carne mecanicamente separada (CMS), respectivamente. FG-Glóbulos de gordura; AB-Bolhas de ar. Barra: 200µm..... | 66 |
| Figura 30 Gráficos das (a) perdas no cozimento, (b) pH e (c) firmeza e mastigabilidade, em função da variação da proteína concentrada de soja (PCS). | 68 |
| Figura 31 Microscopia de fluorescência das mortadelas de frango. Formulações 5, 15, 16, 17 e 18, contendo, 0, 1, 2, 3 e 4% de proteína concentrada de soja (PCS), respectivamente. FG-Glóbulos de gordura; AB-Bolhas de ar. Barra: 200µm..... | 69 |
| Figura 32 Gráficos das (a) perdas no cozimento, (b) pH e (c) firmeza e mastigabilidade, em função da variação da fécula de mandioca (FM). | 71 |
| Figura 33 Microscopia de fluorescência das mortadelas de frango. Formulações 5, 19, 20, 21 e 22, contendo 0, 1, 2, 3 e 4% de fécula de mandioca (FM), respectivamente. FG-Glóbulos de gordura; AB-Bolhas de ar. Barra: 200µm..... | 72 |
| Figura 34 Microscopia de fluorescência das mortadelas de frango. Formulações 23 e 24 contendo, 1 e 2 g de sal (S) por 100 g de massa, respectivamente, com adição de 0,5 g de tripolifosfato de sódio por 100 g de massa. Formulação 5 sem adição de (STP). FG-Glóbulos de gordura; AB-Bolhas de ar. Barra: 200 µm. | 74 |
| Figura 35 Gráficos de (a) perdas no cozimento, (b) pH e (c) firmeza e mastigabilidade em função da variação de tripolifosfato de sódio (STP). | 75 |
| Figura 36 Gráficos da firmeza e mastigabilidade para comparação das mortadelas de frango 25 e MFC. | 78 |
| Figura 37 Microscopia de fluorescência das mortadelas de frango. Formulações 25 e MFC. FG-Glóbulos de gordura; AB-Bolhas de ar. Barra: 200µm. | 78 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1 Composição química aproximada de alguns cortes de carne (%). | 23 |
| Tabela 2 Grau de saturação dos ácidos graxos componentes dos lipídios do tecido muscular de diversas espécies. | 28 |
| Tabela 3 Características físico-químicas para mortadela de aves | 36 |
| Tabela 4 Relação entre os parâmetros de textura e termos populares. | 43 |
| Tabela 5 Nível e proporção das mortadelas de frango | 46 |
| Tabela 6 Formulações das mortadelas com variações de adição de carne mecanicamente separada de frango (CMS), proteína concentrada de soja (PCS), fécula de mandioca (FM) e tripolifosfato de sódio (STP). | 49 |
| Tabela 7 Valores médios para perdas no cozimento, atividade de água, pH, firmeza, elasticidade, coesividade, mastigabilidade, das mortadelas de frango. | 57 |
| Tabela 8 Valores médios para perdas no cozimento, atividade de água, pH, firmeza, elasticidade, coesividade e mastigabilidade, das mortadelas de frango adicionadas de carne mecanicamente separada (CMS). | 65 |
| Tabela 9 Valores médios para perdas no cozimento, atividade de água, pH, firmeza, elasticidade, coesividade, mastigabilidade, das mortadelas de frango adicionadas de proteína concentrada de soja (PCS). | 68 |
| Tabela 10 Valores médios para perdas no cozimento, atividade de água, pH, firmeza, elasticidade, coesividade, mastigabilidade, das mortadelas de frango adicionadas de fécula de mandioca (FM). | 71 |
| Tabela 11 Valores médios para perdas no cozimento, atividade de água, pH, firmeza, elasticidade, coesividade e mastigabilidade das mortadelas de frango adicionadas de tripolifosfato de sódio (STP). | 75 |
| Tabela 12 Valores médios para perdas no cozimento, atividade de água, pH, firmeza, elasticidade, coesividade, mastigabilidade para comparação das mortadelas de frango 25 e MFC. | 77 |

SUMÁRIO

| | |
|---|-----------|
| ABSTRACT | 13 |
| LISTA DE FIGURAS..... | 15 |
| LISTA DE TABELAS | 17 |
| 1. INTRODUÇÃO | 21 |
| 1.1 OBJETIVOS | 22 |
| 1.1.1 Objetivo Geral | 22 |
| 1.1.2 Objetivos Específicos | 22 |
| 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 23 |
| 2.1 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA CARNE..... | 23 |
| 2.1.1 Proteínas | 24 |
| 2.1.2 Lipídios/Gordura | 27 |
| 2.1.3 Umidade (Água) | 28 |
| 2.2 PROPRIEDADES FUNCIONAIS DAS PROTEÍNAS | 28 |
| 2.2.1 Retenção de água..... | 29 |
| 2.2.2 Gelificação | 30 |
| 2.2.3 Emulsificação..... | 32 |
| 2.3 MORTADELA | 35 |
| 2.3.2 Ingredientes e Aditivos | 37 |
| 2.3.3 Processamento | 41 |
| 2.4 TEXTURA..... | 42 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS..... | 45 |
| 3.1 MATÉRIAS-PRIMAS E INGREDIENTES | 45 |
| 3.2 METODOLOGIA | 45 |
| 3.3 PREPARAÇÃO DAS MORTADELAS | 50 |
| 3.4 AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA | 52 |
| 3.4.1 Perda no cozimento (PC) | 52 |
| 3.4.2 Análise de textura (TPA) | 52 |
| 3.4.3 Atividade de água e pH..... | 53 |
| 3.4.4 Análise microestrutural de gordura | 53 |

| | |
|--|-----------|
| 3.5 AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA | 54 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 55 |
| 4.1 ESTUDO DO EFEITO DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA BÁSICA NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE MORTADELA DE FRANGO | 55 |
| 4.2 AVALIAÇÃO DA ADIÇÃO DE INGREDIENTES À FORMULAÇÃO BÁSICA DE MORTADELA DE FRANGO | 63 |
| 4.2.1 Adição de carne mecanicamente separada de frango (CMS).. | 64 |
| 4.2.2 Adição de proteína concentrada de soja (PCS) | 66 |
| 4.2.3 Adição de fécula de mandioca (FM)..... | 69 |
| 4.2.4 Adição de tripolifosfato de sódio (STP)..... | 72 |
| 4.3 PROPOSTA DE FORMULAÇÃO TEÓRICA-EXPERIMENTAL VERSUS MORTADELA DE FRANGO COMERCIAL (MFC) | 76 |
| 5. CONCLUSÃO | 79 |
| REFERÊNCIAS | 81 |

1. INTRODUÇÃO

A tendência do mercado tem mostrado que o consumo de carne de aves continuará crescendo em todo o mundo devido a fatores como saúde, preço, disponibilidade e desenvolvimento de novos produtos (BARBUT, 2012). A carne de frango tem gerado interesse devido aos elevados valores nutricional e econômico, bem como devido às suas características de emulsificação (ZORBA e KURT, 2006). Com isso, a indústria de carnes tem modificado constantemente as formulações na busca de melhores produtos, sendo a qualidade relacionada principalmente ao equilíbrio da composição (ZORBA, 2006; DOMÉNECH-ASENSI *et al.*, 2013).

A mortadela é um produto consumido em todo o mundo e em muitas regiões do Brasil assume grande importância na dieta (HORITA *et al.*, 2011). É definida pela legislação brasileira como sendo um produto cárneo industrializado obtido de uma emulsão embutida em envoltório específico e submetido ao tratamento térmico adequado. Como características físico-químicas principais permitem-se mínimo de 12% de proteína e máximos de 30% e 65% de gordura e umidade, respectivamente (BRASIL, 2000).

Tipicamente uma emulsão forma tamanhos de gotas entre 0,1-100 µm com incorporação de emulsificante na interface óleo-água. Por se diferenciar de uma emulsão clássica, as emulsões cárneas são consideradas produtos tipo-emulsão. Suas propriedades são regidas principalmente pela temperatura, composição e distribuição do tamanho de gotículas. No entanto, normalmente a emulsificação industrial é controlada empiricamente (MCCLEMENTS, 2005; CALDERON *et al.*, 2007).

Uma massa cárnea é um sistema multifásico formado pela cominuição de carne magra, gordura, sal e outros ingredientes (GORDON e BARBUT, 1997). Em um produto cárneo, a utilização de carnes de diversas espécies apresentam diferentes características e propriedades de emulsão, sendo que a gordura possui influência significativa na capacidade de ligação na emulsão (MORIN *et al.*, 2004; ZORBA e KURT, 2006). No processo de emulsificação, as proteínas miofibrilares, que são os principais agentes emulsificantes da carne, atuam na formação de um filme de proteína interfacial que rodeia os glóbulos de gordura dentro da emulsão cárnea. As propriedades da película de proteína em torno dos glóbulos de gordura, as propriedades de gelificação da matriz proteica e as características físicas da gordura contribuem para a estabilização da gordura; por outro lado, a retenção de

água é influenciada pelo pH e quantidade de proteína solúvel. Estas proteínas são extraídas no processo de cominuição em presença de sal, que favorece sua solubilização por aumentar a força iônica do meio. Durante o tratamento térmico, os glóbulos de gordura e outros elementos são imobilizados pela gelificação da matriz proteica favorecendo o aparecimento de textura, cor e sabor desejáveis ao produto (MANDIGO E ESQUIVEL, 2004). Portanto, a textura dependerá da formação dessa estrutura, a qual é influenciada pela capacidade de ligação de água por parte da proteína, presença de sal, valor do pH, teor de gordura e de outros ingredientes (FLORES *et al.*, 2007).

O supracitado expõe tanto o interesse nutricional e econômico da carne de frango, como a complexidade de processamento e importância da formulação para obtenção de mortadelas de frango de qualidade. Logo, o entendimento da contribuição dos efeitos de cada constituinte básico, bem como dos principais ingredientes utilizados em sua fabricação, são fundamentais para o desenvolvimento de melhores produtos, bem como, na resolução de problemas na indústria.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste estudo foi investigar o efeito da composição química sobre as características físico-químicas de mortadelas de frango.

1.1.2 Objetivos Específicos

- investigar o efeito dos níveis dos componentes básicos, proteína, gordura e umidade sobre a estabilidade da emulsão;
- avaliar o efeito da adição de diferentes ingredientes sobre as características físico-químicas da mortadela de frango;
- obter informações a respeito dos componentes responsáveis pela estabilidade da emulsão na elaboração de mortadela de frango;
- elaborar uma formulação teórica e experimental que seja comparável a uma mortadela de frango comercial.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 COMPOSIÇÃO QUÍMICA DA CARNE

Os tecidos da carne são compostos por cinco constituintes químicos principais: proteína, lipídios (gordura), umidade (água), carboidratos e matéria inorgânica (cinzas e minerais), sendo compostos, em média, por aproximadamente 19% de proteína, 2,5% lipídios, 75% água, 1,5% compostos nitrogenados não proteicos e 1% de matéria inorgânica. Fatores como espécie animal, raça, sexo, tipo de alimentação e o músculo analisado, conforme mostra a Tabela 1, influenciam a composição química da carne (KEETON e EDDY, 2004; ORDÓÑEZ *et al.*, 2005).

Tabela 1 Composição química aproximada de alguns cortes de carne (%).

| Animal | Corte | Proteína | Gordura | Água | Cinzas |
|--------|----------|----------|---------|------|--------|
| SUÍNO | Paleta | 19,5 | 4,7 | 74,9 | 1,1 |
| | Toucinho | 11,2 | 48,2 | 40,0 | 0,6 |
| BOVINO | Coxa | 21,8 | 0,7 | 76,4 | 1,2 |
| | Lombo | 22,0 | 2,2 | 74,6 | 1,2 |
| FRANGO | Músculo | 20,0 | 5,5 | 73,3 | 1,2 |
| | Peito | 23,3 | 1,2 | 74,4 | 1,1 |

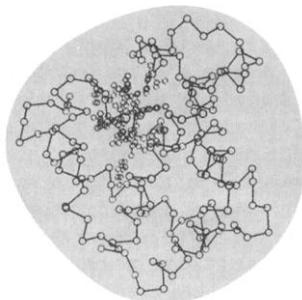
Fonte: Adaptado de ORDÓÑEZ *et al.* (2005).

Mesmo em reduzida quantidade, os carboidratos exercem importante função no fenômeno *post-mortem*. A carne apresenta, principalmente, glicogênio e outros carboidratos em baixas concentrações. Assim, durante o processo de maturação, há transformação do glicogênio em ácido láctico, podendo ser acompanhado com a medição do pH. Também se encontram na carne aminoácidos livres, peptídeos, creatina, creatininafosfato, creatinina, vitaminas, nucleotídeos e nucleosídeos, além de enzimas e substâncias minerais como potássio, fósforo, sódio, magnésio, zinco, ferro e cobre entre outros (ORDÓÑEZ *et al.*, 2005; PARDI *et al.*, 2007).

2.1.1 Proteínas

Por sua função fisiológica, as proteínas são os componentes mais importantes do músculo vivo e na carne constituem a principal fonte de proteína da dieta humana. Quimicamente são moléculas complexas, sendo que suas propriedades e funções dependem do número e posição relativa dos aminoácidos, ligados através de ligações peptídicas. A estrutura primária da proteína é determinada pela sequência de aminoácidos (PRICE e SCHWEIGERT, 1971; PINCUS, 2001; KEETON e EDDY, 2004).

Figura 1 Representação da estrutura globular da mioglobina.

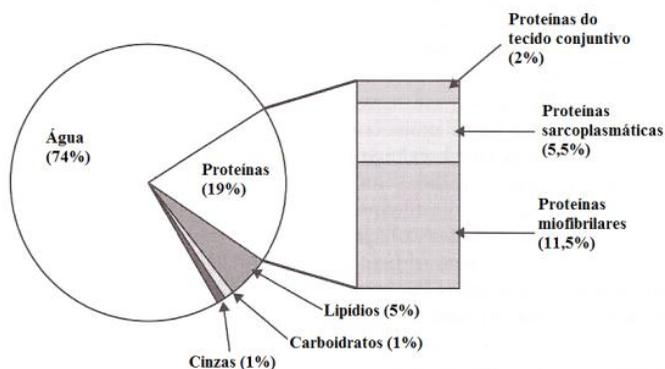


Fonte: Adaptado de TORNBORG (2005).

De forma geral, as principais proteínas são classificadas como sarcoplasmáticas (metabólicas), proteínas do tecido conjuntivo (sustentação) e miofibrilares (contrácteis). As proteínas sarcoplasmáticas, ou solúveis em água, são encontradas no sarcoplasma, fluido que circunda as miofibrilas, composto predominantemente por enzimas oxidativas. A coloração dos tecidos musculares depende da concentração de mioglobina (Mb, 16 kDa) e do estado de oxidação do átomo de ferro: Fe^{2+} , mioglobina- H_2O (vermelho púrpura); Fe^{2+} , oximioglobina- O_2 (vermelho brilhante); Fe^{3+} , metamioglobina- H_2O (marrom). Os músculos do peito de frango e bovinos apresentam concentração de mioglobina entre 1 mg/g e 10 mg/g de músculo, respectivamente. A Figura 1 mostra a representação da estrutura globular da mioglobina. As proteínas do tecido conjuntivo consistem em uma solução viscosa de glicoproteínas solúveis com fibras extracelulares de colágeno e elastina incorporadas na matriz de glicoproteína. Já as proteínas miofibrilares, ou solúveis em solução salina, são responsáveis

por cerca de 60% das proteínas totais do músculo (Figura 2). Aproximadamente 22% do material proteico miofibrilar está constituído por actina (42 kDa) e 43% por miosina (520 kDa; 2 subunidades de 220 kDa, 4 de 20 kDa) ou 65% do montante total das proteínas miofibrilares. Os pontos isoeléctricos da actina e miosina são 4,7 e 5,4, respectivamente. Durante o rigor mortis, actina e miosina combinam-se formando a actomiosina, sendo que o músculo se torna rígido e perde elasticidade. Também são classificadas como proteínas miofibrilares a tropomiosinas (68 kDa), apresentando entre 80-100% de alfa hélice, troponinas, entre outras. As proteínas miofibrilares são as mais importantes para o processo de emulsificação, influenciando a capacidade de retenção de água, ligação intermolecular na gelificação e estabilidade mecânica da emulsão (PRICE e SCHWEIGERT, 1971; HONIKEL, 2004; KEETON e EDDY, 2004; ORDÓÑEZ et al., 2005; PARDI et al., 2007).

Figura 2 Composição do tecido muscular esquelético.

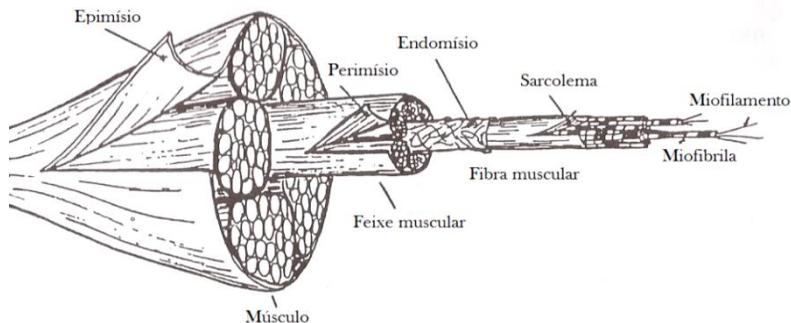


Fonte: Adaptado de KEETON e EDDY (2004).

A unidade estrutural do músculo é a fibra muscular. O músculo estriado esquelético é composto por fibras, células multinucleadas, que formam feixes envolvidos por uma membrana conjuntiva chamada epimísio. Este envolve pequenos feixes de fibras chamado perimísio, de onde partem septos que revestem cada fibra chamados endomísio. A fibra muscular está localizada dentro do sarcolema, membrana abaixo do endomísio. As Figuras 3 e 4 mostram detalhes estruturais da músculo e da fibra muscular. As miofibrilas são estruturas cilíndricas compridas e

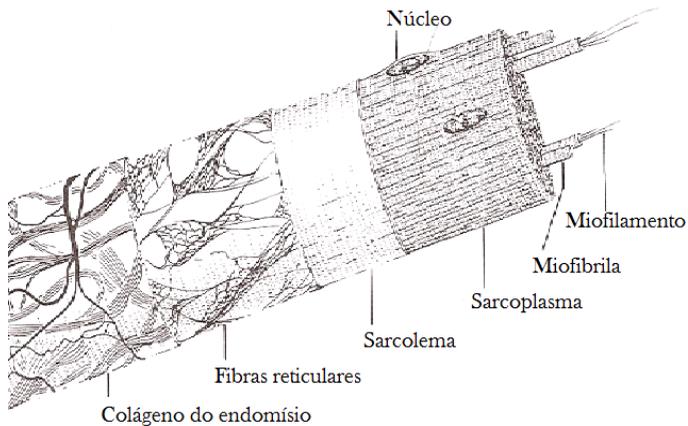
delgadas, com diâmetro entre 1 a 2 μm e estão dentro do sarcoplasma, sendo os núcleos distribuídos periféricamente. As mitocôndrias, responsáveis pela produção de energia para célula, estão entre as miofibrilas nos polos nucleares (PRICE e SCHWEIGERT, 1971; PARDI et al., 2007).

Figura 3 Representação esquemática de uma estrutura muscular.



Fonte: Adaptado de PARDI et al. (2007).

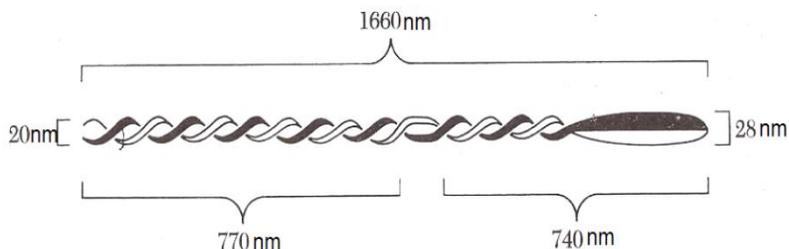
Figura 4 Diagrama esquemático de uma fibra muscular.



Fonte: Adaptado de PRICE e SCHWEIGERT (1971).

A miosina contém cerca de 200-400 moléculas em cada um de seus filamentos grossos em uma formação complexa, com deslocamento entre moléculas de 70-75nm, sendo que o extremo de cada molécula que apresenta cabeça globular está dirigido ao outro extremo ou outro filamento, deixando o centro desta região menos denso. Sua molécula contém entre 60-70% de hélice alfa. As duas subunidades de maior peso molecular estão enroladas, provavelmente, como uma corda de fios formando uma barra de 900-1200nm de comprimento que acaba com uma porção globular. As subunidades com menores pesos moleculares parecem estar localizadas na cabeça globular da molécula, mostrado na Figura 5. Os músculos normais de espécies de vertebrados (atum, frango, coelho) apresentam moléculas de miosina com características enzimáticas e composição de aminoácidos semelhantes. A miosina é facilmente solúvel a forças iônicas superiores a 0,3, sendo sensível ao calor (PRICE e SCHWEIGERT, 1971; PARDI et al., 2007).

Figura 5 Representação esquemática da molécula de miosina.



Fonte: Adaptado de PRICE e SCHWEIGERT (1971).

2.1.2 Lipídios/Gordura

É o componente mais variável da carne tanto quantitativo como qualitativamente. As gorduras são compostas fundamentalmente de ésteres formados por glicerol e ácidos carboxílicos. Os ácidos graxos saturados e monoinsaturados são os majoritários nos triglicerídeos e variam principalmente de acordo com a espécie e dieta. A gordura de aves é mais insaturada se comparada a de suínos, bovinos e ovinos, conforme Tabela 2 (PRICE e SCHWEIGERT, 1971; KEETON e EDDY, 2004; ORDÓÑEZ et al., 2005). Além da contribuição na palatabilidade, a gordura também contribui para a estabilidade estrutural de produtos emulsionados (HEDRICK et al., 1994).

Tabela 2 Grau de saturação dos ácidos graxos componentes dos lipídios do tecido muscular de diversas espécies.

| Espécie | % Saturados | % Monoenóicos | % Poli-enóicos |
|----------------|--------------------|----------------------|-----------------------|
| Bovino | 40-71 | 41-53 | 0-6 |
| Suíno | 39-49 | 43-70 | 3-18 |
| Carneiro | 46-64 | 36-47 | 3-5 |
| Aves | 28-33 | 39-51 | 14-23 |

Fonte: Adaptado de ORDÓÑEZ et al. (2005).

2.1.3 Umidade (Água)

No tecido muscular *post-mortem*, a água é o principal componente, compreendendo 75-80% da massa das células. A água influi significativamente na qualidade da carne, afetando principalmente a rugosidade e brandura, além de alterações que ocorrem na carne durante a refrigeração, armazenamento e processamento. A água está presente principalmente, no tecido muscular magro e muitas das propriedades físicas dependem da capacidade de retenção de água, relacionada ao seu pH final. O ambiente iônico e o grau de contração das proteínas miofibrilares são os principais fatores que afetam a retenção e a perda de umidade dos tecidos musculares (KEETON e EDDY, 2004; ORDÓÑEZ et al., 2005).

2.2 PROPRIEDADES FUNCIONAIS DAS PROTEÍNAS

As propriedades funcionais das proteínas incluem formação de textura e propriedades relacionadas como: retenção de água, solubilidade/extração, gelificação, emulsificação e adesão/ligação. As proteínas sarcoplasmáticas apresentam grande atividade superficial e capacidade de formação de espuma. As proteínas do tecido conjuntivo, basicamente as moléculas de colágeno, exercem notável capacidade de ligação de água e podem participar da formação de textura de produtos emulsionados. Já as proteínas miofibrilares apresentam várias funcionalidades: gelificação, emulsificação, ligação de água e adesão. No entanto, variações dos atributos de qualidade entre os alimentos musculares são causados, principalmente, pela utilização de diferentes ingredientes e condição de processamento. A composição de aminoácidos, o arranjo espacial da estrutura da proteína, as

características de solubilidade, a concentração de proteínas extraídas na fase aquosa e a hidrofobicidade são alguns dos fatores intrínsecos importantes que podem influenciar a funcionalidade das proteínas. Por outro lado, fatores extrínsecos como pH, temperatura, taxa de cozimento, grau de cominuição, oxidação e a presença de outros componentes, bem como outros fatores de processamento podem influenciar significativamente na funcionalidade das proteínas (XIONG, 2004).

A funcionalidade das proteínas no processo de emulsificação, gelificação e ligação de água são determinadas por interações moleculares: pontes de dissulfeto, ligações de hidrogênio, atrações eletrostáticas e interações hidrofóbicas. As pontes de dissulfeto são importantes, por exemplo, para o desenvolvimento de uma textura aceitável, influenciando a elasticidade, coesividade e dureza do produto. Já as interações hidrofóbicas são essenciais para a formação de uma estrutura de gelificação coesa e flexível, além de serem cruciais para a formação e estabilização do filme interfacial de proteína na matriz proteica. As ligações de hidrogênio e atrações eletrostáticas parecem participar na ligação dos glóbulos de gordura pelo filme de proteína interfacial (MANDIGO e ESQUIVEL, 2004).

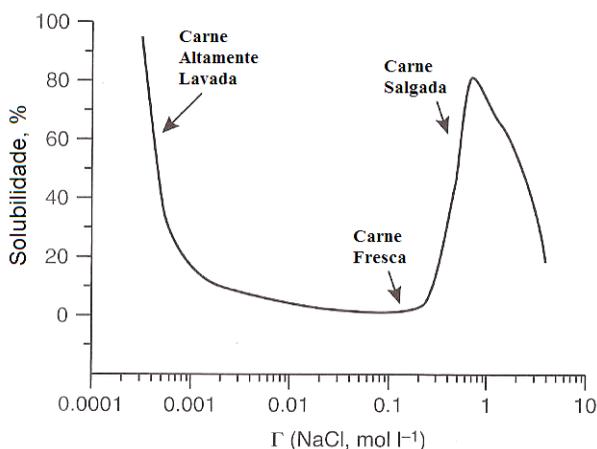
Proteínas são compostos de particular interesse devido à sua natureza anfifílica e capacidade de formação de película. Enquanto moléculas com menor peso molecular difundem-se rapidamente para a interface, as proteínas, devido à sua natureza mais volumosa e maior peso molecular, difundem-se mais lentamente sendo que, uma vez na interface, podem desenvolver fortes filmes viscoelásticos favorecendo a estabilização da emulsão. (MCCLEMENTS, 2005; LAM e NICKERSON, 2013).

2.2.1 Retenção de água

As proteínas desempenham um papel crucial na imobilização de água em carnes e produtos cárneos contribuindo para a suculência e maciez da carne cozida. Do ponto de vista físico-químico pode estar em estado livre ou de forma ligada, ou seja, fortemente associada com as proteínas através de ligações de hidrogênio. Em produtos cominuídos, uma grande porção de água também é mantida aprisionada na matriz de gel formada pelas proteínas miofibrilares. A utilização de sais (NaCl ou KCl) e fosfatos aumentam os espaços interfilamentares e expandem as miofibrilas, melhorando a retenção de água da carne e produtos cárneos. Diferentes fosfatos podem ser usados isoladamente ou em combinações

em um nível não superior a 0,5% do peso de produto final. Este processo resulta no enfraquecimento da estrutura miofibrilar permitindo, assim, que moléculas de água se difundam mais facilmente para os espaços interfilamentares, aumentando o grau de hidratação. Um inchamento das fibras musculares significativo é alcançado quando a concentração de NaCl é aumentada para aproximadamente 0,6 mol/L, ou 0,4 mol/L, na presença de fosfato. O grau de hidratação continua até 1,0 mol/L (aproximadamente 4%) incorporado, quando a fibra começará a diminuir (Figura 6) (XIONG, 2004).

Figura 6 Representação esquemática da relação força iônica: solubilidade de proteínas miofibrilares musculares.



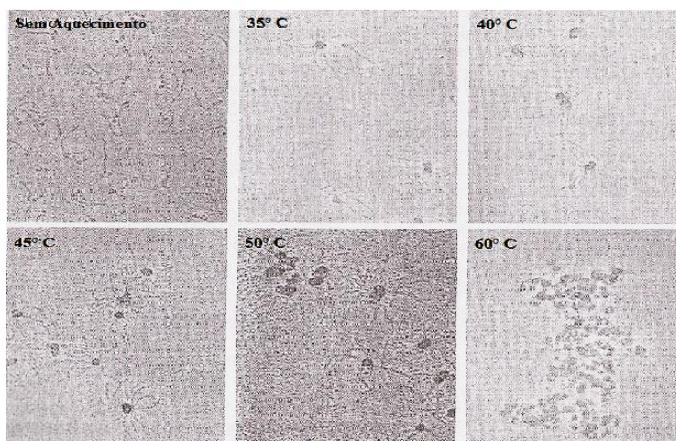
Fonte: Adaptado de XIONG (2004).

2.2.2 Gelificação

No processamento de carnes, a capacidade de formar gel é uma das características mais importantes. É resultado do desdobramento e subsequente associação das moléculas de proteínas solúveis para formar agregados e filamentos. Quando a agregação atinge certo nível crítico, um gel com estrutura tridimensional é criado e consiste em peptídeos reticulados com uma grande quantidade de água aprisionada. Os géis formados atuam na estabilização dos glóbulos de gordura emulsionados e aprisionamento de outros ingredientes. O mecanismo, em condições de processamento (0,5-0,6 mol/L NaCl, pH 6,0-6,5), tem sido muito pesquisado. Como mostra a Figura 7, a miosina extraída é utilizada

como um modelo de proteína, sendo que as alterações sequenciais foram induzidas pelo calor. Em 35°C ocorre um desdobraimento da cabeça da miosina com formação de dímeros e oligômeros através da interação cabeça-cabeça. Com o aumento de temperatura para 40°C, uma massa globular é formada. Aos 45°C, oligômeros coexistem com os agregados formados pela coalescência de dois ou mais oligômeros. Entre 50 e 60°C, estes oligômeros agregam-se mais, aparentemente envolvendo uma reticulação cauda-cauda, para formar partículas que compõem os filamentos das redes de gel. Sendo que a agregação ordenada das proteínas solúveis é contínua, as condições de processamento e formulações devem ser cuidadosamente controladas. A força do gel de proteína miofibrilar aumenta exponencialmente com a concentração. Nesse sentido, um processo de aquecimento lento é desejável para permitir uma desnaturação progressiva, favorecendo uma associação ordenada proteína-proteína. As propriedades dos géis formados por proteínas miofibrilares são dependentes do tipo de fibra. As proteínas de fibras brancas apresentam uma maior tendência para gelificar por aquecimento se comparada com as proteínas de fibras vermelhas. Essa diferença é atribuída a questões estruturais e solubilidade de diferentes isômeros de proteínas, especialmente a miosina, e pode ser explicada pela formação de filamentos mais alongados pela miosina de fibras brancas se comparado às fibras vermelhas (XIONG, 2004).

Figura 7 Micrografias da agregação de miosina durante a gelificação induzida pelo calor em $0,6 \text{ mol}^{-1} \text{ KCL}$, pH 6,0-6,5.



Fonte: Adaptado de XIONG (2004).

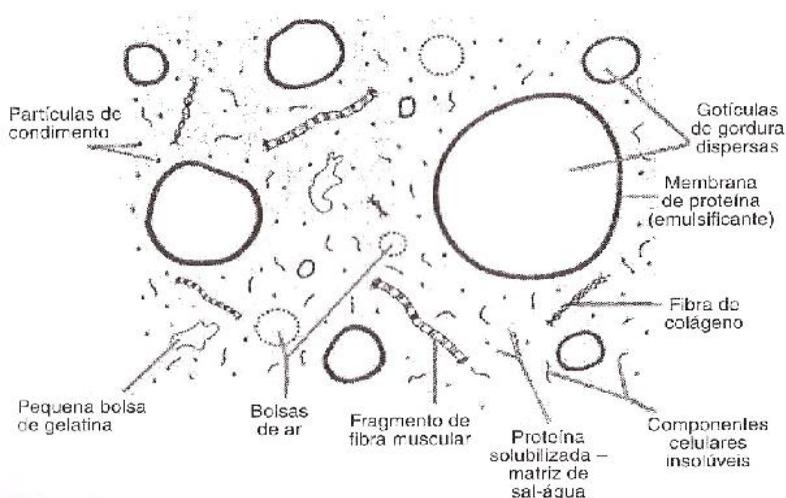
2.2.3 Emulsificação

Tipicamente uma emulsão é formada por duas fases líquidas imiscíveis onde a emulsificação consiste na dispersão de um fluido em outro através da criação de uma interface. As propriedades das emulsões são regidas principalmente pela temperatura, composição e distribuição do tamanho de gotículas. No entanto, normalmente a emulsificação industrial é controlada empiricamente (MCCLEMENTS, 2005; CALDERON et al., 2007).

Em uma emulsão cárnea, os glóbulos de gordura são dispersos e estabilizados em uma matriz aquosa que é constituída por proteínas miofibrilares solúveis em sal, segmentos de fibras musculares e vários outros ingredientes, representada pela Figura 8. Por se diferenciar de uma emulsão clássica, são considerados produtos tipo-emulsão e normalmente são referidos como “meat batter” que pode ser traduzido como uma massa de carne, por representar um sistema multifásico. Durante o processo de cominuição, há uma orientação estrutural na interface água-gordura que é favorável termodinamicamente pela diminuição da energia livre total do sistema. Com a redução das partículas e extração das proteínas musculares, a formação de uma membrana flexível e viscoelástica em torno dos glóbulos de gordura é essencial à estabilidade da emulsão. Durante a emulsificação, a miosina e actomiosina são preferencialmente adsorvidas na interface água-gordura. Num tal sistema, as proteínas estão presentes em três fases distintas: a matriz de proteína, a fase aquosa e a película interfacial da proteína e os tipos e quantidades de proteínas presentes em cada fase influencia nas propriedades texturais e da estabilidade dos produtos cozidos. A capacidade emulsificante superior da miosina é atribuída a sua estrutura apresentar distribuição desigual de aminoácidos polares e apolares em diferentes segmentos de sua molécula, uma prevalência de resíduos hidrofóbicos na região da cabeça e preponderância de grupos hidrofílicos na parte da cauda, além de apresentar uma alta razão entre comprimento e diâmetro de aproximadamente (40:1), estrutura favorável a interação proteína-proteína e flexibilidade molecular na interface. Outro mecanismo de estabilização de emulsões cárneas é o aprisionamento físico de partículas de gordura na matriz de proteína, formada em grande parte pela interação proteína-proteína. Desta forma, verifica-se que a formação de uma emulsão cárnea se dá por uma combinação de uma película de emulsionante eficaz em torno dos glóbulos de gordura e o aprisionamento físico e ligação dada pela rede

ordenada de proteínas (MANDIGO e ESQUIVEL, 2004; XIONG, 2004).

Figura 8 Representação esquemática de uma emulsão cárnea.



Fonte: LEMOS *et al.* (2011).

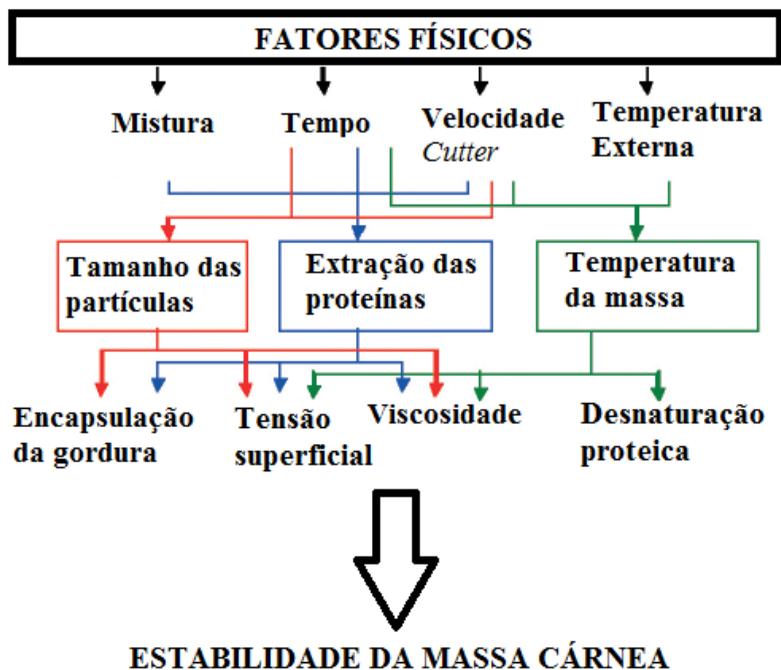
A formação e propriedade do filme interfacial de proteína desempenha um papel importante na estabilização da gordura. O gel de proteína formado também apresenta elevada capacidade de ligação de água e propriedades elásticas. A interação proteína-proteína é importante para formação da rede de proteína solúvel e a hidrofobicidade da proteína e forças iônicas elevadas colaboram na formação do filme interfacial que encapsula os glóbulos de gordura. A quantidade de agente emulsificante adequado e menores tamanhos de partículas de gordura favorecem a estabilidade da emulsão. Curtos tempos no *cutter* resultam em revestimentos espessos de proteína em torno dos glóbulos de gordura. Já uma melhor distribuição de gordura e proteína ao longo da interface é favorável à estabilidade. Como no tratamento térmico há uma expansão da gordura, se o filme de proteína formado for muito fino, há uma diminuição da resistência mecânica do sistema, o que pode levar a uma instabilidade. Inversamente, quantidades excessivas de proteína na fase contínua podem diminuir a flexibilidade do produto, pois favorecem a redução de interações

proteína-proteína e gelificação adequada durante o cozimento. Quantidades suficientes de proteína e gordura parecem desempenharem um papel importante na estabilidade da emulsão. Já produtos com gordura reduzida exigem aumento de ingredientes não cárneos para melhorar a funcionalidade, especialmente para a ligação da água adicional. Em resumo, a estabilidade da emulsão está relacionada com a espessura da película de proteína interfacial, teor de gordura e integridade e a densidade do meio circundante e da sua resposta ao tratamento térmico. O tipo e características da gordura também interferem na estabilidade da emulsão. Considerando comprimento de cadeias semelhantes, gorduras saturadas são mais facilmente emulsionadas, o que pode estar relacionado com seu ponto de fusão, grau de dispersão e absorção da gordura pelo filme interfacial de proteína na interface gordura-água. A viscosidade da massa cárnea diminui quando a temperatura está acima do ponto de fusão da gordura, onde a menor densidade das partículas de gordura favorece o deslocamento à superfície. A matriz de proteína diante das transições térmicas passa por diversas fases de transição. Entre 40-50°C inicia o processo de desnaturação e gelificação da miosina. Aproximadamente a 60°C, já com certa estabilidade no sistema, o colágeno se funde. A estrutura é reforçada entre 72 e 83°C, quando a actina é desnaturada. Já a gordura dentro do sistema inicia seu processo de fusão antes que a gelificação da matriz proteica esteja finalizada. Desta forma, a presença de emulsificante suficiente é, portanto, essencial à estabilização da gordura. Ambos, filme interfacial e a estrutura da matriz proteica devem apresentar estabilidade e coesão, de modo que a expansão da gordura liquefeita não coalesça formando bolsas. Neste caso pode acontecer o que se conhece como quebra da emulsão, como resultado da instabilidade do sistema, que pode ser quantificada pela liberação de gordura e/ou água a partir da matriz durante o cozimento. No entanto, dificilmente haverá sinais visíveis antes do cozimento indicando problemas no produto final. Com a medição da condutividade elétrica da massa crua pode-se ter uma noção da estabilidade da emulsão (MANDIGO e ESQUIVEL, 2004).

A emulsão é estabilizada após o cozimento quando glóbulos de gordura e outros componentes são imobilizados pela gelificação da matriz proteica e as propriedades características do produto final são alcançadas. A estabilidade da emulsão pode ser medida pela quantificação da perda de gordura e umidade a partir da massa crua durante o cozimento, devido à formação de canais através da matriz permitindo a migração desse fluido para a superfície do produto. Fatores

físicos como mistura, tempo de mistura, velocidade do *cutter*, temperatura externa influenciam a estabilidade da emulsão cárnea, conforme mostra a Figura 9 (IGNÁCIO, 2011).

Figura 9 Diagrama esquemático dos principais fatores físicos que afetam a estabilidade da massa cárnea.



Fonte: Adaptado de IGNÁCIO (2011).

2.3 MORTADELA

A mortadela é um produto consumido em todo o mundo e em muitas regiões do Brasil, assume grande importância na dieta (HORITA et al., 2011). É definida pela legislação brasileira como sendo um produto cárneo industrializado obtido de uma emulsão embutida em envoltório específico e submetido ao tratamento térmico adequado. Como características físico-químicas principais permitem-se mínimo de 12% de proteína e máximos de 30% e 65% de gordura e umidade, respectivamente (BRASIL, 2000).

2.3.1 Aspectos Legais

Segundo o regulamento técnico de identidade e qualidade brasileiro, define-se mortadela como um produto cárneo industrializado, produzido de uma emulsão de carnes de animais de açougue, acrescido ou não de toucinho, adicionado de ingredientes, embutido em envoltório natural ou artificial, em diferentes formas e submetido a tratamento térmico adequado. Sua classificação é feita de acordo com a composição da matéria-prima e das técnicas de fabricação. Especificamente, a mortadela de carne de ave poderá conter em sua composição: carne de ave, carne mecanicamente separada (máx. 40%), gordura e até 5% de miúdos comestíveis (fígado, moela e coração). Como ingredientes obrigatórios em uma mortadela de frango se deve utilizar carne de frango e sal. Já como ingredientes opcionais, pode-se utilizar água, gordura animal e/ou vegetal, proteína vegetal (máx. 4%) e/ou animal, aditivos intencionais, agentes de liga, açúcares, aromas, especiarias e condimentos, além de vegetais (amêndoas, pistache, frutas, azeitonas, etc) e queijos. Os requisitos sensoriais como textura, cor, sabor, odor são característicos. Já os requisitos físico-químicos, são mostrados na Tabela 3. Para os aditivos e coadjuvantes de tecnologia, contaminantes, higiene, pesos e medidas, rotulagem, métodos de análises físico-químicas e amostragem, aplica-se regulamento vigente e critérios estabelecidos neste documento (BRASIL, 2000).

Tabela 3 Características físico-químicas para mortadela de aves

| Característica | |
|-----------------------------|-----------|
| Carboidratos totais | máx. 10% |
| Amido | máx. 5% |
| Umidade | máx. 65% |
| Gordura | máx. 30% |
| Proteína | mín. 12% |
| Teor de Cálcio Base Seca | máx. 0,6% |

Fonte: Adaptado de BRASIL (2000).

2.3.2 Ingredientes e Aditivos

Carne mecanicamente separada

A carne mecanicamente separada é obtida por processo mecânico de moagem e separação de ossos de animais de açougue, destinada à elaboração de produtos cárneos específicos. Apresenta boa capacidade de emulsificação, estabilidade de emulsão e capacidade de retenção de água. Pode ser utilizada em proporções variáveis de acordo com a legislação vigente (BRASIL, 2000; JIMÉNEZ COLMENERO, 2004).

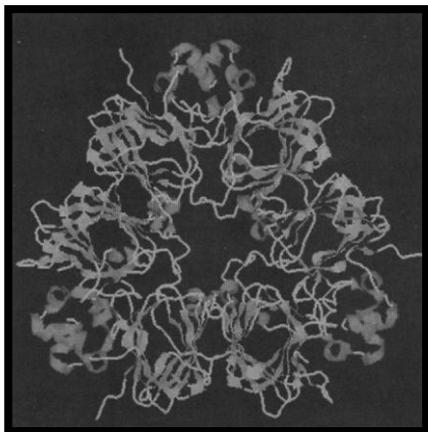
Proteína de soja

A proteína de soja pode ser utilizada como ingrediente em mortadela para fins de economia, composição (nutrição) e funcionalidade, auxiliando na formação e estabilização da emulsão. Sua incorporação influencia o processamento e as propriedades físico-químicas dos produtos emulsionados. Nesse sentido, a soja é uma das proteínas mais utilizadas em produtos cárneos. Concentrados e isolados proteicos possuem boa habilidade de ligação de água e gordura e propriedades de emulsão. A cadeia de polímero de proteína de soja contém ambos os grupos lipófilos e hidrófilos, promovendo a formação de emulsões estáveis de óleo em água. Sua ação também está relacionada com a interação proteína-água, que aumenta a viscosidade da massa criando uma matriz de gel durante o aquecimento. Ela pode se associar com diversos tipos de compostos, aderindo às partículas sólidas e agindo como um agente de suspensão em solução. Em condições normais de transformação (65-73°C; pH 5,5-6,0; força iônica 0,1-0,6) nenhuma das principais globulinas de soja apresentam quaisquer alteração estrutural significativa com as proteínas musculares. Em elevadas concentrações pode atuar como um diluente, enfraquecendo a capacidade de formação do gel de proteínas da carne, afetando negativamente a textura do produto final, além de conferir sabores residuais, dependendo do tipo de derivado utilizado (JIMÉNEZ COLMENERO, 2004).

A proteína de soja apresenta cadeias polipeptídicas associadas em uma estrutura tridimensional por ligações dissulfeto e hidrogênio com peso molecular entre 300-600 kDa. Elas podem ser divididas em albuminas que são solúveis em água e globulinas, solúveis em solução salina, representando a maioria do total de proteínas. Baseado em coeficientes de sedimentação, a proteína de soja contém quatro

principais componentes: 2, 7, 11 e 15. Em geral, a proteína de soja contém entre 30-50% de 11S, referindo-se a glicinina (200-400 kDa), (Figura 10) e 20-30% de 7S, conglucina (100-200kDa), apresentando estruturas secundárias semelhantes (SUN, 2005; NISHINARI *et al.*, 2014).

Figura 10 Representação em fita: estrutura da glicinina.



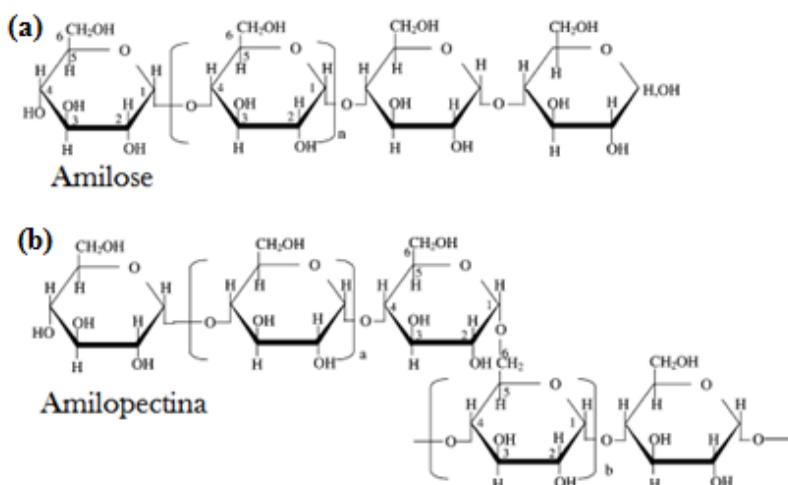
Fonte: SUN (2005).

Amido – Estrutura nativa

O amido é um ingrediente com grande capacidade de ligação de água, sendo sua fonte determinada, principalmente, pela cultura predominante de cada região. Cada grânulo é organizado no padrão de “anel” de cadeias de glicose: polímeros de amilose e amilopectina. A amilose (100-1000 kDa), é um polímero linear de baixo peso molecular (Figura 11a). A amilopectina, é um polímero ramificado de alto peso molecular que varia entre (10000-1000000 kDa), conforme mostrado na Figura 11b.. Durante o cozimento a água é fortemente ligada à base do amido e também há um enorme impacto sobre a textura do produto. Pela menor quantidade de amilose o amido de mandioca apresenta um gel suave e é utilizado principalmente em sistemas extremamente brandos. Sua temperatura de gelatinização está compreendida entre (62 e 73°C). Não há interação entre o amido e a proteína da carne e o critério mais importante para a escolha do amido é a sua temperatura de gelatinização, que deve corresponder com as temperaturas atingidas

durante o processo térmico. Em produtos cárneos emulsionados, tais como a mortadela, amidos são úteis quando as carnes apresentam qualidade inferior ou quando altos níveis de água são usados. Amidos nativos apresentam a desvantagem de apresentarem instabilidade durante o armazenamento do produto. Em geral, utiliza-se uma dosagem típica de 2-3% sobre o produto final, mas concentrações maiores são comuns se tratando de amidos nativos (TESTER *et al.*, 2004; JOLY e ANDERSTEIN, 2009).

Figura 11 Estrutura da amilose e amilopectina.



Fonte: Adaptado de TESTER *et al.* (2004).

Sal

O sal (cloreto de sódio) é amplamente reconhecido como um ingrediente multifuncional em produtos cárneos e é utilizado principalmente para conferir sabor com a inibição microbiana, extensão da vida útil e solubilização das proteínas miofibrilares. A definição da concentração de sal no produto final é baseada nas preferências do cliente, mas valores entre 1,5 e 2,5% são comuns em produtos cárneos processados. A inibição microbiana e a maior vida útil são alcançadas devido à redução da atividade de água. O aumento da retenção de água pela estrutura das proteínas na presença do íon cloreto afeta o rendimento no cozimento, a suculência e a maciez do produto

consumido. Ele é muito mais importante que o íon sódio no aumento da ligação de água pelas proteínas da carne, além de acelerar a formação de cor em produtos curados, aumentando a taxa de reação de nitrito a óxido nítrico. A atividade de água é significativamente reduzida com a adição de sal, favorecendo a inibição microbiana e a maior vida útil. Já o íon sódio é responsável pelo sabor característico e por intensificar sabores (PEARSON e GILLET, 1996; MILLS, 2004; SEBRANEK, 2009)

Fosfatos

Os fosfatos usados no processamento de produtos cárneos são geralmente polifosfatos alcalinos e o tripolifosfato de sódio é um polímero linear muito utilizado industrialmente. Sua ação aumenta o pH do meio, aumentando a tendência de ligação de água. Também atuam como quelantes de íons metálicos que favorecem a oxidação lipídica, além de aumentar a estabilidade das emulsões e contribuir para as características organolépticas dos produtos (MILLS, 2004; LEMOS et al., 2011).

Eritorbato

O eritorbato (sódio ou potássio) é um agente de redução utilizado em produtos curados para facilitar a redução do nitrito em óxido nítrico para a estabilização da mioglobina. A concentração de nitrito residual elevado deve ser reduzida para evitar a formação de nitrosaminas, que são compostos de caráter cancerígeno formado por reações de decomposição (PEARSON e GILLET, 1996; MILLS, 2004).

Especiarias

As especiarias são substâncias aromáticas derivadas de plantas vegetativas ou ervas que não são processadas além da secagem, limpeza, classificação e moagem. Os óleos essenciais são protegidos nas estruturas celulares e seu conteúdo dá-lhes uma vida útil mais longa. As principais especiarias utilizadas em emulsões cárneas são cebola, alho, noz-moscada, pimentas-do-reino branca e preta, páprica, canela em pó e o macis. O alho (*Allium sativum L.*) pertence à família das Liliaceas sendo comumente usado na forma desidratada ou em pó com odor penetrante e com sabor extremamente pungente. A cebola (*Allium cepa*) também pertence à família das liliáceas é normalmente utilizada em

conjunto ao alho, formando o conhecido sabor caseiro (PEARSON e GILLETT, 1996; PARDI et al., 2007).

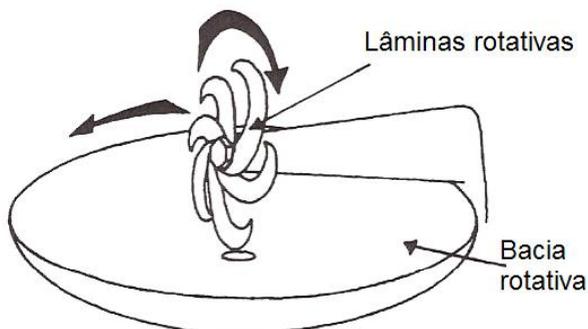
Nitrito

O nitrito é um aditivo essencial na carne curada e pode ser fornecido na forma de nitrito de sódio (NaNO_2) ou nitrito de potássio (KNO_2). É altamente reativo e funciona como um oxidante, redutor ou agente de nitrosação. É utilizado principalmente para o desenvolvimento de cor e sabor típico de carne curada, como antioxidante, na prevenção de sabor requeimado e bacteriostático, atuando em sinergismo com o sal prevenindo contra o botulismo (OCKERMAN e BASU, 2004; SEBRANEK, 2009).

2.3.3 Processamento

O processamento de mortadelas segue uma sequência contínua de eventos e cada passo é importante para uma operação de sucesso. A moagem transforma pedaços de carne de tamanho e forma variável e com diferentes teores de gordura em cilindros uniformes. A rosca de alimentação transporta a carne pressionando-a em orifícios da placa do moedor, onde a lâmina rotativa corta-a auxiliando na passagem da carne pelos furos do disco do moedor. Em continuação, pode-se utilizar um misturador para favorecer a distribuição uniforme de carne magra e gordura. Passando para o cutter (Figura 12), que é constituído por um recipiente rotativo que contém a massa de carne, enquanto lâminas de facas rotativas sobre um eixo de corte realiza sua cominuição. Recomenda-se que a temperatura final da massa não ultrapasse 15°C . Em muitos casos, se utiliza um emulsificador, sendo que esta máquina combina princípios de moagem e corte. Posteriormente é realizado o embutimento, com a extrusão da massa de carne emulsionada em envoltórios específicos com obtivo de modelar o produto. Após, amarra-se a tripa embutida com fio ou grampos metálicos. No cozimento térmico, geralmente realizado em estufas onde nesse processo se obtém a coagulação das proteínas com posterior aparecimento de textura do produto ($65 - 70^\circ\text{C}$). O tempo de cozimento deve ser suficiente para que o produto chegue a 72°C no seu interior, isto é, para a realização da pasteurização do produto. Depois, realiza-se o resfriamento rápido do produto em duchas ou banhos de água fria (0 a 4°C), seguido de armazenamento refrigerado (PEARSON e GILLETT, 1996; KNIFE, 2004; ORDÓÑEZ et al., 2005).

Figura 12 Representação esquemática de um cutter.



Fonte: PEARSON e GILLET (1996).

2.4 TEXTURA

A textura influencia na aceitação global dos alimentos e a carne é classificada em um grupo crítico onde a qualidade da textura é a característica dominante. As propriedades de textura são consideradas características físicas dependentes da estrutura do alimento, sendo detectadas pela sensação do toque (deformação, desintegração, fluxo do alimento sob uma força) e podem ser medidas objetivamente com funções de massa, tempo e distância (BOURNE, 2002a).

O princípio da análise de perfil de textura (TPA) baseia-se na colocação de uma amostra de tamanho e formato padrão onde é comprimido e descomprimido duas vezes por um cilindro. A Figura 13 representa uma curva típica de perfil de textura gerada pelo texturômetro. Desta forma, foi definido que: dureza é a altura do pico de força sobre o primeiro ciclo de compressão (1ª mordida). Fraturabilidade é à força de ruptura significativa na curva na primeira mordida; Coesividade é a relação entre as áreas de força positiva entre a primeira e segunda compressão ($A2/A1$). Adesividade é a área da força negativa da primeira mordida ($A3$) que representa o trabalho necessário para puxar o êmbolo comprimido. Elasticidade é definida como a distância em que o alimento recuperou seu auge durante o tempo que decorreu entre o final da primeira mordida e o final da segunda. Gomosidade representa o produto entre a dureza e coesividade. Mastigabilidade é o produto entre dureza, coesividade e elasticidade. A Tabela 4 traz a relação entre alguns parâmetros de textura e os termos populares

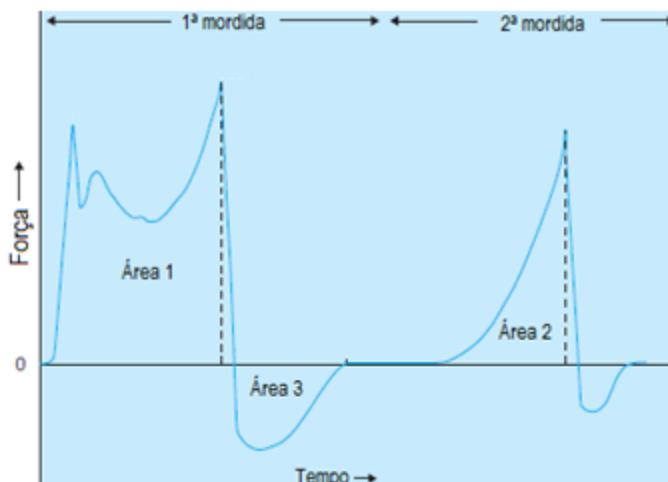
utilizados pelas pessoas para descrever aspectos relacionados à textura de produtos alimentícios (BOURNE, 2002b).

Tabela 4 Relação entre os parâmetros de textura e termos populares.

| Características Mecânicas | | |
|----------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Parâmetro Primário | Parâmetro Secundário | Termos Populares |
| Dureza | | Macio/Firme/Duro |
| Coesividade | Fragilidade | Frágil/Crocante/Quebradiço |
| | Mastigabilidade | Macio/Mastigável/Resistente |
| Elasticidade | | Plástico/Elástico |

Fonte: Adaptado de BOURNE (2002a).

Figura 13 Representação de uma típica curva de um texturômetro.



Fonte: Adaptado de BOURNE (2002b).

A maioria dos produtos cárneos são cozidos antes do consumo. Alterações físicas e bioquímicas ocorrem durante o processo de cozimento e essas mudanças afetam a qualidade microbiológica e características sensoriais. Determina-se a textura sensorial pela sensação na boca percebida durante a mastigação, onde a estrutura é fragmentada

e embebida em saliva até estar em estado adequado para engolir. Podem-se dividir os atributos em três grupos: atributos relativos ao processo de quebra (dureza, etc); atributos relacionados à estrutura durante a mastigação (fibrosidade, elasticidade, etc) e atributos relacionados com o fim da mastigação (tempo de mastigação, etc) (BEJERHOLM e AASLYNG, 2004).

3. MATERIAL E MÉTODOS

Neste capítulo são descritos os componentes utilizados neste trabalho e a metodologia usada para atingir os objetivos propostos. No item metodologia são apresentados o modo de elaboração do produto e o método utilizado. Neste último, usou-se: (a) planejamento experimental de misturas, o qual foi aplicado aos componentes básicos, à proteína de peito e à gordura de frango objetivando obter a composição de emulsão de maior estabilidade; (b) adição de ingredientes substitutivos a parte dos componentes básicos visando avaliar seus efeitos, como ocorre na indústria.

3.1 MATÉRIAS-PRIMAS E INGREDIENTES

As massas cárneas foram elaboradas com peito de frango (PF) resfriado marca Nobre, gordura de frango (GF), marca Duas Rodas, sal (S), marca Diana, carne mecanicamente separada de frango (CMS), marca Copacol, proteína concentrada de soja (PCS), marca Solae, tripolifosfato de sódio (STP), marca ICL Brasil e fécula de mandioca (FM), marca Mundo Novo, além dos sais e as especiarias alho e cebola desidratados em pó fornecidos pela empresa Duas Rodas Ltda.

3.2 METODOLOGIA

O trabalho realizado foi dividido em duas partes. Uma referente ao estudo da composição básica nas características físico-químicas de mortadela de frango e outra que avalia o efeito de diferentes ingredientes sobre estas mesmas características.

3.2.1 Estudo do efeito da composição química básica nas características físico-químicas de mortadela de frango

O planejamento experimental de misturas é mostrado na Tabela 5. Nesta etapa investigou-se o efeito dos teores de proteína (P), gordura (G) e umidade (U) sobre a estabilidade da emulsão, textura e microestrutura de mortadelas de frango.

Tabela 5 Nível e proporção das mortadelas de frango

| Mistura | x ₁ | x ₂ | x ₃ | U/P | PF (%) | GF (%) | A (%) |
|---------|----------------|----------------|----------------|-------|-----------|-----------|----------|
| 1 | 0,120 | 0,300 | 0,580 | 4,833 | 51,5 | 29,6 | 18,9 |
| 2 | 0,160 | 0,300 | 0,540 | 3,375 | 68,7 | 29,4 | 1,9 |
| 3 | 0,120 | 0,230 | 0,650 | 5,417 | 51,5 | 22,5 | 26,0 |
| 4 | 0,160 | 0,190 | 0,650 | 4,063 | 68,7 | 18,3 | 13,0 |
| 5 | 0,120 | 0,265 | 0,615 | 5,125 | 51,5 | 26,1 | 22,4 |
| 6 | 0,160 | 0,245 | 0,595 | 3,719 | 68,7 | 23,8 | 7,5 |
| 7 | 0,140 | 0,300 | 0,560 | 4,000 | 60,1 | 29,5 | 10,4 |
| 8 | 0,140 | 0,210 | 0,650 | 4,643 | 60,1 | 20,4 | 19,5 |
| 9 | 0,140 | 0,255 | 0,605 | 4,321 | 60,1 | 24,9 | 15,0 |
| 10 | 0,140 | 0,255 | 0,605 | 4,833 | 60,1 | 24,9 | 15,0 |

x₁= proteína (P); x₂= gordura (G); x₃= umidade (U); peito de frango (PF); gordura de frango (GF); água (A). Outros ingredientes complementares foram adicionados semelhantemente em todas as formulações.

Para o cálculo das quantidades de proteína, gordura e umidade de cada formulação foram feitas as análises da composição química do peito e da gordura de frango em duplicata (AOAC, 2000). Para o peito de frango (PF), os resultados, em g·100·g⁻¹, foram 23,19±0,64 de proteína, 1,34±0,17 de gordura, 74,59±1,05 de umidade e 0,72g±0,14 de cinzas; para a gordura de frango (GF): 0,22±0,08 de proteína, 99,02±0,31 de gordura e 0,16g±0,07 de umidade. A partir desses resultados calcularam-se as formulações das mortadelas de frango, conforme planejamento experimental de mistura apresentado na Tabela 5, cuja soma das proporções é dada por x₁ + x₂ + x₃ = 1 (Cornell, 2002). Também, utilizou-se água (A), em forma de gelo, para completar a composição das fórmulas e resfriar a massa durante o processamento. As restrições dos teores mínimos e máximos para cada variável foram definidas respeitando os limites impostos pela legislação brasileira, para as quais foram estabelecidos: 12,0 a 16,0% para proteína (P), 19,0 a 30,0% para gordura (G) e 54,0 a 65,0% para a umidade (U). Para cada 100 g de formulação foram adicionados 2 g de cloreto de sódio, 0,045 g de isoascorbato de sódio, 0,015 g de nitrito de sódio, 0,01 g de alho em pó e 0,03 g de cebola em pó.

3.2.2 Avaliação da adição de diferentes ingredientes sobre a formulação básica de mortadela de frango

Parte do teor de proteína de peito e gordura de frango foram substituídos, na formulação, pelos seguintes ingredientes: carne mecanicamente separada de frango (CMS), proteína concentrada de soja (PCS) e fécula de mandioca (FM). Também se avaliou a adição do estabilizante tripolifosfato de sódio (STP), conforme delineamento experimental apresentado na Tabela 6. Abaixo seguem as principais características das formulações:

- adição de carne mecanicamente separada de frango (CMS): 10, 20, 30 e 40 %, correspondendo às formulações 11, 12, 13 e 14;
- adição de proteína concentrada de soja (PCS): 1, 2, 3 e 4%, formulações 15, 16, 17 e 18;
- adição de fécula de mandioca (FM): 1, 2, 3 e 4%, formulações 19, 20, 21 e 22;
- adição de tripolifosfato de sódio (STP): 0,5% com a redução do sal (S) de 2 para 1g/100g de massa e 0,5% com 2g de sal/100g de massa, correspondendo às formulações 23 e 24, respectivamente.
- como referência foi utilizada mortadela de frango, marca Seara, contendo os seguintes ingredientes em sua formulação: carne mecanicamente separada de ave, carne mecanicamente recuperada de frango, carne de frango, água, fécula de mandioca, proteína vegetal de soja, sal, açúcar, especiarias (alho, pimenta branca e extrato de alecrim), estabilizante: tripolifosfato de sódio, acidulantes: ácido láctico, e ácido cítrico, espessantes: carragena e goma xantana, antioxidantes: eritorbato de sódio e ácido ascórbico, conservadores nitrito de sódio e nitrato de sódio e aromas naturais de alho, cebola e páprica. Não contém glúten. Informação nutricional (100 g): Valor energético: 104 kcal; Carboidratos: 5g; Proteínas: 14g; Gorduras totais: 20g; Sódio: 1500mg. Estimou-se que essa mortadela de frango comercial possua aproximadamente 60% de umidade e mais que 2% de sal adicionado.

A formulação 5 foi selecionada como composição base (proteína: 12%, gordura: 26,5% e umidade: 61,5%) para o estudo. Levou-se em conta a composição nutricional e quantidade adicionada de cada ingrediente para a manutenção aproximada da composição escolhida, exceto para o estudo da fécula de mandioca (FM), onde a gordura de frango é substituída na proporção 1:1, conforme formulações 19, 20, 21 e 22. Desta forma, fixou-se a composição aproximada das formulações delineadas e avaliou-se os efeitos da adição destes ingredientes sobre a estabilidade, textura e microestrutura de mortadelas de frango.

Para o cálculo das quantidades de proteína (P), gordura (G) e umidade (U) de cada formulação, conforme delineamento experimental apresentado na Tabela 6, foram feitas as análises da composição química dos ingredientes utilizados, em $\text{g} \cdot 100 \cdot \text{g}^{-1}$ seguem os resultados: carne mecanicamente separada (CMS): $12,54 \pm 0,47$ de proteína, $17,10 \pm 0,65$ de gordura, $69,86 \pm 1,55$ de umidade e $1,08 \text{g} \pm 0,39$ de cinzas; para proteína concentrada de soja (PCS) foram $70,36 \pm 1,45$ de proteína, $3,43 \pm 0,35$ de gordura, $5,70 \pm 0,74$ de umidade; para a fécula de mandioca foram $7,45 \pm 0,68$ de umidade; para o tripolifosfato de sódio foram $57,34 \pm 1,23$ de fosfatos, expresso em P_2O_5 .

Tabela 6 Formulações das mortadelas com variações de adição de carne mecanicamente separada de frango (CMS), proteína concentrada de soja (PCS), fécula de mandioca (FM) e tripolifosfato de sódio (STP).

| Formulação | P (%) | G (%) | U (%) | FM (%) | Total (%) | PF (%) | CMS (%) | PCS (%) | GF (%) | A (%) |
|------------|-------|-------|-------|--------|-----------|--------|---------|---------|--------|-------|
| 5 | 12,0 | 26,5 | 61,5 | 0,0 | 100,0 | 51,50 | 0,00 | 0,00 | 26,10 | 22,40 |
| 11 | 12,0 | 26,5 | 61,5 | 0,0 | 100,0 | 46,70 | 10,00 | 0,00 | 23,90 | 19,40 |
| 12 | 12,0 | 26,5 | 61,5 | 0,0 | 100,0 | 41,30 | 20,00 | 0,00 | 22,30 | 16,40 |
| 13 | 12,0 | 26,5 | 61,5 | 0,0 | 100,0 | 35,90 | 30,00 | 0,00 | 20,70 | 13,40 |
| 14 | 12,0 | 26,5 | 61,5 | 0,0 | 100,0 | 30,40 | 40,00 | 0,00 | 19,10 | 10,50 |
| 15 | 12,0 | 26,5 | 61,5 | 0,0 | 100,0 | 48,75 | 0,00 | 1,00 | 25,85 | 24,40 |
| 16 | 12,0 | 26,5 | 61,5 | 0,0 | 100,0 | 45,70 | 0,00 | 2,00 | 25,90 | 26,40 |
| 17 | 12,0 | 26,5 | 61,5 | 0,0 | 100,0 | 42,70 | 0,00 | 3,00 | 25,95 | 28,35 |
| 18 | 12,0 | 26,5 | 61,5 | 0,0 | 100,0 | 39,70 | 0,00 | 4,00 | 26,00 | 30,30 |
| 19 | 12,0 | 25,5 | 61,5 | 1,0 | 100,0 | 51,50 | 0,00 | 0,00 | 25,10 | 22,40 |
| 20 | 12,0 | 24,5 | 61,5 | 2,0 | 100,0 | 51,50 | 0,00 | 0,00 | 24,10 | 22,40 |
| 21 | 12,0 | 23,5 | 61,5 | 3,0 | 100,0 | 51,50 | 0,00 | 0,00 | 23,10 | 22,40 |
| 22 | 12,0 | 22,5 | 61,5 | 4,0 | 100,0 | 51,50 | 0,00 | 0,00 | 22,10 | 22,40 |
| 23 | 12,0 | 26,5 | 61,5 | 0,0 | 100,0 | 51,50 | 0,00 | 0,00 | 26,10 | 22,40 |
| 24 | 12,0 | 26,5 | 61,5 | 0,0 | 100,0 | 51,50 | 0,00 | 0,00 | 26,10 | 22,40 |
| 25 | 12,0 | 24,5 | 61,5 | 2,0 | 100,0 | 21,80 | 40,00 | 3,00 | 17,30 | 15,90 |
| MFC* | 14,0 | 20,0 | - | - | - | - | - | - | - | - |

Para cada 100 g de formulação, foram adicionados 2 g de sal (S), exceto para formulação 23, que recebeu 1 g de Sal (S). Formulações 23, 24 e 25, foi adicionado, além dos componentes relatados na metodologia e que foram mantidos constantes para todas as formulações, 0,5 g de tripolifosfato de sódio (STP) para cada 100 g de massa. *MFC refere-se à mortadela de frango comercial, marca Seara.

3.3 PREPARAÇÃO DAS MORTADELAS

As emulsões de carne de frango, exemplo mostrado na Figura 14, foram processadas em cutter (Robot Coupe, R5 - Plus, França) – Figura 15(a). Para a realização do planejamento de mistura, parte 1, Tabela 5, iniciou-se o processo cominuindo o peito de frango parcialmente congelado por 30 segundos a 1500 rpm. Em seguida foram adicionados os sais e especiarias, aumentando a rotação para 3000 rpm, batendo a massa por mais 30 segundos. Posteriormente, adicionou-se o gelo, mantendo-se a mesma velocidade de rotação por mais 60 segundos. Finalmente, adicionou-se a gordura de frango, totalizando-se um tempo aproximado de processo de 4 minutos. Para as outras formulações, parte 2, Tabela 6, seguiu-se semelhante processo, com as seguintes características: a carne mecanicamente separada de frango (CMS) foi adicionada juntamente com a carne de peito de frango. Já o tripolifosfato de sódio foi adicionado juntamente com os outros sais. A proteína concentrada de soja (PCS) e a fécula de mandioca (FM) foram adicionados aproximadamente aos 3 minutos de processo, após iniciada a emulsificação da gordura e da proteína de frango. A temperatura final do processo de emulsificação, ao término da cominuição da massa crua, foi monitorada não ultrapassando 16°C. Ao final desta etapa do processo, retirou-se cerca de 200 g de massa cárnea crua para a realização dos testes de perdas no cozimento.

Figura 14 Massa emulsionada crua após processamento.



Em seguida, o restante da massa cárnea, aproximadamente 2 kg, foi embutida, produzindo cerca de 8 mortadelas com comprimento

médio de 20 cm e embaladas em envoltório sintético de polietileno com calibre equivalente de 40 mm em embutidora da marca (Maschinenfabrik D. Nahrungsmittelmashinen, modelo D-72175, Alemanha), conforme mostrado na Figura 15(b). O cozimento foi efetuado em estufa da marca (Eller, modelo I-39022, Itália), mostrado na Figura 15(c), programada para três estágios de tempo e temperatura (30 minutos a 60°C, 30 minutos a 70°C e 20 minutos a 80°C, respectivamente). Após esta etapa, as mortadelas foram transferidas para um banho de gelo onde permaneceram imersas por 30 minutos, seguidas de armazenamento em câmara fria (Ethik Technology, modelo 412 TD - Brasil) a $4,0^{\circ}\text{C}\pm 0,5$, (Figura 15(d)). As temperaturas foram monitoradas durante o processamento das mortadelas com um termômetro (Minipa, China).

Figura 15 Equipamentos utilizados nos experimentos (a) Cutter; (b) Embutideira; (c) Estufa; (d) Câmara fria.



3.4 AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA

3.4.1 Perda no cozimento (PC)

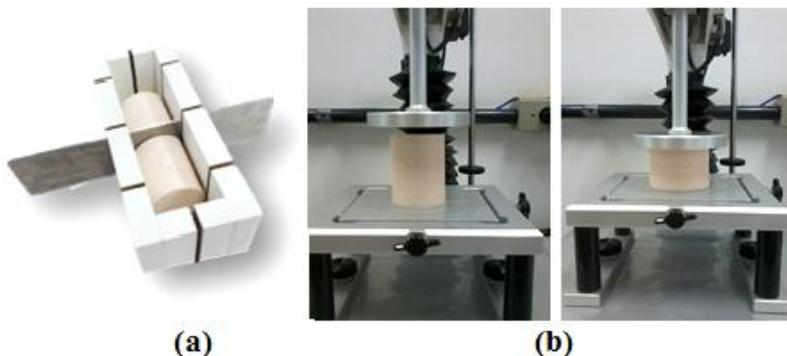
A análise de perda no cozimento (PC) baseou-se na metodologia proposta por (BARRETO, 2007). Foram pesados aproximadamente 50 gramas de massa emulsionada crua em balança analítica (Mettler Toledo PB303-S, Suíça) e acondicionadas em sacos plásticos de polietileno selados (Selovac, modelo Mini Jumbo, Brasil). Posteriormente foram imersos em um tanque encamisado (Pemem, Brazil) a 70°C por 1 hora e resfriados a temperatura ambiente, atingindo uma temperatura interna aproximada de 25°C. A massa final foi pesada e calculada a porcentagem de perda total sobre a massa inicial, conforme a Equação 1. A análise foi realizada em triplicata.

$$PC (\%) = \left(1 - \frac{\text{massa final}}{\text{massa inicial}}\right) \times 100 \quad (1)$$

3.4.2 Análise de textura (TPA)

A análise de perfil de textura (TPA) simula as condições que o material é submetido ao processo de mastigação e possibilita determinar as modificações das propriedades texturais (HERRERO *et al.*, 2008). Os principais parâmetros determinados foram: firmeza (N) que representa a força máxima necessária para comprimir a amostra; elasticidade (mm) que é a capacidade de a amostra recuperar a sua forma original após a deformação quando a força é removida; coesividade que é a extensão em que a amostra poderia ser deformada antes da ruptura; mastigabilidade (N.mm) que representa o trabalho necessário para mastigar a amostra para engolir (HORITA *et al.*, 2011). As avaliações instrumentais de textura das mortadelas de frango foram feitas em texturômetro (TA.XT – Plus, EUA), conforme mostrado na Figura 16. As amostras foram padronizadas na forma de cilindros com 40 mm de diâmetro e 50 mm de altura e analisadas em triplicata. Para a avaliação do perfil de textura, as amostras de mortadelas de frango foram comprimidas a 40% de sua altura original, com velocidade de pré-teste e pós-teste de 2,0 mm/s, velocidade de teste de 1,0 mm/s e uma distância de 20 mm. O probe P-75 foi utilizado para avaliar os parâmetros de dureza, elasticidade, coesividade e mastigabilidade. Todas as análises foram realizadas com as amostras a temperatura próximas a 20°C.

Figura 16 (a) Caixa modelo para o corte das mortadelas para posterior análise de textura; (b) texturômetro (TA.XT – Plus) analisando o perfil de textura de uma mortadela de frango.



3.4.3 Atividade de água e pH

As determinações de atividade de água, a_w , e pH para as mortadelas de frango foram realizadas com auxílio de um medidor de atividade de água (AquaLab, EUA) e com um pHmetro (Hannah, EUA) com sonda de penetração, respectivamente. As análises foram efetuadas em triplicata.

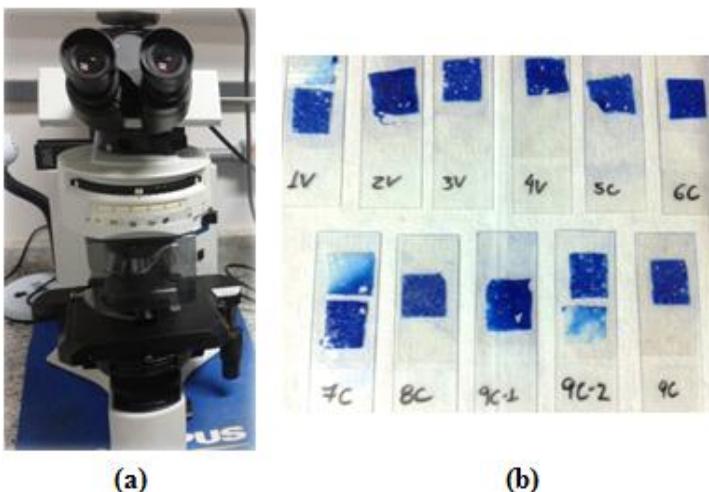
3.4.4 Análise microestrutural de gordura

A estrutura das mortadelas foi analisada por microscopia de fluorescência. As amostras refrigeradas foram fixadas em uma base metálica através de um meio de inclusão para amostras em congelamento (Tissue - T) - composto por 10,24% de álcool polivinílico, 4,26% de polietilenoglicol e 85,5% w/w de ingredientes não reativos - e acondicionadas em criostato (Leica Microsystems – CM 1850 UV, Alemanha), à temperatura de -22°C indicado na Figura 17. Após 15 minutos, quando se observou que as amostras estavam rígidas, as mesmas foram cortadas nas dimensões $20 \times 20 \times 0,05$ mm. As amostras foram tratadas com corante Azul do Nilo (0,01% em água) conforme mostrado na Figura 18(b) e visualizado em microscópio de epifluorescência (Olympus – Modelo Bx41, Japão), Figura 18(a) com filtro verde (U-MWB2) sob excitação de 460 a 490 nm e emissão de 520 nm. As imagens foram obtidas com câmera digital colorida (Q-imaging) e capturadas pelo programa Q-capture Pro 5.1 da (Q-imaging).

Figura 17 Criostato utilizado para preparação das amostras de mortadela de frango para posterior análise de microscopia.



Figura 18 (a) Microscópio Olympus (modelo Bx41) utilizado para análise de microscopia de fluorescência. (b) lâminas com diferentes formulações de mortadela de frango coradas com corante azul do nilo.



3.5 AVALIAÇÃO ESTATÍSTICA

Os resultados obtidos foram tratados estatisticamente pela análise de variância (ANOVA) e pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância utilizando o software Statistica[®]. Foi utilizado um delineamento experimental de mistura com restrições de três componentes.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

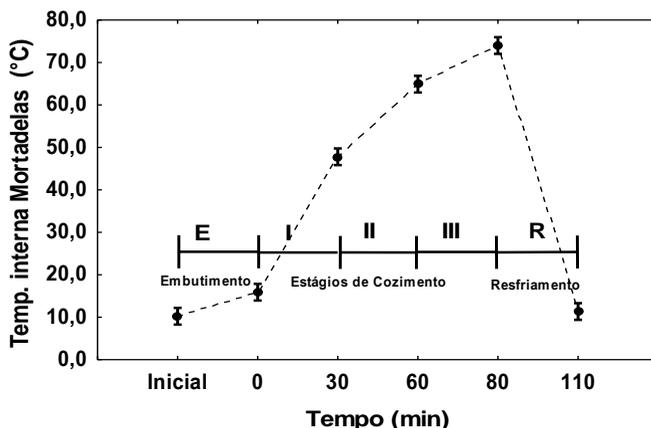
4.1 ESTUDO DO EFEITO DA COMPOSIÇÃO QUÍMICA BÁSICA NAS CARACTERÍSTICAS FÍSICO-QUÍMICAS DE MORTADELA DE FRANGO

As formulações utilizadas na preparação das mortadelas de frango, com composições entre 12 e 16% de proteína, 19 e 30% de gordura e 54 a 65% de umidade, conforme Tabela 5, mostram que os níveis de proteína, gordura e umidade tiveram efeito significativo sobre as perdas no cozimento e perfil de textura das mortadelas de frango (Tabela 7).

As temperaturas, monitoradas durante o processamento, mostram comportamentos semelhantes, conforme indicado na Figura 19. Em média a temperatura da massa ao final do processo de emulsificação foi de $10,23 \pm 5,51^\circ\text{C}$. Essas condições de processamento estão de acordo com aquelas indicadas por PEARSON e GILLET (1996) cujo valor se situa abaixo de 15°C como ideal para processos de emulsificação de produtos finamente cominuídos, pois estas condições evitam a coalescência da gordura.

A etapa de cozimento em estufa mostrou, ao final do primeiro estágio, temperatura no centro das mortadelas de $47,80 \pm 2,25^\circ\text{C}$. Segundo a literatura (Pearson e Gillett, 1996) o processo de desnaturação e gelificação da miosina se iniciam aproximadamente a 40°C , o que contribui para a formação da matriz proteica. Ao final do segundo e terceiro estágios, temperaturas no centro das mortadelas de $64,90 \pm 1,52^\circ\text{C}$ e $74,0 \pm 1,82^\circ\text{C}$, respectivamente, foram medidas. Segundo os mesmos autores, temperaturas entre 65 e 70°C promovem a coagulação das proteínas com aparecimento de textura. Observa-se que 72°C é a temperatura interna indicada para a pasteurização do produto e final do cozimento.

Figura 19 Temperatura medidas no centro do produto em diferentes estágios de processamento das mortadelas de frango.



Fonte: o autor.

Durante o processo de cominuição em cutter das massas cruas de frango observou-se a formação de emulsões homogêneas de coloração clara, próxima à coloração da carne de frango cozida. De forma geral, as composições com razões umidade/proteína mais baixas mostraram massas de frango com viscosidades observadas visualmente mais altas devido a uma maior concentração proteica.

Neste ambiente termodinamicamente instável, o processo de estabilização da emulsão se inicia com a formação de um filme emulsificante ao redor das partículas de gordura. Neste caso observa-se que há realinhamento das proteínas que posicionam a sua região hidrofóbica com a fase oleosa e hidrofílica com a fase aquosa (LAM e NICKERSON, 2013).

Nos testes de perdas no cozimento foram quantificadas as massas totais de líquido provenientes da desestabilização da emulsão para cada formulação. Observou-se visualmente as características destes líquidos: transparência e ausência de partículas em suspensão e gordura aparente.

Os parâmetros de textura, coesividade e elasticidade relacionam-se com as forças envolvidas nas ligações internas das mortadelas. No entanto, os resultados para estes experimentos foram muito próximos, e considerando o erro experimental, não foi possível observar tendência clara com relação à influência das variáveis estudadas. Também, os resultados referentes à influência de a_w e pH não diferiram significativamente (Tabela 7).

Tabela 7 Valores médios para perdas no cozimento, atividade de água, pH, firmeza, elasticidade, coesividade e mastigabilidade, das mortadelas de frango.

| F* | Perdas no cozimento (%) | a _w | pH | Firmeza (N) | Elasticidade (mm) | Coesividade | Mastigabilidade (N·mm) |
|----|--------------------------|----------------------------|--------------------------|------------------------------|-----------------------------|--------------------------------|-----------------------------|
| 1 | 9,19 ± 0,70 ^a | 0,977 ± 0,005 ^a | 6,02 ± 0,05 ^a | 71,843 ± 2,391 ^f | 0,859 ± 0,016 ^b | 0,674 ± 0,020 ^{ghdef} | 41,592 ± 2,718 ^f |
| 2 | 2,50 ± 0,29 ^d | 0,981 ± 0,006 ^a | 6,04 ± 0,02 ^a | 153,322 ± 3,755 ^a | 0,855 ± 0,004 ^b | 0,659 ± 0,004 ^{hdef} | 86,367 ± 2,594 ^a |
| 3 | 9,78 ± 0,10 ^a | 0,972 ± 0,002 ^a | 5,95 ± 0,01 ^a | 54,698 ± 2,309 ^b | 0,885 ± 0,003 ^{ab} | 0,711 ± 0,007 ^{abcd} | 34,406 ± 1,331 ^g |
| 4 | 5,90 ± 0,67 ^c | 0,980 ± 0,004 ^a | 6,00 ± 0,08 ^a | 107,940 ± 2,963 ^c | 0,893 ± 0,007 ^a | 0,694 ± 0,010 ^{ghdef} | 66,907 ± 2,256 ^c |
| 5 | 9,60 ± 0,34 ^a | 0,977 ± 0,005 ^a | 5,92 ± 0,03 ^a | 63,095 ± 1,736 ^g | 0,876 ± 0,028 ^{ab} | 0,714 ± 0,032 ^{abcd} | 39,450 ± 1,967 ^f |
| 6 | 4,14 ± 0,47 ^c | 0,973 ± 0,001 ^a | 6,04 ± 0,01 ^a | 121,025 ± 0,607 ^b | 0,882 ± 0,005 ^{ab} | 0,715 ± 0,007 ^{abcd} | 76,331 ± 1,252 ^b |
| 7 | 4,28 ± 0,55 ^c | 0,979 ± 0,002 ^a | 5,98 ± 0,03 ^a | 120,995 ± 3,921 ^b | 0,856 ± 0,009 ^b | 0,652 ± 0,018 ^{ghdef} | 67,503 ± 0,809 ^c |
| 8 | 9,01 ± 0,51 ^a | 0,978 ± 0,003 ^a | 5,94 ± 0,06 ^a | 80,286 ± 1,707 ^e | 0,879 ± 0,008 ^{ab} | 0,708 ± 0,009 ^{abcd} | 48,981 ± 2,469 ^e |
| 9 | 6,28 ± 0,36 ^b | 0,974 ± 0,005 ^a | 6,03 ± 0,08 ^a | 93,025 ± 2,504 ^d | 0,878 ± 0,002 ^{ab} | 0,677 ± 0,013 ^{ghdef} | 55,221 ± 0,532 ^d |
| 10 | 6,68 ± 0,43 ^b | 0,974 ± 0,002 ^a | 6,02 ± 0,08 ^a | 90,918 ± 2,014 ^d | 0,881 ± 0,005 ^{ab} | 0,702 ± 0,017 ^{abcde} | 56,208 ± 2,660 ^d |

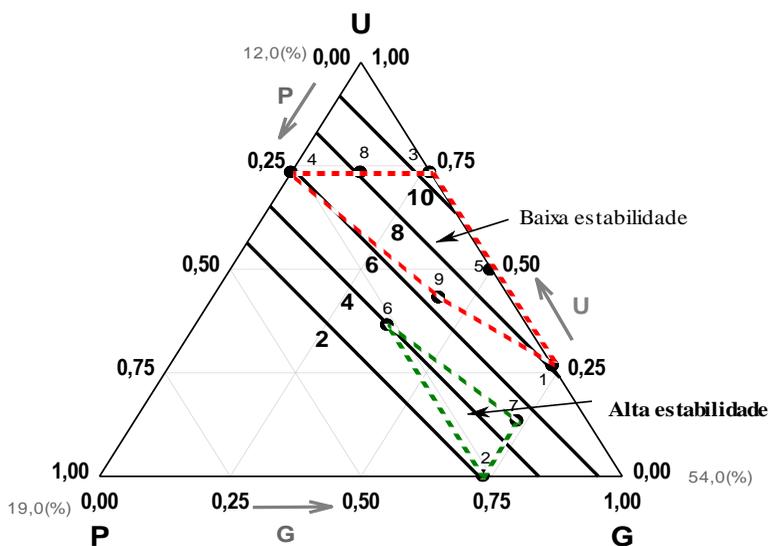
Médias referem-se a três repetições de análises para uma mesma amostra. Letras diferentes dentro das colunas indicam diferenças significativas (p < 0,05). *F= número da formulação.

Fonte: o autor.

Na região que se designou como região de baixa estabilidade (Figura 20) observaram-se formulações de mortadela de frango com perdas no cozimento mais elevadas (entre $5,90 \pm 0,67$ e $9,78 \pm 0,10$), conforme Tabela 7. Constatou-se tendência de maiores perdas no cozimento com o aumento da razão umidade/proteína (Figura 21). As mesmas composições apresentaram, quanto à textura, valores mais baixos de firmeza e mastigabilidade, variando entre $54,698 \pm 2,309$ e $107,947 \pm 2,616$ N e entre $34,406 \pm 1,331$ e $66,183 \pm 2,221$ N·mm (Figuras 22 e 24, respectivamente). Provavelmente foi a menor concentração de proteína presente na matriz proteica que influenciou a modificação das propriedades texturais e estabilidade do produto. Constatou-se a diminuição dos valores de firmeza e mastigabilidade com o aumento da razão umidade/proteína (Figuras 23 e 25). A formação de glóbulos de gordura maiores, conforme aqueles observados na Figura 26, indicam um processo de coalescência da gordura devido ao rompimento ou formação do filme emulsificante ineficaz em torno destes.

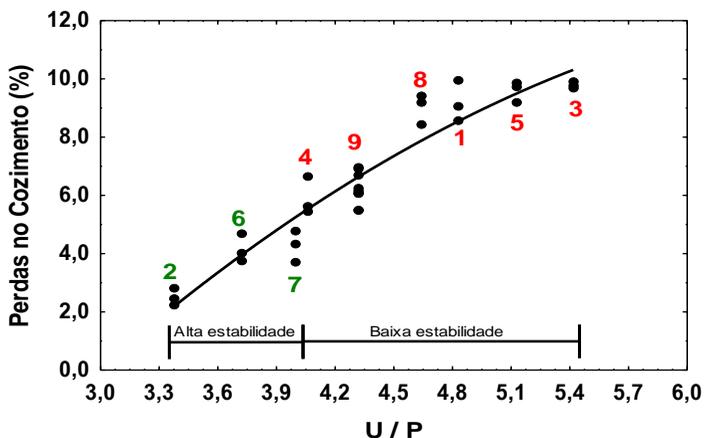
Nessa região designada como região de alta estabilidade (Figura 20), foram observadas formulações de mortadela de frango com perdas reduzidas no cozimento (entre $2,50 \pm 0,29\%$ e $4,28 \pm 0,55\%$). Quanto à textura (Figuras 22 e 24), foram estas composições que apresentaram resultados de firmeza e mastigabilidade elevados, com valores variando de $120,995 \pm 3,921$ a $153,323 \pm 3,755$ N, e de $67,503 \pm 0,809$ a $86,367 \pm 2,594$ N·mm, respectivamente. Nesta área foram observadas composições com elevado teor de proteína e baixo teor de umidade. Nesse sentido, a homogeneidade e distribuição dos glóbulos de gordura de tamanhos menores podem ser atribuídos a um teor de proteína adequado para emulsionar essa quantidade de lipídios, o que resultou em uma maior estabilidade de emulsão (Figura 27). Por outro lado, sabe-se que, teoricamente, a presença de gordura permitiu que a porção lipofílica das proteínas se desdobrasse, fazendo associação com a gordura, enquanto as porções hidrofílicas permaneceram com a fase aquosa (PEARSON e GILLET, 1996).

Figura 20 Gráfico dos efeitos dos teores de proteína, gordura e umidade sobre a perdas no cozimento (%) de mortadelas de frango, $R^2 = 0,906$.



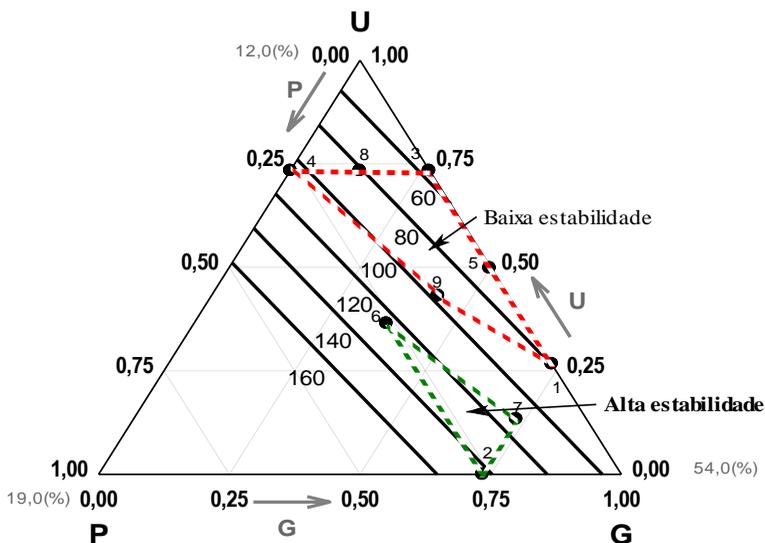
Fonte: o autor.

Figura 21 Gráfico das perdas no cozimento (%) em função da razão (Umidade/Proteína), $R^2 = 0,9471$.



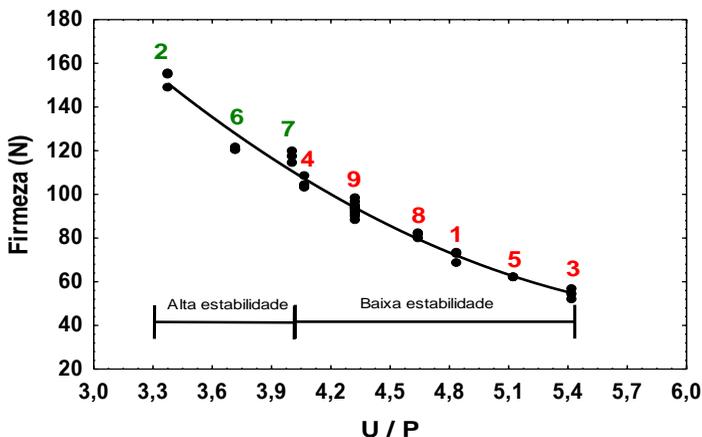
Fonte: o autor.

Figura 22 Gráfico dos efeitos dos teores de proteína, gordura e umidade sobre a Firmeza (N) de mortadelas de frango. $R^2 = 0,9682$.



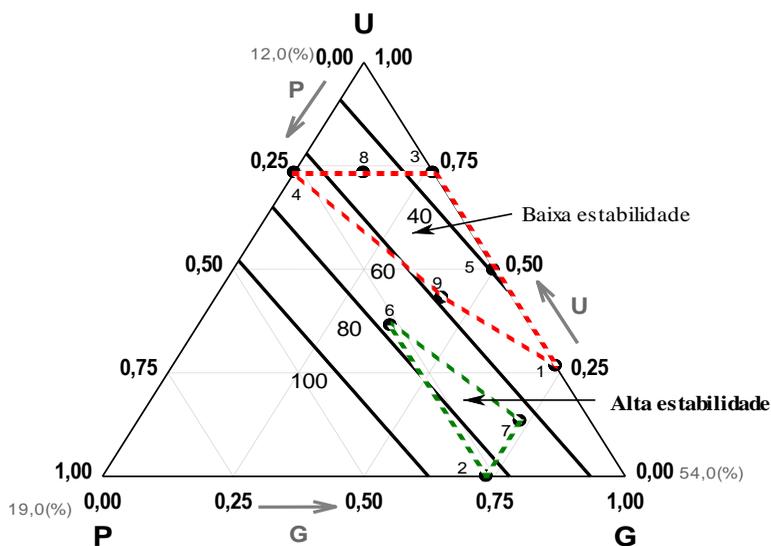
Fonte: o autor.

Figura 23 Gráfico da Firmeza (N) em função da razão (Umidade/Proteína), $R^2 = 0,9766$.



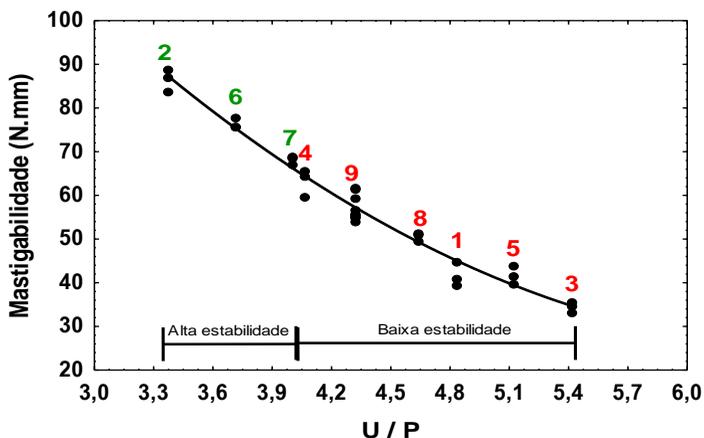
Fonte: o autor.

Figura 24 Gráfico dos efeitos dos teores de proteína, gordura e umidade sobre a Mastigabilidade (N·mm) de mortadelas de frango, $R^2 = 0,9762$.



Fonte: o autor.

Figura 25 Gráfico da Mastigabilidade (N·mm) em função da razão (Umidade/Proteína), $R^2 = 0,9762$.



Fonte: o autor.

Figura 26 Microscopia de fluorescência das mortadelas de frango. Região de menor estabilidade das emulsões. (1) 12% P; 30% G; 58% U, (3) 12% P; 23% G; 65% U, (4) 16% P; 19% G; 65% U, (5) 12% P; 26,5% G; 61,5% U, (8) 14% P; 21% G; 65% U, (9) e (10) 14% P; 25,5% G; 60,5% U. FG-Glóbulos de gordura; AB-Bolhas de ar. Barra: 200 μ m.

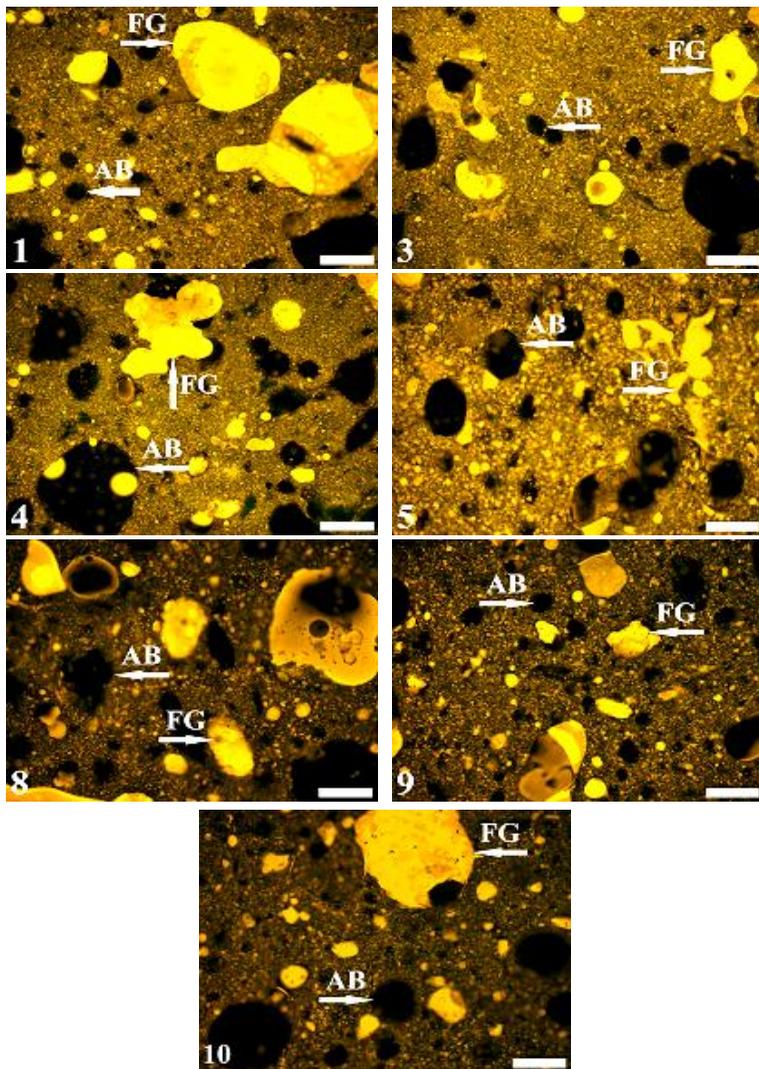
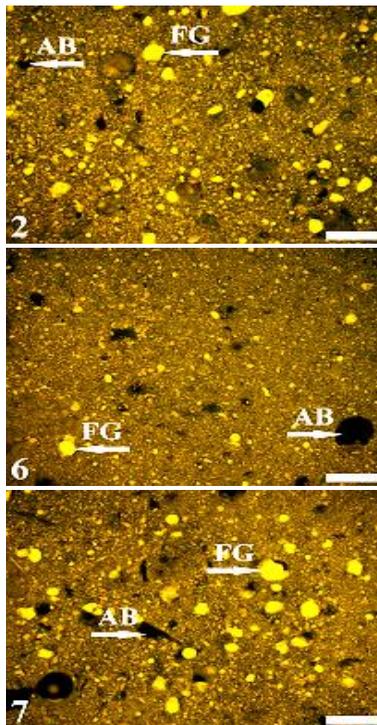


Figura 27 Microscopia de fluorescência das mortadelas de frango. *Região de maior estabilidade das emulsões.* (2) 16% P; 30% G; 54% U, (6) 16% P; 24,5% F; 59,5% M, (7) 14% P; 30% F; 56% M FG-Glôbulos de gordura; AB-Bolhas de ar. Barra: 200 μ m.



Fonte: o autor.

4.2 AVALIAÇÃO DA ADIÇÃO DE INGREDIENTES À FORMULAÇÃO BÁSICA DE MORTADELA DE FRANGO

Os resultados da adição de ingredientes serão comparados a uma formulação de baixa estabilidade. A formulação 5 foi escolhida como referência para comparação por apresentar um dos maiores valores de perdas no cozimento, não diferindo das demais que se encontram nesta mesma faixa de perdas (Formulações 1, 3 e 8). Ademais, dentre estas formulações, outro fator que pesou para a escolha daquela de número 5 foi o fato de apresentar uma composição com o mínimo de proteína (emulsificante) e um valor médio de gordura (fase dispersa). Desta maneira, poder-se-ia evidenciar de forma mais

contundente a substituição das matérias-primas básicas por ingredientes adicionais.

4.2.1 Adição de carne mecanicamente separada de frango (CMS)

As formulações 11, 12, 13 e 14, adicionadas de 10, 20, 30 e 40% de carne mecanicamente separada de frango (CMS), apresentaram perdas no cozimento entre $6,77 \pm 0,14\%$ e $7,39 \pm 0,17\%$ (Tabela 8). Conforme Figura 28(a), o aumento da quantidade de CMS não alterou significativamente as perdas no cozimento das mortadelas, ($p < 0,05$), exceto se comparadas à formulação básica (número 5) que apresentou maior perda ($9,60 \pm 0,34\%$) sem CMS. Neste caso, a boa capacidade de emulsificação da CMS pode ter favorecido as menores perdas no cozimento (JIMÉNEZ COLMENERO, 2004).

Com relação ao pH, observou-se um incremento significativo ($p < 0,05$) com o aumento da CMS na formulação, Figura 28(b), apresentando valores entre $5,98 \pm 0,02$ e $6,10 \pm 0,01$, que pode ser explicado pelo (CMS) apresentar pH mais elevado, devido às suas características físico-químicas e microbiológicas específicas e composição. Também é possível ter havido influência do pH na diminuição das perdas no cozimento com relação à formulação 5, utilizada como referência.

As mesmas formulações apresentaram, quanto à textura, valores de firmeza e mastigabilidade variando entre $59,718 \pm 4,941$ e $63,343 \pm 4,772$ N, e $35,634 \pm 1,661$ e $42,636 \pm 4,315$ N·mm, respectivamente, não se diferenciando significativamente entre si ($p < 0,05$), mesmo se comparadas à formulação 5 (Figura 28(c)). Observou-se que a adição de até 40% de CMS manteve as formulações com distribuição microscópica dos glóbulos de gordura semelhantes (Figura 29), apenas se diferenciando levemente da formulação 5, a qual não possui carne mecanicamente separada de frango (CMS) em sua formulação.

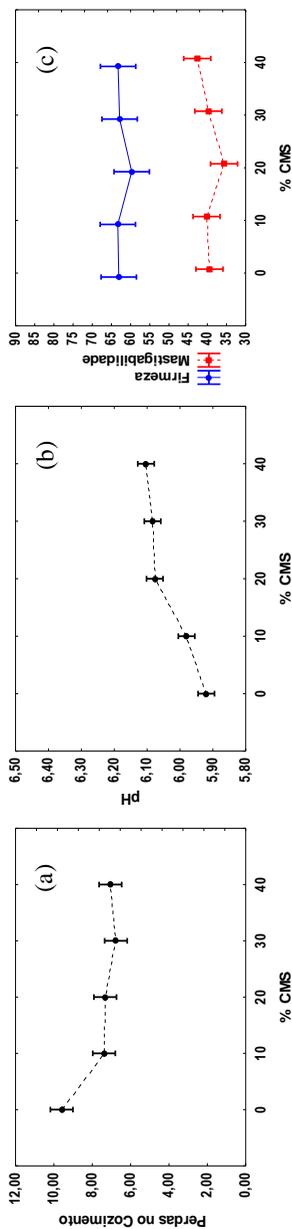
Desta forma, levando-se em consideração fatores como disponibilidade e menor custo, evidenciou-se que a utilização de 40% de carne mecanicamente separada de frango (CMS) na formulação de mortadelas de frango reduziu as perdas ao cozimento e manteve os valores de firmeza e mastigabilidade do produto. Quanto ao aumento do valor do pH, sua utilização CMS pode favorecer a redução da vida útil do produto devido às características físico-químicas e microbiológicas inerentes ao processo de obtenção.

Tabela 8 Valores médios para perdas no cozimento, atividade de água, pH, firmeza, elasticidade, coesividade e mastigabilidade, das mortadelas de frango adicionadas de carne mecanicamente separada (CMS).

| F* | Perdas no cozimento (%) | a_w | pH | Firmeza (N) | Elasticidade (mm) | Coesividade | Mastigabilidade (N.mm) |
|----|--------------------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| 5 | 9,60 ± 0,34 ^a | 0,977 ± 0,005 ^a | 5,92 ± 0,03 ^c | 63,095 ± 1,736 ^a | 0,876 ± 0,028 ^a | 0,714 ± 0,032 ^a | 39,450 ± 1,967 ^a |
| 11 | 7,39 ± 0,17 ^b | 0,981 ± 0,006 ^a | 5,98 ± 0,02 ^b | 63,343 ± 4,772 ^a | 0,895 ± 0,002 ^a | 0,709 ± 0,005 ^a | 40,208 ± 3,315 ^a |
| 12 | 7,33 ± 0,92 ^b | 0,972 ± 0,002 ^a | 6,08 ± 0,01 ^a | 59,718 ± 4,941 ^a | 0,867 ± 0,016 ^a | 0,691 ± 0,041 ^a | 35,654 ± 1,661 ^a |
| 13 | 6,77 ± 0,14 ^b | 0,980 ± 0,004 ^a | 6,08 ± 0,02 ^a | 62,867 ± 2,361 ^a | 0,878 ± 0,015 ^a | 0,720 ± 0,016 ^a | 39,733 ± 1,182 ^a |
| 14 | 7,06 ± 0,19 ^b | 0,977 ± 0,005 ^a | 6,10 ± 0,01 ^a | 63,276 ± 2,901 ^a | 0,901 ± 0,013 ^a | 0,746 ± 0,035 ^a | 42,636 ± 4,315 ^a |

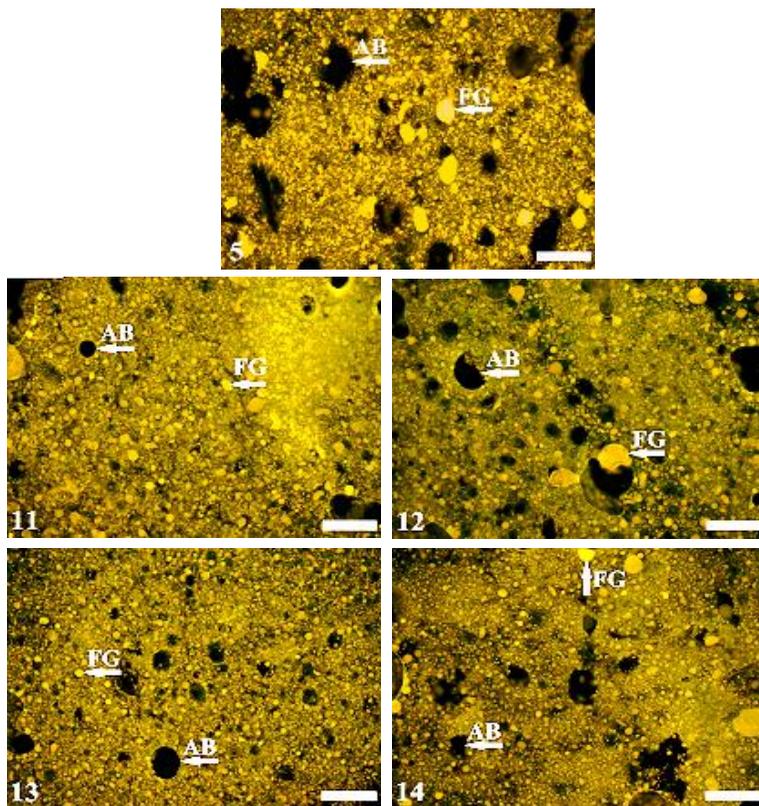
Médias referem-se a três repetições para uma mesma amostra. Letras diferentes nas colunas indicam diferenças significativas (p <0,05). *F= número da formulação. Fonte: o autor.

Figura 28 Gráficos das (a) perdas no cozimento, (b) pH e (c) firmeza e mastigabilidade, em função da variação da carne mecanicamente separada de frango (CMS).



Fonte: o autor.

Figura 29 Microscopia de fluorescência das mortadelas de frango. Formulações contendo, 0, 10, 20, 30 e 40% de carne mecanicamente separada (CMS), respectivamente. FG-Glóbulos de gordura; AB-Bolhas de ar. Barra: 200 μ m.



Fonte: o autor.

4.2.2 Adição de proteína concentrada de soja (PCS)

As formulações com 1, 2, 3 e 4 % (ensaios 15, 16, 17 e 18) de proteína concentrada de soja (PCS) apresentaram perdas no cozimento entre $3,84 \pm 0,33$ e $8,07 \pm 0,14$, diferindo significativamente entre si, ($p < 0,05$), inclusive se comparadas à formulação 5, com $9,60 \pm 0,34$ % de perdas (Tabela 9). Observou-se uma tendência de diminuição das perdas no cozimento com a adição de proteína concentrada de soja (PCS), Figura 30(a). A diminuição pode estar relacionada pela interação proteína de soja com a água. Isto pode ser explicado pela variabilidade

dos pesos moleculares desta proteína, além das características de solubilidade em água como também em solução salina.

Quanto ao pH, não houve diferença significativa ($p < 0,05$) com o aumento do teor de proteína concentrada de soja (PCS), Figura 30(b), apresentando valores entre $6,05 \pm 0,01$ e $6,09 \pm 0,01$, exceto se comparado à formulação 5 ($5,92 \pm 0,03$), utilizada como referência, sem PCS em sua composição.

As mesmas formulações adicionadas de PCS apresentaram quanto à textura, valores de firmeza e mastigabilidade variando entre $52,824 \pm 2,977$ e $67,605 \pm 1,092$ N, e $34,411 \pm 2,079$ e $43,900 \pm 0,585$ N.mm, respectivamente, conforme Tabela 9. A adição de um menor teor de proteína de soja, 1 e 2% de PCS (formulações 15 e 16), respectivamente, não apresentaram diferenças significativas entre si. No entanto, tanto a firmeza quanto a mastigabilidade diminuíram quando comparadas aquelas com ausência e 3 e 4% de PCS, respectivamente (Figura 30(c)). A formulação 18, com 4% de PCS, foi significativamente mais alta que todas as demais. A adição de até 4% de PCS manteve as emulsões semelhantes estruturalmente, podendo ser observado nas microscopias, (Figura 31), onde os glóbulos de gordura apresentaram distribuição e tamanhos homogêneos, apenas se diferenciando levemente da formulação 5, com ausência de proteína concentrada de soja (PCS).

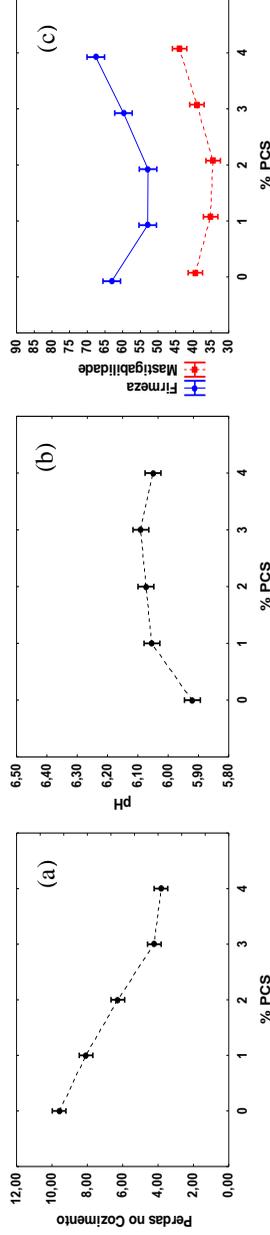
Desta forma, constatou-se que a adição entre 3 a 4% de proteína concentrada de soja (PCS) reduziu as perdas no cozimento aumentando significativamente a firmeza e mastigabilidade da mortadela de frango avaliada. Neste caso, a maior concentração deste tipo de proteína na formulação, em substituição a proteína cárnea, pode ter favorecido o melhoramento da estabilidade da emulsão e características texturais do produto.

Tabela 9 Valores médios para perdas no cozimento, atividade de água, pH, firmeza, elasticidade, coesividade e mastigabilidade das mortadelas de frango adicionadas de proteína concentrada de soja (PCS).

| F* | Perdas no cozimento (%) | a _w | pH | Firmeza (N) | Elasticidade (mm) | Coesividade | Mastigabilidade (N.mm) |
|----|--------------------------|----------------------------|--------------------------|-------------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------------------|
| 5 | 9,60 ± 0,34 ^a | 0,977 ± 0,005 ^a | 5,92 ± 0,03 ^b | 63,095 ± 1,736 ^{bcd} | 0,876 ± 0,028 ^a | 0,714 ± 0,032 ^a | 39,450 ± 1,967 ^{bc} |
| 15 | 8,07 ± 0,14 ^b | 0,978 ± 0,002 ^a | 6,05 ± 0,01 ^a | 52,924 ± 1,218 ^b | 0,895 ± 0,006 ^a | 0,741 ± 0,011 ^a | 35,116 ± 0,302 ^{bd} |
| 16 | 6,27 ± 0,26 ^c | 0,974 ± 0,003 ^a | 6,07 ± 0,02 ^a | 52,824 ± 2,977 ^b | 0,899 ± 0,004 ^a | 0,725 ± 0,004 ^a | 34,411 ± 2,079 ^{bd} |
| 17 | 4,21 ± 0,37 ^d | 0,977 ± 0,002 ^a | 6,09 ± 0,01 ^a | 59,775 ± 2,004 ^{bcd} | 0,896 ± 0,002 ^a | 0,728 ± 0,019 ^a | 39,009 ± 1,966 ^{bc} |
| 18 | 3,84 ± 0,33 ^d | 0,979 ± 0,001 ^a | 6,05 ± 0,02 ^a | 67,605 ± 1,092 ^a | 0,876 ± 0,002 ^a | 0,741 ± 0,006 ^a | 43,900 ± 0,585 ^a |

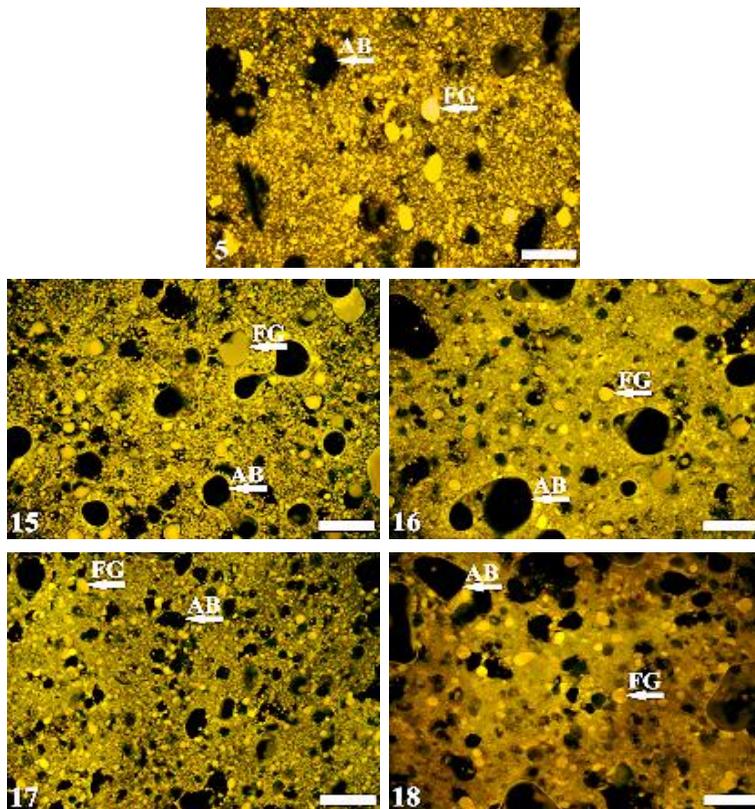
Médias referem-se a três repetições de análises para uma mesma amostra. Letras diferentes dentro das colunas indicam diferenças significativas (p < 0,05). *F= número da formulação. Fonte: o autor.

Figura 30 Gráficos das (a) perdas no cozimento, (b) pH e (c) firmeza e mastigabilidade, em função da variação da proteína concentrada de soja (PCS).



Fonte: o autor.

Figura 31 Microscopia de fluorescência das mortadelas de frango. Formulações 5, 15, 16, 17 e 18, contendo, 0, 1, 2, 3 e 4% de proteína concentrada de soja (PCS), respectivamente. FG-Glóbulos de gordura; AB-Bolhas de ar. Barra: 200µm.



Fonte: o autor.

4.2.3 Adição de fécula de mandioca (FM)

As formulações com 1, 2, 3 e 4% (ensaios 19, 20, 21 e 22) de fécula de mandioca (FM) apresentaram perdas no cozimento entre $2,14 \pm 0,38$ e $7,12 \pm 0,58$, diferindo significativamente entre si, ($p < 0,05$), inclusive se comparadas à formulação 5, com $9,60 \pm 0,34\%$ de perdas (Tabela 10). Observou-se uma tendência de diminuição das perdas no

cozimento com a adição da fécula de mandioca (FM), Figura 32(a). No entanto, as formulações com 3 e 4% (21 e 22) não diferiram significativamente entre si, apresentando ambas reduzidas perdas no cozimento. A adição de fécula em produtos cozidos faz com que durante o cozimento a água seja fortemente ligada, explicando a redução das perdas no cozimento.

O pH sofreu leve aumento com a adição da fécula de mandioca, Figura 32(b), apresentando valores entre $5,92 \pm 0,03$ e $6,15 \pm 0,04$.

Quanto à textura, as formulações adicionadas de FM apresentaram valores de firmeza e mastigabilidade variando entre $62,804 \pm 1,899$ e $77,770 \pm 7,339$ N, e $40,601 \pm 0,912$ e $49,242 \pm 3,839$ N·mm, respectivamente, conforme Tabela 11. Observou-se uma tendência de aumento nestes dois parâmetros com a adição da fécula de mandioca (FM). A adição de até 4% de FM manteve as emulsões semelhantes estruturalmente, podendo ser observado nas microscopias (Figura 33), onde os glóbulos de gordura apresentaram distribuição e tamanhos homogêneos, apenas se diferenciando da formulação 5, com ausência da fécula de mandioca (FM).

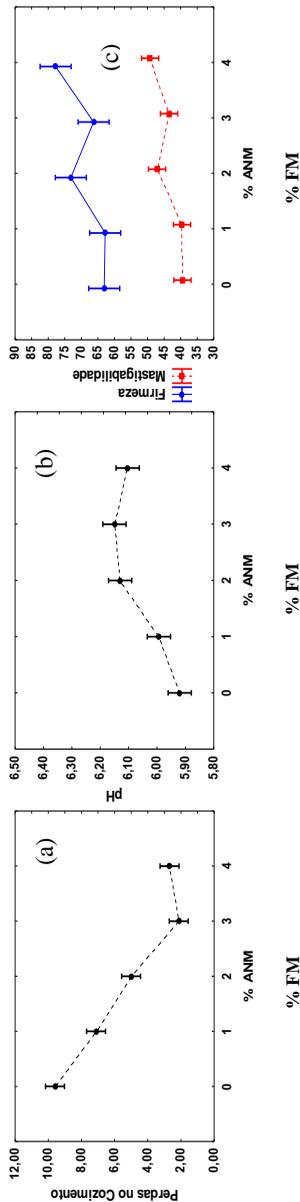
Com isso, entendeu-se que a adição de 3% de fécula de mandioca foi adequado para redução das perdas no cozimento e leve aumento da firmeza e mastigabilidade melhorando a estabilidade do produto.

Tabela 10 Valores médios para perdas no cozimento, atividade de água, pH, firmeza, elasticidade, coesividade, coesividade e mastigabilidade, das mortadelas de frango adicionadas de fécula de mandioca (FM).

| F* | Perdas no cozimento (%) | a_w | pH | Firmeza (N) | Elasticidade (mm) | Coesividade | Mastigabilidade (N.mm) |
|-----------|--------------------------|----------------------------|--------------------------|------------------------------|----------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| 5 | 9,60 ± 0,34 ^a | 0,977 ± 0,005 ^a | 5,92 ± 0,03 ^b | 63,095 ± 1,736 ^c | 0,876 ± 0,028 ^a | 0,714 ± 0,032 ^a | 39,450 ± 1,967 ^b |
| 19 | 7,12 ± 0,58 ^b | 0,977 ± 0,001 ^a | 5,99 ± 0,03 ^b | 62,804 ± 1,899 ^c | 0,890 ± 0,003 ^a | 0,709 ± 0,020 ^a | 40,601 ± 0,912 ^b |
| 20 | 5,01 ± 0,15 ^c | 0,974 ± 0,001 ^a | 6,13 ± 0,03 ^a | 73,171 ± 1,568 ^{ab} | 0,896 ± 0,013 ^a | 0,719 ± 0,013 ^a | 47,137 ± 0,673 ^{ac} |
| 21 | 2,14 ± 0,38 ^d | 0,978 ± 0,001 ^a | 6,15 ± 0,04 ^a | 66,297 ± 1,831 ^{bc} | 0,904 ± 0,006 ^a | 0,726 ± 0,020 ^a | 43,516 ± 0,703 ^{abc} |
| 22 | 2,69 ± 0,60 ^d | 0,975 ± 0,003 ^a | 6,10 ± 0,04 ^a | 77,770 ± 7,339 ^{ab} | 0,895 ± 0,004 ^a | 0,708 ± 0,020 ^a | 49,242 ± 3,839 ^{ac} |

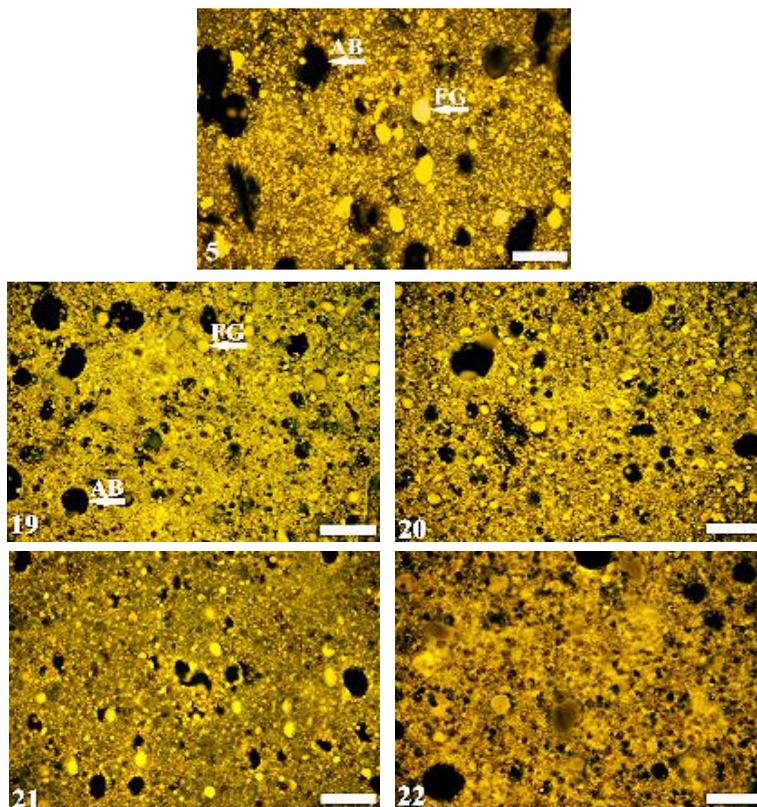
Médias referem-se a três repetições de análises para uma mesma amostra. Letras diferentes dentro das colunas indicam diferenças significativas ($p < 0,05$). *F= número da formulação. Fonte: o autor.

Figura 32 Gráficos das (a) perdas no cozimento, (b) pH e (c) firmeza e mastigabilidade, em função da variação da fécula de mandioca (FM).



Fonte: o autor.

Figura 33 Microscopia de fluorescência das mortadelas de frango. Formulações 5, 19, 20, 21 e 22, contendo 0, 1, 2, 3 e 4% de fécula de mandioca (FM), respectivamente. FG-Glóbulos de gordura; AB-Bolhas de ar. Barra: 200 μ m.



Fonte: o autor.

4.2.4 Adição de tripolifosfato de sódio (STP)

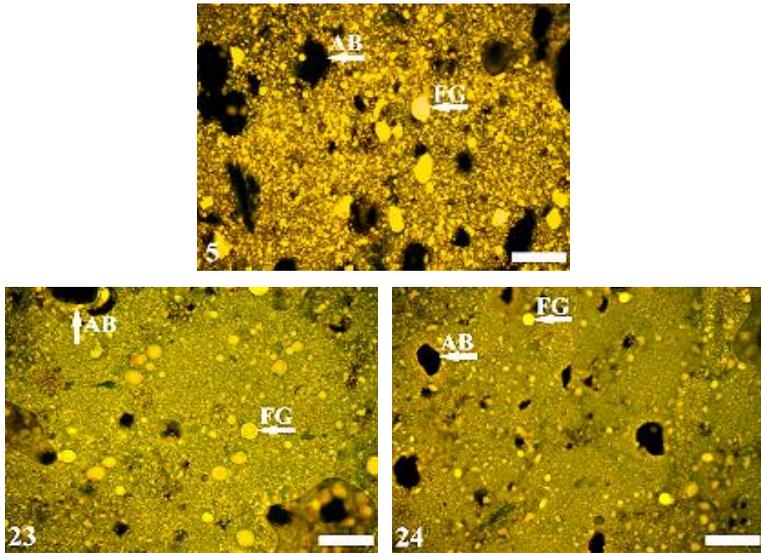
As formulações 23 e 24, adicionadas de tripolifosfato de sódio (STP) apresentaram perdas no cozimento entre $2,64 \pm 0,56$ e $3,85 \pm 0,15$, diferindo significativamente entre si, inclusive se comparadas à formulação 5 ($9,60 \pm 0,34\%$) na Tabela 11. A queda acentuada neste parâmetro (Figura 35(a)) pode ser em parte devido ao aumento do pH (Figura 35b), que se desloca do pH do ponto isoeletrico das proteínas, permitindo maior ligação de água a estas moléculas. No entanto, a capacidade de retenção de água não pode ser explicada unicamente pelo

aumento do pH, pois quando a elevação ocorre por outros fatores, não se tem aumento proporcional. Os fosfatos, juntamente com o sal (S), aumentam os espaços interfilamentares, expandindo as miofibrilas e melhorando a retenção de água da carne. A atuação deste aditivo é tão significativa que, mesmo com a diminuição do sal (S), formulação 23, observou-se uma redução nas perdas no cozimento. Em geral, os fosfatos podem dissociar o complexo actomiosínico. Estudos têm mostrado que a adição em conjunto com o sal, ao modificar a estrutura miofibrilar, rompe as ligações entre os filamentos da actina e miosina, aumentando a capacidade de retenção de água. Com menor intensidade, a complexação dos íons Ca^{++} e Mg^{++} presentes na carne formam pontes entre as cargas negativas das proteínas, que ao serem rompidas pela ação dos fosfatos, podem melhorar a capacidade de retenção de água (LEMOS et al., 2011).

As formulações apresentaram, quanto à textura, valores de firmeza variando entre $49,787 \pm 1,404$ e $58,118 \pm 2,605 \pm 1,736$ N, diferindo significativamente entre si ($p < 0,05$) se comparadas à formulação 5 ($63,095 \pm 1,736$ N) na Tabela 11. No entanto, a adição de tripolifosfato de sódio diminuiu a firmeza das mortadelas de frango, (Figura 35c). A maior retenção provavelmente deixou os produtos mais macios devido à capacidade plastificante da água. Quanto à mastigabilidade, que apresentou valores entre $34,487 \pm 0,583$ e $39,650 \pm 1,035$ N.mm, também foram significativamente diferentes entre si, exceção dada às formulações 5 ($39,450 \pm 1,967$ N.mm) e 24 ($39,650 \pm 1,035$ N.mm). Com relação à redução de sal, formulação 23, observou-se diminuição da firmeza e mastigabilidade, pois a extração das proteínas solúveis em solução salina foi, provavelmente, prejudicada.

A adição de 0,5 g de tripolifosfato de sódio (STP) por 100 g de massa manteve as emulsões semelhantes estruturalmente, podendo ser observado nas microscopias (Figura 34), onde os glóbulos de gordura apresentaram distribuição e tamanhos homogêneos. No entanto, observa-se diferenças significativa entre as formulações 5, 23 e 24.

Figura 34 Microscopia de fluorescência das mortadelas de frango. Formulações 23 e 24 contendo, 1 e 2 g de sal (S) por 100 g de massa, respectivamente, com adição de 0,5 g de tripolifosfato de sódio por 100 g de massa. Formulação 5 sem adição de (STP). FG-Glóbulos de gordura; AB-Bolhas de ar. Barra: 200 μ m.



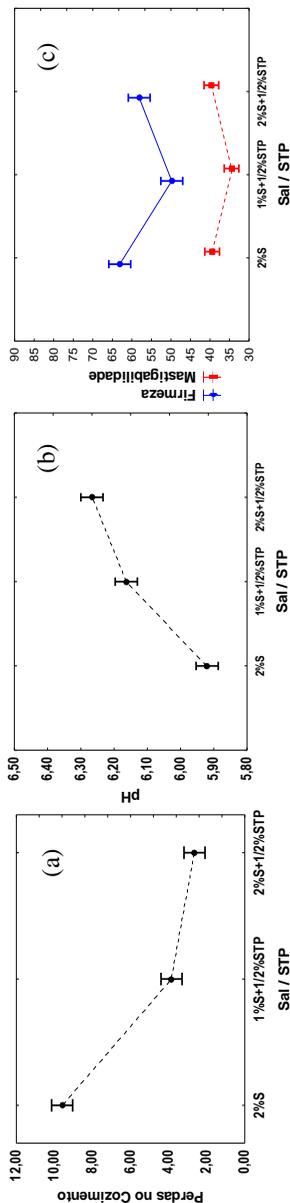
Fonte: o autor.

Tabela 11 Valores médios para perdas no cozimento, atividade de água, pH, firmeza, elasticidade, coesividade e mastigabilidade das mortadelas de frango adicionadas de tripolifosfato de sódio (STP).

| F* | Perdas no cozimento (%) | a_w | pH | Firmeza (N) | Elasticidade (mm) | Coesividade | Mastigabilidade (N.mm) |
|----|--------------------------|----------------------------|--------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| 5 | 9,60 ± 0,34 ^a | 0,977 ± 0,005 ^a | 5,92 ± 0,03 ^c | 63,095 ± 1,736 ^a | 0,876 ± 0,028 ^a | 0,714 ± 0,032 ^a | 39,450 ± 1,967 ^a |
| 23 | 3,85 ± 0,15 ^b | 0,985 ± 0,002 ^a | 6,16 ± 0,02 ^b | 49,787 ± 1,404 ^c | 0,901 ± 0,003 ^a | 0,770 ± 0,031 ^a | 34,487 ± 0,583 ^b |
| 24 | 2,64 ± 0,56 ^c | 0,980 ± 0,002 ^a | 6,27 ± 0,02 ^a | 58,118 ± 2,605 ^b | 0,907 ± 0,002 ^a | 0,753 ± 0,023 ^a | 39,650 ± 1,035 ^a |

Médias referem-se a três repetições de análises para uma mesma amostra. Letras diferentes dentro das colunas indicam diferenças significativas ($p < 0,05$). *F= número da formulação. Fonte: o autor.

Figura 35 Gráficos de (a) perdas no cozimento, (b) pH e (c) firmeza e mastigabilidade em função da variação de tripolifosfato de sódio (STP).



Fonte: o autor.

4.3 PROPOSTA DE FORMULAÇÃO TEÓRICA-EXPERIMENTAL VERSUS MORTADELA DE FRANGO COMERCIAL (MFC)

Através dos resultados obtidos, elaborou-se uma proposta teórico-experimental (Formulação 25) para comparação com a mortadela de frango comercial (MFC) da marca Seara (Tabela 6). A construção desta composição levou em consideração os resultados já obtidos de todos os ingredientes testados. Desta foram:

- adicionou-se 40% de carne mecanicamente separada de frango devido à sua grande utilização na indústria de processamento de mortadela e menor custo comparado a carne de peito de frango. Além disso, os experimentos realizados mostraram uma leve diminuição nas perdas no cozimento e manutenção dos parâmetros texturais do produto.
- a utilização de 3% de proteína concentrada de soja teve como principal objetivo a redução das perdas no cozimento dos produtos, demonstrados por este ingrediente, altamente utilizado na indústria como complemento e na substituição da proteína cárnea.
- definiu-se pela utilização de 2% de fécula de mandioca (FM). Observou-se que esse ingrediente diminuiu as perdas no cozimento e, como seria utilizado juntamente com a proteína concentrada de soja, optou-se por não adicioná-lo em maiores quantidades, mesmo sendo amplamente empregado na indústria nos limites de sua utilização legal. Também, levou-se em consideração o elevado teor de gordura desta formulação.
- manteve-se a adição de 0,5 g de tripolifosfato de sódio (STP) por 100 g de massa devido seu alto desempenho na redução nas perdas ao cozimento e melhoramento da estabilidade da emulsão.
- a quantidade de sal adicionada foi mantida em 2 g por 100 g de massa, devido à formulação comercial (MFC) possivelmente superior devido à quantidade de sódio indicada em sua tabela nutricional.

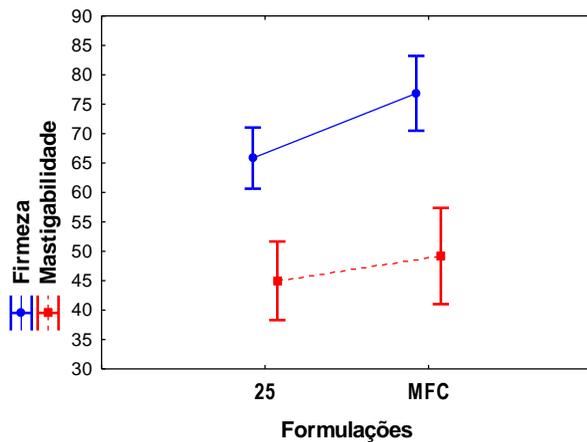
Comparando-se as mortadelas 25 e MFC observou-se diferenças significativas com relação ao pH, firmeza e elasticidade. Os parâmetros atividade de água, coesividade e mastigabilidade não diferiram entre si (Tabela 12). As diferenças entre o pH podem ser devido aos diferentes ingredientes e matérias-primas utilizadas, inclusive devido ao acidulantes ácido láctico e ácido cítrico presentes na formulação comercial. Quanto à firmeza, o teor mais elevado de proteína da MFC pode ter influenciado positivamente este parâmetro (Figura 36), explicando seu valor mais elevado em comparação a formulação 25. No entanto, o parâmetro mastigabilidade assemelhou-se entre os dois produtos. Observou-se que a mortadela de frango comercial (MFC) apresentou glóbulos de gordura maiores (Figura 37), possivelmente devido à falta de cominuição e não a instabilidade da emulsão. Constatou-se também menor quantidade de ar na (MFC), provavelmente devido ao melhor processo de embutimento, geralmente realizado em equipamentos a vácuo na indústria.

Tabela 12 Valores médios para perdas no cozimento, atividade de água, pH, firmeza, elasticidade, coesividade e mastigabilidade, para comparação das mortadelas de frango 25 e MFC.

| F* | a _w | pH | Firmeza (N) | Elasticidade (mm) | Coesividade | Mastigabilidade (N.mm) |
|-----|----------------------------|--------------------------|-----------------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| 25 | 0,977 ± 0,002 ^a | 6,43 ± 0,03 ^a | 65,841 ± 2,843 ^b | 0,906 ± 0,007 ^a | 0,753 ± 0,036 ^a | 44,981 ± 3,961 ^a |
| MFC | 0,976 ± 0,001 ^a | 6,12 ± 0,03 ^b | 76,851 ± 2,796 ^a | 0,874 ± 0,006 ^b | 0,732 ± 0,021 ^a | 49,195 ± 2,877 ^a |

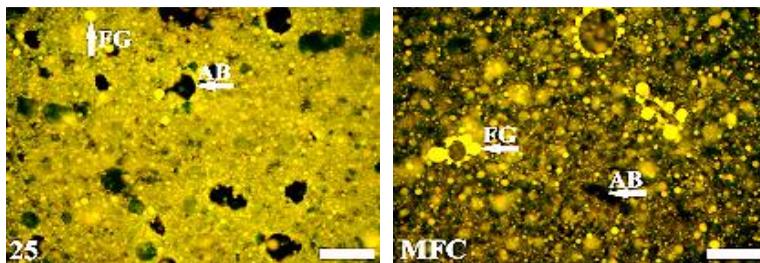
*Formulação. Médias referem-se a três repetições para uma mesma amostra. Letras diferentes nas colunas indicam diferenças significativas (p < 0,05). Fonte: o autor.

Figura 36 Gráficos da firmeza e mastigabilidade para comparação das mortadelas de frango 25 e MFC.



Fonte: o autor.

Figura 37 Microscopia de fluorescência das mortadelas de frango. Formulações 25 e MFC. FG-Glóbulos de gordura; AB-Bolhas de ar. Barra: 200µm.



Fonte: o autor.

5. CONCLUSÃO

Os componentes químicos básicos de formação de emulsão (proteína, gordura e umidade) foram avaliados quanto à qualidade na formulação de mortadela de frango. Ao relacioná-los, a abordagem escolhida para este estudo permitiu a quantificação e melhor entendimento dos efeitos dessas variáveis frente às características físico-químicas do produto final. Em geral muitos trabalhos comparam resultados de formulações não levando em consideração a composição.

O estudo mostrou que existem regiões de diferentes estabilidades do produto que permitem maior ou menor perda no cozimento, com conseqüente modificação da qualidade mecânica do produto. A faixa ótima de mistura pode ser definida como (14-16% de proteína, 24,5-30,0% de gordura e 54,0-59,5% de umidade). Esta região de maior estabilidade produziu mortadelas de frango com menor perda no cozimento e maior resistência mecânica, sendo que a razão umidade/proteína comprovou uma forte dependência entre essas variáveis relacionadas às perdas no cozimento e aos parâmetros firmeza e mastigabilidade.

Em continuidade, a adição de ingredientes como carne mecanicamente separada de frango (CMS), proteína concentrada de soja (PCS), fécula de mandioca (FM) e tripolifosfato de sódio (STP) a formulação básica de mortadela de frango tiveram efeitos significativos quanto às perdas no cozimento, pH, e parâmetros de textura do produto:

- observou-se que a adição de carne mecanicamente separada de frango (CMS) teve influência apenas a 10% e quantidades maiores (até 40%) não alteraram significativamente as perdas no cozimento e perfil de textura das mortadelas de frango, elevando apenas o valor do seu pH. Nesse sentido, os resultados dos experimentos demonstraram que sua utilização favoreceu a diminuição das perdas no cozimento, além de possibilitar a redução de custos das formulações na substituição do peito e gordura de frango até seu limite legal de utilização (máx. 40%);
- constatou-se uma tendência de diminuição das perdas no cozimento com o aumento do teor de proteína concentrada de soja (PCS). O aumento da concentração deste tipo de proteína (3 a 4%) substituindo a proteína cárnea se mostrou eficaz com

a redução das perdas no cozimento e manutenção da firmeza e mastigabilidade do produto. A variabilidade dos pesos moleculares desta proteína, além das características de solubilidade em água e solução salina podem ter favorecido o melhoramento da estabilidade do produto atuando em conjunto com a proteína cárnea.

- a fécula de mandioca (FM) em concentrações entre (1 e 4%), reduziram consideravelmente as perdas no cozimento, alterando levemente o pH e os parâmetros de textura das mortadelas de frango. Demonstrou-se que a adição deste ingrediente em produtos cozidos faz com que a água seja fortemente ligada durante o cozimento;
- a utilização do estabilizante tripolifosfato de sódio (0,5%) reduziu as perdas no cozimento, principalmente devido ao aumento do pH, que se desloca do pH do ponto isoelétrico das proteínas, como também aumenta o potencial iônico do meio, possivelmente aumentando a extração de proteínas miofibrilares. Juntamente com o sal (S) melhora a ligação de água do produto final. A atuação deste aditivo foi muito positiva, pois mesmo com a diminuição da concentração de sal (S), formulação 23, observou-se uma redução nas perdas no cozimento.

A proposta elaborada, formulação 25, aproximou-se comparativamente da referência, mortadela de frango comercial (MFC), marca Seara, principalmente no parâmetro mastigabilidade. Com relação à firmeza, provavelmente o teor de 14% de proteína, informado na tabela nutricional da (MFC), explica seu valor mais elevado se comparado à formulação 25 (12% de proteína). Nesse sentido, com os resultados obtidos neste estudo, poder-se-ia aproximar ainda mais dos resultados físico-químicos da mortadela utilizada como referência. Os resultados obtidos favorecem a investigação de efeitos de novos ingredientes, levando em consideração a busca de menor custo, perfil de textura e estabilidade da emulsão.

REFERÊNCIAS

AOAC. **Official methods of AOAC International**. 17th. USA, 2000.

BARBUT, S. Convenience breaded poultry meat products – New developments. **Trends in Food Science & Technology**, v. 26, n. 1, p. 14-20, 7// 2012. ISSN 0924-2244. Disponível em: <
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924224412000027> >.

BARRETO, A. C. D. S. **Effect of the addition of fibers as fat substitutes in Bologna sausage**. 2007. Faculty of Food Engineering, State University of Campinas, Brazil.

BEJERHOLM, C.; AASLYNG, M. D. COOKING OF MEAT. In: JENSEN, W. K. (Ed.). **Encyclopedia of Meat Sciences**. Oxford: Elsevier, 2004. p.343-349. ISBN 978-0-12-464970-5.

BOURNE, M. C. Chapter 1 - Texture, Viscosity, and Food. In: BOURNE, M. C. (Ed.). **Food Texture and Viscosity (Second Edition)**. London: Academic Press, 2002a. p.1-32. ISBN 978-0-12-119062-0.

_____. Chapter 4 - Principles of Objective Texture Measurement. In: BOURNE, M. C. (Ed.). **Food Texture and Viscosity (Second Edition)**. London: Academic Press, 2002b. p.107-188. ISBN 978-0-12-119062-0.

BRASIL. MAPA - **Ministério da Agricultura e Abastecimento. Instrução Normativa n° 04, de 05 de abril de 2000. Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Mortadela**. 2000.

CALDERON, F. L.; SCHMITT, V.; BIBETTE, J. **Emulsion Science - Basic Principles**. 2 Ed. France: 2007.

DOMÉNECH-ASENSI, G. et al. Effect of the addition of tomato paste on the nutritional and sensory properties of mortadella. **Meat Science**, v. 93, n. 2, p. 213-219, 2// 2013. ISSN 0309-1740. Disponível em: <
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174012003002> >.

FLORES, M. et al. Effect of a new emulsifier containing sodium stearyl-2-lactylate and carrageenan on the functionality of meat emulsion systems. **Meat Science**, v. 76, n. 1, p. 9-18, 5// 2007. ISSN 0309-1740. Disponível em: <
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174006003469> >.

GORDON, A.; BARBUT, S. Meat batters: effect of chemical modification on protein recovery and functionality. **Food Research International**, v. 30, n. 1, p. 5-11, 1// 1997. ISSN 0963-9969. Disponível em: <
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996995000224> >.

HEDRICK, H. B. et al. **Principles of Meat Science**. 3rd ed. Dubuque, Iowa: Kendall/Hunt Publishing Co, 1994. 354.

HERRERO, A. M. et al. Tensile properties of cooked meat sausages and their correlation with texture profile analysis (TPA) parameters and physico-chemical characteristics. **Meat Science**, v. 80, n. 3, p. 690-696, 11// 2008. ISSN 0309-1740. Disponível em: <
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174008000740> >.

HONIKEL, K. O. CONVERSION OF MUSCLE TO MEAT | Cold and Heat Shortening. In: JENSEN, W. K. (Ed.). **Encyclopedia of Meat Sciences**. Oxford: Elsevier, 2004. p.318-323. ISBN 978-0-12-464970-5.

HORITA, C. N. et al. Physico-chemical and sensory properties of reduced-fat mortadella prepared with blends of calcium, magnesium and potassium chloride as partial substitutes for sodium chloride. **Meat Science**, v. 89, n. 4, p. 426-433, 12// 2011. ISSN 0309-1740. Disponível em: <
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174011001872> >.

IGNÁCIO, A. K. F. **Reformulação do perfil lipídico de produto Carne emulsionado adicionado de óleo de Linhaça e ervas e especiarias: avaliação das Características físico-químicas e sensoriais**. 2011. Tecnologia de Alimentos UNICAMP, Brasil.

JIMÉNEZ COLMENERO, F. CHEMISTRY AND PHYSICS OF COMMINUTED PRODUCTS | Non-Meat Proteins. In: JENSEN, W. K. (Ed.). **Encyclopedia of Meat Sciences**. Oxford: Elsevier, 2004. p.271-278. ISBN 978-0-12-464970-5.

JOLY, G.; ANDERSTEIN, B. Starches. In: TARTÉ, R. (Ed.). **Ingredients in Meat Products - Properties, Functionality and Applications**. USA: Springer, 2009.

KEETON, J. T.; EDDY, S. CHEMICAL AND PHYSICAL CHARACTERISTICS OF MEAT | Chemical Composition. In: JENSEN, W. K. (Ed.). **Encyclopedia of Meat Sciences**. Oxford: Elsevier, 2004. p.210-218. ISBN 978-0-12-464970-5.

KNIFE, C. L. SAUSAGES, TYPES OF | Emulsion. In: JENSEN, W. K. (Ed.). **Encyclopedia of Meat Sciences**. Oxford: Elsevier, 2004. p.1216-1220. ISBN 978-0-12-464970-5.

LAM, R. S. H.; NICKERSON, M. T. Food proteins: A review on their emulsifying properties using a structure–function approach. **Food Chemistry**, v. 141, n. 2, p. 975-984, 11/15/ 2013. ISSN 0308-8146. Disponível em: <
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0308814613004846> >.

LEMOES, A. L. D. S. C.; HAGUIWARA, M. M. H.; YAMADA, E. A. **Processamento de Embutidos Carneos**. 2 Ed. Brasil: ITAL, Centro de Tecnologia de Carnes, 2011.

MANDIGO, R. W.; ESQUIVEL, O. CHEMISTRY AND PHYSICS OF COMMINUTED PRODUCTS | Emulsions and Batters. In: JENSEN, W. K. (Ed.). **Encyclopedia of Meat Sciences**. Oxford: Elsevier, 2004. p.266-271. ISBN 978-0-12-464970-5.

MCCLEMENTS, D. J. **Food emulsions: Principles, practice and techniques** 2nd ed. Boca Raton, FL, USA: : 2005.

MILLS, E. ADDITIVES | Functional. In: JENSEN, W. K. (Ed.). **Encyclopedia of Meat Sciences**. Oxford: Elsevier, 2004. p.1-6. ISBN 978-0-12-464970-5.

MORIN, L. A.; TEMELLI, F.; MCMULLEN, L. Interactions between meat proteins and barley (*Hordeum* spp.) β -glucan within a reduced-fat breakfast sausage system. **Meat Science**, v. 68, n. 3, p. 419-430, 11// 2004. ISSN 0309-1740. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030917400400110X> >.

NISHINARI, K. et al. Soy proteins: A review on composition, aggregation and emulsification. **Food Hydrocolloids**, v. 39, n. 0, p. 301-318, 8// 2014. ISSN 0268-005X. Disponível em: < <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X14000319> >.

OCKERMAN, H. W.; BASU, L. CHEMISTRY AND PHYSICS OF COMMINUTED PRODUCTS | Other Ingredients. In: JENSEN, W. K. (Ed.). **Encyclopedia of Meat Sciences**. Oxford: Elsevier, 2004. p.283-290. ISBN 978-0-12-464970-5.

ORDÓÑEZ, J. A. et al. **Tecnología de Alimentos - Orígenes Animal**. Madrid Espanha: 2005.

PARDI, M. C. et al. **Ciência, Higiene e Tecnologia da Carne**. Goiânia - Goiás - Brasil. II 2007.

PEARSON, A. M.; GILLET, T. A. **Processed meats**. 3 Ed. New York: Chapman & Hall, 1996.

PINCUS, M. R. 2 - Physiological Structure and Function of Proteins. In: SPERELAKIS, N. (Ed.). **Cell Physiology Source Book (Third Edition)**. San Diego: Academic Press, 2001. p.19-42. ISBN 978-0-12-656976-6.

PRICE, J. F.; SCHWEIGERT, B. S. **Science of Meat and Meat Products**. United States: 1971.

SEBRANEK, J. G. Basic Curing Ingredients. In: TARTÉ, R. (Ed.). **Ingredients in Meat Products - Properties, Functionality and Applications**. USA: Springer, 2009.

SUN, X. S. 9 - Thermal and Mechanical Properties of Soy Proteins. In: WOOL, R. P. e SUN, X. S. (Ed.). **Bio-Based Polymers and Composites**. Burlington: Academic Press, 2005. p.292-326. ISBN 978-0-12-763952-9.

TESTER, R. F.; KARKALAS, J.; QI, X. Starch—composition, fine structure and architecture. **Journal of Cereal Science**, v. 39, n. 2, p. 151-165, 3// 2004. ISSN 0733-5210. Disponível em: <
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0733521003001139> >.

TORNBERG, E. Effects of heat on meat proteins – Implications on structure and quality of meat products. **Meat Science**, v. 70, n. 3, p. 493-508, 7// 2005. ISSN 0309-1740. Disponível em: <
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174005000434> >.

XIONG, Y. L. CHEMICAL AND PHYSICAL CHARACTERISTICS OF MEAT | Protein Functionality. In: JENSEN, W. K. (Ed.). **Encyclopedia of Meat Sciences**. Oxford: Elsevier, 2004. p.218-225. ISBN 978-0-12-464970-5.

ZORBA, Ö. The effects of the amount of emulsified oil on the emulsion stability and viscosity of myofibrillar proteins. **Food Hydrocolloids**, v. 20, n. 5, p. 698-702, 7// 2006. ISSN 0268-005X. Disponível em: <
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X05001475> >.

ZORBA, Ö.; KURT, Ş. Optimization of emulsion characteristics of beef, chicken and turkey meat mixtures in model system using mixture design. **Meat Science**, v. 73, n. 4, p. 611-618, 8// 2006. ISSN 0309-1740. Disponível em: <
<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0309174006000714> >.