



VITOR ANDRE SILVA VIDAL

**EFEITO DA REDUÇÃO DE CLORETO DE SÓDIO E FOSFATO SOBRE AS
PROPRIEDADES FUNCIONAIS DE EMULSÕES CÁRNEAS ADICIONADAS
DE SAIS SUBSTITUTOS**

Campinas

2015



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

VITOR ANDRE SILVA VIDAL

***EFEITO DA REDUÇÃO DE CLORETO DE SÓDIO E FOSFATO SOBRE AS
PROPRIEDADES FUNCIONAIS DE EMULSÕES CÁRNEAS ADICIONADAS
DE SAIS SUBSTITUTOS***

Dissertação apresentada à Faculdade
de Engenharia de Alimentos da
Universidade Estadual de Campinas
como parte dos requisitos exigidos para
a obtenção do título de mestre em
Tecnologia em Alimentos.

Orientadora: Dr^a MARISE APARECIDA RODRIGUES POLLONIO

ESTE EXEMPLAR CORRESPONDE À
VERSÃO FINAL DA DISSERTAÇÃO
DEFENDIDA PELO ALUNO VITOR
ANDRE SILVA VIDAL E ORIENTADO
PELA PROFA. DRA. MARISE APARECIDA
RODRIGUES POLLONIO

Assinatura do Orientador

Campinas

2015

iii

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca da Faculdade de Engenharia de Alimentos
Claudia Aparecida Romano - CRB 8/5816

V667e Vidal, Vitor Andre Silva, 1991-
Efeito da redução de cloreto de sódio e fosfato sobre as propriedades funcionais de emulsões cárneas adicionadas de sais substitutos / Vitor Andre Silva Vidal. – Campinas, SP : [s.n.], 2015.

Orientador: Marise Aparecida Rodrigues Pollonio.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos.

1. Sódio. 2. Fosfato. 3. Cloreto de cálcio. 4. Cloreto de potássio. I. Pollonio, Marise Aparecida Rodrigues. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de Engenharia de Alimentos. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Reduction of sodium chloride and phosphate on the functional properties of meat emulsions containing salt substitutes

Palavras-chave em inglês:

Sodium

Phosphate

Calcium chloride

Potassium chloride

Área de concentração: Tecnologia de Alimentos

Titulação: Mestre em Tecnologia de Alimentos

Banca examinadora:

Pedro Eduardo de Felicio [Presidente]

Helia Harumi Sato

Marcelo Antonio Morgano

Data de defesa: 10-04-2015

Programa de Pós-Graduação: Tecnologia de Alimentos

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Pedro Eduardo de Felício

Presidente

Prof^a. Dr^a. Hélia Harumi Sato

Membro Titular

Dr. Marcelo Antonio Morgano

Membro Titular

Prof^a. Dr^a. Andrea Carla da Silvia Barretto

Membro Suplente

Prof. Dr. Sergio Bertelli Pflanze Júnior

Membro Suplente

RESUMO GERAL

Com o aumento das informações científicas sobre a relação entre a quantidade e composição de alimentos consumidos na dieta e a saúde, a busca por alimentos mais saudáveis tornou-se relevante nas escolhas dos consumidores. A carne e os produtos cárneos são excelente fonte de oligoelementos, proteínas de alto valor biológico, minerais, vitaminas do grupo B e outros compostos bioativos. Porém, os elevados níveis de ácidos graxos saturados, colesterol, gordura, aditivos e, especialmente sódio tem imposto limites ao seu consumo. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a redução do teor de cloreto de sódio (NaCl), principal fonte de sódio e tripolifosfato de sódio (TPFS) em emulsões cárneas de baixo custo (alto teor de carne de frango mecanicamente separada) e em formulações nobres (alto teor de matéria-prima cárnea). O estudo foi dividido em duas etapas. Na primeira, foram elaboradas emulsões cárneas populares (60% de carne de frango mecanicamente separada) contendo sais substitutos (NaCl, KCl e CaCl_2) combinados ou isolados com base na força iônica correspondente a 2,5% de NaCl, e formulações com apenas redução de 50% destes sais e TPFS com objetivo de avaliar o efeito sobre as propriedades físico-químicas. Na segunda etapa, foram elaborados 5 tratamentos que apresentaram melhor desempenho na primeira etapa, contendo formulações com *blend* de sais (NaCl, KCl e CaCl_2), e redução de 50% de NaCl e TPFS em emulsões cárneas com alto teor de matéria-prima cárnea. O objetivo da segunda etapa foi igualmente utilizar *blends* de sais como estratégia para reduzir parcialmente o teor de NaCl e TPFS em emulsões cárneas elaboradas com alto teor de matéria-prima cárnea e verificar o efeito destes nas características físico-químicas a fim de que as matrizes cárneas pudessem ser comparadas. Na primeira e segunda etapa foram determinados: teores de Na, K e Ca, estabilidade de emulsão, pH, avaliação da cor instrumental, Aw, microestrutura e perfil de textura. O KCl foi

reportado como o melhor sal substituto ao NaCl, não tendo diferença ou resultando somente em pequenas diferenças em relação aos tratamentos contendo apenas NaCl. O sal substituto CaCl_2 causou efeito negativo nas características da matriz cárnea, principalmente na porcentagem de extração das proteínas miofibrilares, ainda que com a mesma força iônica que NaCl. O uso de *blend* de sais (50% NaCl, 25% KCl e 25% CaCl_2) mostrou-se ser uma boa alternativa para redução de sódio. Desta forma, a combinação de sais substitutos (50% NaCl, 25% KCl e 25% CaCl_2) e utilização do KCl como sal substituto ao NaCl apresentou-se como uma alternativa para redução de sódio tanto em emulsões cárneas com alto teor de matéria-prima cárnea quanto em emulsão cárnea com alto teor de CMS. No entanto, a redução de fosfato em formulações populares com redução de sódio e adicionada de sais substitutos deve ser melhor investigada para ser implementada.

Palavras-chaves: redução de sódio, fosfato, cloreto de cálcio, cloreto de potássio

ABSTRACT

The scientific and technological development on food composition and its relationship with food intake and health has led consumer to make healthier food choices. Meat and meat products are excellent source of trace elements, protein with high biological value, minerals, B vitamins and other bioactive compounds. However, their high levels of saturated fatty acids, cholesterol, fat, additives and especially sodium have imposed limits on consumption. In this context, the aim of this study was to evaluate the reduction of sodium chloride (NaCl), the main source of sodium, and sodium tripolyphosphate (STPP) in low-cost meat emulsions (high content of mechanically separated poultry meat) and noble formulations (high content of meat raw material). The study was divided into two stages. First, popular meat emulsions were prepared (60% of mechanically deboned poultry meat) containing salts substitutes (NaCl, KCl and CaCl_2) alone or in combination, corresponding to ionic strength of 2.5% NaCl. Then, formulations containing 50% of these salts and STPP were also prepared to evaluate the effect of salt reduction on the physicochemical properties of the processed products. In the second stage, the five treatments with the best performance were prepared, containing blend of salts (NaCl, KCl and CaCl_2), and 50% reduction of NaCl and STPP in meat emulsions with high content of meat raw material. The second stage aimed to utilize blends of salts as a strategy to partially reduce NaCl and STPP in meat emulsions containing high content of meat raw material, and to verify its effect on the physicochemical characteristics and compare the meat matrices. In both stages, Na, K and Ca, emulsion stability, pH, instrumental color, a_w , microstructure and texture profile were determined. The KCl was reported as the best substitute to NaCl, once little differences were observed in the treatments containing only NaCl. The salt substitute CaCl_2 caused a negative effect on the characteristics of the meat matrix especially in the percentage of myofibrillar proteins extracted, despite the

similar NaCl ionic strength of all formulations. The use of salt blend (50% NaCl, 25% KCl, and CaCl₂ 25%) proved to be a good alternative to sodium reduction. Thus, the combination of salt substitutes (50% NaCl, 25% KCl, and 25% CaCl₂) and the use of KCl as NaCl substitute may be an alternative to sodium reduction in both emulsions with a high content of meat raw material as with high content of mechanically deboned poultry meat. However, further studies are required on the phosphate reduction in the popular formulations containing low sodium and salt substitutes.

Keywords: sodium reduction, phosphate, calcium chloride, potassium chloride

SUMÁRIO

RESUMO GERAL	vii
ABSTRACT	ix
INTRODUÇÃO GERAL	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	4
CAPÍTULO 1 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA: REDUÇÃO DE SÓDIO E FOSFATO EM PRODUTOS CÁRNEOS EMULSIONADOS: IMPLICAÇÕES SOBRE AS PROPRIEDADES FUNCIONAIS DAS PROTEÍNAS MIOFIBRILARES	7
1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	9
1.1 REDUÇÃO DE SÓDIO EM PRODUTOS CÁRNEOS	9
1.2 PROTEÍNAS DA CARNE	10
1.2.1 Proteínas miofibrilares	11
1.2.1.1 Propriedades funcionais das proteínas miofibrilares.....	12
1.2.1.2 Fatores que afetam as propriedades funcionais das proteínas miofibrilares.....	15
1.2.2 Proteínas sarcoplasmáticas	17
1.2.3 Proteínas do estroma.....	18
1.3 PRINCÍPIOS DE ELABORAÇÃO DE EMULSÕES CÁRNEAS.....	19
1.3.1 <i>Batters</i> Cárneos	21
1.4 FUNÇÕES DO CLORETO DE SÓDIO EM PRODUTOS CÁRNEOS EMULSIONADOS	21
1.5 FUNÇÕES DO FOSFATO EM PRODUTOS CÁRNEOS EMULSIONADOS	24
1.6 CARNE DE FRANGO MECANICAMENTE SEPARADA: PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS.....	26
1.7 UTILIZAÇÃO DE SAIS SUBSTITUTOS AO CLORETO DE SÓDIO EM PRODUTOS CÁRNEOS.....	27
1.8 EXTRAÇÃO DAS PROTEÍNAS MIOFIBRILARES INFLUENCIADA PELO USO DE DIFERENTES SAIS	29
1.8.1 Diferentes métodos de extração	31
1.9 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	34
CAPÍTULO 2 - EFEITO DA REDUÇÃO DE CLORETO DE SÓDIO E FOSFATO SOBRE AS PROPRIEDADES FUNCIONAIS DE EMULSÕES CÁRNEAS CONTENDO ALTO TEOR DE CARNE DE FRANGO MECANICAMENTE SEPARADA	43

RESUMO	45
1. INTRODUÇÃO	46
2. MATERIAL E MÉTODOS	48
2.1 MATÉRIAS-PRIMAS, INGREDIENTES E ADITIVOS	48
2.2 TRATAMENTOS	48
2.3 PROCESSAMENTO DOS TRATAMENTOS DO <i>BATTER</i> CRU E COZIDO	49
2.4 ANÁLISES REALIZADAS	50
a) Determinação de pH	50
b) Determinação de atividade de água (<i>Aw</i>)	50
c) Porcentagem da estabilidade da emulsão do <i>batter</i> cru	51
d) Extração das proteínas miofibrilares.....	51
e) Determinação da concentração das proteínas miofibrilares	51
f) Determinação de umidade.....	52
g) Determinação de gordura	52
h) Determinação de cinzas	52
i) Determinação de proteínas.....	52
j) Determinação do teor de sódio, cálcio e potássio	52
k) Avaliação de cor instrumental.....	53
l) Avaliação do perfil de textura.....	54
m) Análise de microestruturas	54
n) Análise estatística.....	55
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
3.1 PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DOS <i>BATTERS</i> CRU DE EMULSÕES CÁRNEAS COM REDUÇÃO DE FOSFATO	55
3.1.1 pH, atividade de água, estabilidade de emulsão e extração de proteínas miofibrilares de <i>batters</i> cru de emulsões cárneas.....	55
a) pH.....	55
b) <i>Aw</i>	56
c) porcentagem da estabilidade da emulsão.....	56
d) porcentagem de extração de proteínas miofibrilares.....	59
3.1.2 Avaliação da cor objetiva de <i>batters</i> cru de emulsões cárneas com redução de sódio e fosfato.....	61

3.2. PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE EMULSÕES CÁRNEAS COZIDAS COM REDUÇÃO DE SÓDIO E FOSFATO	62
3.2.1 Composição centesimal.....	62
3.2.2 Teores de sódio, potássio e cálcio.....	63
3.2.3 Valores de pH e Aw de emulsões cárneas cozidas, ao longo de 60 dias de armazenamento, sob refrigeração.....	65
3.2.4 Avaliação da cor objetiva de emulsões cárneas cozidas com redução de sódio e fosfato ao longo do armazenamento	67
3.2.5 Análise de perfil de textura	70
3.2.6 Análise de microestrutura	74
4. CONCLUSÃO	77
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	77
CAPÍTULO 3 - EFEITOS DE DIFERENTES SAIS SUBSTITUTOS E FOSFATO EM EMULSÕES CÁRNEAS ELABORADAS COM ALTO TEOR DE MATÉRIA-PRIMA CÁRNEA E REDUÇÃO DE SÓDIO	83
RESUMO.....	85
1. INTRODUÇÃO	86
2. MATERIAL E MÉTODOS	87
2.1 MATÉRIAS-PRIMAS, INGREDIENTES E ADITIVOS.....	87
2.2 TRATAMENTOS.....	88
2.3 PROCESSAMENTO DOS TRATAMENTOS DO <i>BATTER</i> CRU E COZIDO.....	89
2.4 ANÁLISES REALIZADAS	90
a) Determinação de pH.....	90
b) Determinação de atividade de água (Aw).....	90
c) Porcentagem da estabilidade da emulsão do <i>batter</i> cru.....	90
d) Extração das proteínas miofibrilares.....	91
e) Determinação da concentração das proteínas miofibrilares	91
f) Determinação de umidade.....	91
g) Determinação de gordura	91
h) Determinação de cinzas	92
i) Determinação de proteínas.....	92
j) Determinação do teor de sódio, cálcio e potássio	92

k) Avaliação de cor instrumental.....	93
l) Avaliação do perfil de textura.....	93
m) Análise de microestruturas	94
n) Análise estatística.....	94
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	94
3.1 PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DOS <i>BATTERS</i> CRU DE EMULSÕES CÁRNEAS COM REDUÇÃO DE FOSFATO.....	95
3.1.1 pH, atividade de água, estabilidade de emulsão e extração de proteínas miofibrilares de <i>batters</i> cru de emulsões cárneas.....	95
a) pH.....	95
b) <i>Aw</i>	96
c) porcentagem da estabilidade da emulsão.....	96
d) porcentagem de extração de proteínas miofibrilares.....	98
3.1.2 Avaliação da cor objetiva de <i>batters</i> cru de emulsões cárneas com redução de sódio e fosfato.....	99
3.2. PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE EMULSÕES CÁRNEAS COZIDAS COM REDUÇÃO DE SÓDIO E FOSFATO	100
3.2.1 Composição centesimal.....	100
3.2.2 Teores de sódio, potássio e cálcio.....	101
3.2.3 Valores de pH e <i>Aw</i> de emulsões cárneas cozidas	102
3.2.4 Avaliação da cor objetiva de emulsões cárneas cozidas com redução de sódio e fosfato.....	103
3.2.5 Análise de perfil de textura	104
3.2.6 Análise de microestrutura	105
4. CONCLUSÃO	107
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	108
CONCLUSÃO GERAL.....	112

AGRADECIMENTOS

À Universidade Estadual de Campinas e à Faculdade de Engenharia de Alimentos, e ao CNPq, pelo apoio financeiro.

À minha orientadora, Prof^a Dr^a Marise Aparecida Rodrigues Pollonio, por sua inestimável dedicação, ensinamentos, conselhos, exemplo profissional e pessoal.

Ao José Roberto dos Santos, agradeço pela inestimável ajuda em todas as etapas deste trabalho e pelo exemplo profissional.

Ao Dr. Marcelo Antonio Morgano, agradeço pelo auxílio nas análises e por ajudar sempre que solicitado.

Agradeço aos membros da banca examinadora pelas correções e sugestões que permitiram uma valiosa melhora na qualidade do trabalho.

À minha namorada Fernanda Bristotti, agradeço pelo companherismo, compreensão, carinho e por sempre estar ao meu lado em todos os momentos.

À colega Camila Paglarini, agradeço pela amizade, companherismo, estímulo e ajuda para a realização deste trabalho.

Agradeço à minha família, pelo apoio em todos os momentos da minha vida.

À minha mãe Neila, ao meu pai Hamilton e aos meus irmãos Elisa e Pedro, agradeço por todo amor, apoio e por sempre acreditarem em mim.

Agradeço à todos os professores, funcionários e colegas que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

INTRODUÇÃO GERAL

Hoje em dia, com a mudança no estilo de vida das pessoas associada à modernização da sociedade e desenvolvimento de muitos novos produtos, está ocorrendo uma drástica mudança nos hábitos alimentares, o que resultou em um aumento no consumo de produtos industrializados. Alguns destes podem ser fontes de grande quantidade de componentes ricos em gordura, sódio e açúcares, os quais se forem consumidos em excesso, podem causar sérios problemas de saúde como obesidade, diabetes e doenças cardiovasculares (ROBERFROID, 2002).

A carne e os produtos cárneos possuem elevado valor nutricional, sendo uma importante fonte de vitaminas do grupo B, oligoelementos, proteínas de alto valor biológico, minerais e outros compostos bioativos. Porém, tais produtos possuem uma imagem negativa devido à sua contribuição como fonte de colesterol, ácidos graxos saturados, gordura, sódio e outras substâncias, que em quantidades que excedem as recomendadas podem causar danos à saúde (COFRADES et al., 2008).

O cloreto de sódio, principal fonte de sódio, possui um papel crítico na dieta humana, sendo necessário para muitas funções fisiológicas no corpo, porém seu consumo excessivo está associado com o desenvolvimento de vários problemas de saúde como câncer, hipertensão e distúrbios cardiovasculares (MORGAN et al., 2001; SACKS et al., 2001; TUOMILEHTO et al., 2001; MCGOUGH et al., 2012). A Organização Mundial da Saúde (OMS) recomenda uma ingestão diária de 2000 miligramas por dia. Considerando que 1 g de sal possui 400 mg de Na⁺ a ingestão de cloreto de sódio recomendada, é portanto de apenas 5 g por dia (WHO, 2004)

Uma grande barreira para a substituição parcial ou total do cloreto de sódio é o custo dos sais substitutos disponíveis no mercado, encarecendo o produto final. A aceitação positiva do consumidor em produtos processados com teor reduzido de cloreto de sódio ainda é um desafio, devido a certas mudanças sensoriais como na textura, sabor e aroma (DESMOND, 2006). Outro problema na redução e substituição do cloreto de sódio baseia-se em suas propriedades na matriz cárnea sob o ponto de vista funcional. O cloreto de sódio desempenha um papel chave na solubilização das proteínas miofibrilares, desnaturação/agregação resultando numa boa retenção de

água e gordura e elasticidade/rigidez desejável em géis cárneos (FERNÁNDEZ-MARTÍN et al., 2002).

A aplicação de cloreto de sódio é especialmente importante em produtos cárneos processados devido ao seu papel sensorial, tecnológico e de preservação (RUST, 1987; HUTTON, 2002; MAN, 2007). O cloreto de sódio é amplamente utilizado para o desenvolvimento de produtos cárneos devido às características que este desenvolve, principalmente como intensificador de sabor e desenvolvimento de propriedades de textura. Dentre as inúmeras funções tecnológicas que o cloreto de sódio desenvolve em produtos cárneos vale ressaltar o seu papel no aumento da hidratação e capacidade de retenção de água, modificação na textura, aumento da viscosidade e estabilidade de *batters* cárneos (DESMOND, 2006; TERREL, 1983).

É muito importante a solubilização das proteínas miofibrilares para o desenvolvimento de diversas propriedades tecnológicas (como aumento da capacidade de retenção e ligação de água, melhora na textura e redução de perda por cocção), mas para que estas proteínas sejam disponibilizadas é necessária força iônica suficiente. Essa força iônica geralmente é fornecida pelo cloreto de sódio. Com a solubilização provocada pelo cloreto de sódio, as proteínas miofibrilares formam um exudado viscoso na superfície, que se liga às peças de carne após o cozimento ou na massa cominuída, se o produto for emulsionado. Esta camada obtida forma uma matriz de proteína coagulada que aprisiona à água livre. Em produtos cárneos emulsionados, a proteína solubilizada na fase contínua forma um filme proteico em torno dos glóbulos de gordura, provocando retenção de gordura durante o cozimento. Com redução do cloreto de sódio, é necessário adicionar outros ingredientes funcionais ou mais proteína para aumentar o rendimento (TERREL, 1983).

Para a redução de cloreto de sódio, a prática mais comum é o uso de sais substitutos ou *blend* de sais (sendo KCl o sal substituto ao cloreto de sódio mais utilizado) junto com mascaradores de sabor. Além desta estratégia, pode-se mudar a forma física do sal tornando-o mais biodisponível (DESMOND, 2006). Existe ainda uma necessidade de desenvolver novas abordagens para reduzir o teor de sódio sem sacrificar ou diminuir a qualidade e/ou segurança do produto (MCGOUGH et al., 2012).

Os fosfatos alcalinos são amplamente utilizados em formulações de produtos cárneos devido às suas funções que incluem aumento da capacidade de retenção de água (CRA), principalmente. Esse efeito resulta do aumento da força iônica. Além do aumento da CRA, fosfatos possuem ação quelante atuando como sequestrantes de metais. Podem também desempenhar essa ação quelante sobre íons metálicos divalentes (como o CaCl_2), ligação de ânions de fosfatos com as proteínas e dissociação do complexo acto-miosina, aumentando a extração das proteínas miofibrilares (PATERSON et al., 1988). Em conjunto com o NaCl, os fosfatos alcalinos são mais efetivos no aumento da CRA, além de aumentar o rendimento de cocção e palatabilidade (suculência) (XIONG e KUPSKI, 1999). SOFOS (1986) relata que certos fosfatos em combinação com baixo teor de NaCl em produtos cárneos provoca a recuperação da qualidade do produto. Porém, o aumento da ingestão de fosfato na dieta humana tem sido relacionado com o aumento do risco de doenças cardiovasculares, danos ao metabolismo ósseo e funções renais (BOCKMAN et al., 2010; RITZ et al., 2012), estando também na mira de redução na reformulação de produtos cárneos visando apelos mais saudáveis.

Produtos cárneos emulsionados cozidos são muito populares e muito consumidos em todo mundo. Emulsão é um sistema coloidal de duas fases: a fase dispersa e a fase contínua com diferente composição. A fase dispersa também é conhecida como fase interna e a fase contínua como fase externa. Para a formação de emulsão cárnea é preciso ativar as proteínas presentes através da ruptura do sarcolema provocando a liberação da miosina e actina (proteínas miofibrilares), posteriormente solubilizadas e extraídas por sais e fosfatos (ULGADE-BENÍTEZ, 2012).

Em emulsões cárneas as proteínas da carne atuam como agentes emulsificantes, as quais conferem estabilidade ao sistema (FOEGENDING et al., 1991). Simplificadamente, a emulsão cárnea é elaborada pela mistura de carne, tecido adiposo, gelo, água e aditivos (SORAPUKDEE et al., 2013).

Em produtos cárneos emulsionados o uso de carne de frango mecanicamente separada (CMS) ocorre com grande frequência, em teores que variam de acordo com a legislação vigente (BRASIL, 2000). A CMS é um ingrediente amplamente utilizado na indústria cárnea, de baixo custo, textura pastosa, uniforme e fina (SOUSA et al., 2003).

O uso da CMS, em produtos emulsionados cárneos, implica no aumento da suscetibilidade à deterioração e redução de vida de prateleira pelo favorecimento de reações de oxidação lipídica devido ao aumento de teores de gordura, medula óssea e cálcio agregado no processo de extração, também ocorrendo aceleração do crescimento microbiano. Além disso, a carne de frango mecanicamente separada é fonte de proteínas miofibrilares, mas não eficiente como aquelas de matérias primas nobres (com alto teor de proteínas). Desta forma, a redução do teor de cloreto de sódio em tratamentos com altos teores de CMS é ainda mais desafiadora (HORITA et al., 2014).

Sendo assim, a proposta deste estudo é avaliar a influência da redução do cloreto de sódio, fosfato e utilização de sais substitutos, nas características físico-químicas e bioquímicas em *batters* cárneos e produto emulsionado cozido sem e com alto teor de carne de frango mecanicamente separada (CMS).

Referências bibliográficas

BOCKMAN, R. S., LANE, J. M., EVERETT, S. Bone consequences of high dietary phosphate. **Clinical Imaging**, v. 34, p. 411-412, 2010.

BRASIL. **Instrução Normativa n. 4, de 31 de março de 2000**, que aprova os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade de Carne Mecanicamente Separada, de Mortadela, de Linguiça e de Salsicha. Diário Oficial da União, 05 de abril de 2000.

COFRADES, S. et al. Influence of different types and proportions of added edible seaweeds on characteristics of low-salt gel/emulsion meat systems. **Meat Science**, v. 79, n. 1, p. 767-776, 2008.

DESMOND, E. Reducing salt: A challenge for the meat industry. **Meat Science**, v. 74, p. 188-196, 2006.

FERNÁNDEZ-MARTÍN, F., COFRADES, S., CARBALLO, J., & JIMÉNEZ-COLMENERO, F. Salt and phosphate effects on the gelling process of pressure/heat treated pork batters. **Meat Science**, v. 61, p. 15-23, 2002.

FOEGENDING, E. A., CLARK, J. B., & XIONG, Y. L. Gelation of myofibrillar proteins. **Interactions of food proteins**, p. 257-267, 1991.

HORITA, C. N., MESSIAS, V. C., MORGANO, M. A., HAYAKAWA, F. M., & POLLONIO, M.A.R. Textural, microstructural and sensory properties of reduced sodium frankfurter sausages containing mechanically deboned poultry meat and *blends* of chloride salts. **Food Research International**, v. 66, p. 29-35, 2014.

HUTTON, T. Sodium: Technological functions of salt in the manufacturing of food and drink products. **British Food Journal**, v. 104(2), p. 126-152, 2002.

MAN, C. M. D. Technological functions of salt in food products. Reducing salt in foods: Practical strategies, p. 157-173, 2007.

MCGOUGH, M. M., SATO, T., RANKIN, S. S., & SINDELAR, J. J. Reducing sodium levels in frankfurters using a natural flavor enhancer. **Meat Science**, v. 91, p. 185-194, 2012

MORGAN, T., AUBERT, J. F., & BRUNNER, H. Interactions between sodium intake, angiotensin II, and blood pressure as a cause of cardiac hypertrophy. **American Journal of Hypertension**, v. 14, p. 914–920, 2001.

PATERSON, B. C., PARRISH, F. C., JR., & STROMER, M. H. Effects of salt and pyrophosphate on the physical and chemical properties of beef muscle. **Journal of Food Science**, v. 53(5), p. 1258-1265, 1988.

RITZ, E., HAHN, K., KETTELER, M., KUHLMANN, M., & MANN, J. Phosphate additives in food-a health risk. **Deutsches Azteblatt International**, v.109(4), p. 49-55, 2012.

ROBERFROID, M. B. Global view on functional foods: European perspectives. **British Journal of Nutrition**, 88, p.133–138, 2002.

RUST, R. E. Sausage products. **The science of meat and meat products**, v. 3, p. 457-485, 1987

SACKS, F., SVETKEY, L. P., & VOLLMER, W. M. Effects on blood pressure of reduced dietary sodium and the dietary approaches to stop hypertension (DASH) diet. **The New England Journal of Medicine**, v. 344, p. 3–10, 2001.

SOFOS, J. N. Use of phosphates in low-sodium meat products, **Food Technology**, v. 40(9), 1986.

SORAPUKDEE, S. KONGTASORN, C., BENJAKUL, S., VISESSANGUAN, W. Influences of muscle composition and structure of pork from different breeds on stability and textural properties of cooked meat emulsion. **Food Chemistry**, v. 138, p. 1892-1901, 2013.

SOUSA, E. A., TEIXEIRA, L. C. V., MELLO, M. R. P. A., TORRES, E. A. F. S., & NETO, J. M. M. Aplicação de redes neurais para avaliação do teor de carne mecanicamente

separada em salsicha de frango. **Ciência e Tecnologia em Alimentos**, v. 23, n.3, 2003.

TERRELL, R. N. Reducing the sodium content of processed meats. **Food Technology**, v. 37(7), p. 66-71, 1983.

TUOMILEHTO, J., LINDSTORM, J., & ERIKSSON, J. G. Prevention of type 2 diabetes mellitus by changes in lifestyle among subjects with impaired glucose tolerance. **The New England Journal of Medicine**, v. 344, p. 1343–1350, 2001.

ULGADE-BENÍTEZ, V. Handbook of Meat and Meat Processing, CRC Press LLC, v. 2, p. 447,452,453, London, New York, Washington, D.C.;, 2012.

WHO Food and health in Europe—a new basis for action. **WHO Regional Publications European Series**, n.96, p. 1–385, 2004.

XIONG, Y. L., KUPSKI, D. R. Monitoring phosphate marinade penetration in tumbled chicken using a thin-slicing, dye-tracing method. **Poultry Science**, v. 78, p. 1048-1052, 1999.

Capítulo 1

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA:

REDUÇÃO DE SÓDIO E FOSFATO EM PRODUTOS CÁRNEOS EMULSIONADOS: IMPLICAÇÕES SOBRE AS PROPRIEDADES FUNCIONAIS DAS PROTEÍNAS MIOFIBRILARES

1. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

1.1 Redução de sódio em produtos cárneos

A principal fonte de sódio na dieta humana é proveniente do cloreto de sódio presente na maioria dos alimentos industrializados. O cloreto de sódio é composto por aproximadamente 40% de sódio e 60% de cloreto (HE e MACGREGOR, 2010). Existem diversos estudos relacionando o consumo excessivo de sódio com inúmeros problemas de saúde, entre eles a hipertensão e doenças cardiovasculares (DESMOND, 2006). A OMS recomenda uma ingestão diária de 5 g de sal (cloreto de sódio), que equivale a 2 g de sódio por dia. Segundo ZANARDI et al. (2010) foi considerado para esta recomendação quatro elementos: desenvolvimento de ações para sensibilizar os consumidores sobre os riscos da ingestão em excesso de sódio, dados nacionais disponíveis sobre o consumo e teores de cloreto de sódio em alimentos, reformulação dos alimentos industrializados e monitoramento e avaliação destas medidas.

A carne e os produtos cárneos contribuem significativamente no consumo diário de sódio, cerca de 16–25% do consumo diário total, ficando em segundo lugar entre os produtos que mais atribuem sódio a dieta, perdendo apenas para o pão (WHO, 2003).

Dessa forma, apesar de suas propriedades tecnológicas e sensoriais fundamentais, como desenvolvimento de sabor e propriedades de textura desejável, há uma grande pressão para diminuir a quantidade de cloreto de sódio nos alimentos, principalmente em produtos cárneos processados (DAHL, 1972; TERREL, 1983; MCGREGOR, 2007). Metas de redução de sódio estão sendo propostas e estabelecidas por órgãos de saúde pública em nível mundial, em parceria com a indústria de alimentos, governo, mídia entre outros (DESMOND, 2006).

A redução do teor de sódio ingerido através de alimentos industrializados, sem comprometer a segurança e a qualidade dos produtos industrializados é um grande desafio (DESMOND, 2006). Segundo MADRIL e SOFOS (1985) a redução da quantidade de cloreto de sódio geralmente adicionado em produtos cárneos diminui o tempo de vida útil ou torna-o não seguro sem adição de outros conservantes.

Os consumidores estão acostumados com o gosto salgado nos alimentos processados, dificultando em alguns casos a redução do teor de cloreto de sódio dos produtos cárneos processados (DESMOND, 2006). Segundo HENNEY et al. (2010), a redução de cloreto de sódio no alimento muitas vezes torna-o indesejável. Outro problema comum é conseguir substituir o cloreto de sódio por outros ingredientes com funcionalidades semelhantes, além de que alguns consumidores não se sentem confortáveis com novos ingredientes “desconhecidos” na embalagem (DESMOND, 2006).

Além da simples redução do nível de sal adicionado aos produtos, atualmente existem três estratégias principais para reduzir o teor de sal nos alimentos processados, como no caso dos produtos cárneos processados. Em primeiro lugar, e provavelmente a estratégia mais utilizada é a aplicação de sais substitutos, sendo o mais comum o KCl com adição conjunta de mascaradores de sabor. Em segundo lugar, é a utilização de realçadores de sabor que não possuem sabor salgado, mas aumentam o sabor salgado dos produtos, quando utilizados juntamente com o sal o que possibilita a redução do teor de sal adicionado. Em terceiro lugar, tem sido conduzida a otimização da forma física do sal tornando-o mais biodisponível pela alteração de sua estrutura molecular, resultando no aumento da percepção do gosto salgado com menor teor de NaCl adicionado (BARBUT, 1989; ANGUS et al., 2005). No entanto, essa estratégia apenas se mostra eficiente quando aplicada em sistemas de cobertura, uma vez que quando esses sais modificados em sua forma física são solubilizados, comportam-se como as estruturas tradicionais.

1.2 Proteínas da carne

As proteínas constituem-se em um dos principais componentes das matérias primas cárneas e junto com teores de umidade e gordura, definem as propriedades nutricionais de diferentes produtos, bem como definem a funcionalidade do sistema tecnológico que as contém. As proteínas da carne podem ser classificadas segundo sua solubilidade, em três grandes grupos: proteínas miofibrilares, sarcoplasmáticas e do estroma (ORDÓÑEZ, 2005).

1.2.1 Proteínas miofibrilares

As proteínas miofibrilares desempenham um papel relevante nas mudanças bioquímicas que ocorrem após o abate do animal, resultando em importantes propriedades funcionais. Este grupo de proteínas é extraído em média ou alta força iônica e constitui cerca de 65-75% do total de proteínas musculares (ORDÓÑEZ, 2005).

Há mais de vinte diferentes proteínas associadas às miofibrilas. Apenas seis dessas proteínas representam aproximadamente 90% do total de proteínas miofibrilares, sendo estas: miosina, actina, titina, tropomiosina, troponina e nebulina.

As proteínas miofibrilares são classificadas de acordo com a sua função (contrátil, regulatória, ou citoesquelética). Miosina e actina são as principais proteínas contráteis, troponina e tropomiosina são as principais proteínas regulatórias, e a titina e nebulina são as maiores proteínas citoesqueléticas. Proteínas regulatórias têm como papel regular as interações actina-miosina durante a contração muscular. As proteínas citoesqueléticas, como a titina e nebulina, servem como modelo ou armação para proporcionar o alinhamento dos miofilamentos durante a formação das miofibrilas e sarcômero (ABERLE et al., 2001; CHOI e KIM, 2009).

Miosina é uma proteína fibrosa que constitui cerca de 45% das proteínas miofibrilares. A extremidade espessa dessa molécula é normalmente referida como região de cabeça, e a longa e fina porção que forma a espinha dorsal do filamento grosso é chamado de porção da cauda (SMITH, 2001; SUN e HOLLEY, 2011). O ponto isoelétrico da miosina é 5,4. Conforme ocorre o desenvolvimento da contração muscular, a cabeça da miosina une-se a uma actina-g do filamento delgado. Esta união da actina e miosina forma o complexo chamado actomiosina, sendo constituinte da maior parte das proteínas miofibrilares encontradas na carne (ORDÓÑEZ, 2005).

A actina é o principal constituinte dos filamentos delgados, correspondendo a aproximadamente 20% das proteínas miofibrilares, possui forma globular (esférica) com cerca de 5,5 nm em diâmetro. Esta molécula globular é referida como actina-g e é a forma monomérica (molécula única) da actina. A natureza fibrosa da actina ocorre quando os monômeros de actina-g polimerizam-se para formar actina-f (actina fibrosa). Os monômeros de G-actina estão ligados entre si em cadeias na F-actina. Duas da

actina-f são enrolados em espiral em torno um da outra para formar uma super hélice, que é característica dos filamentos da actina. A cabeça da miosina possui sítios ativos funcionais dos filamentos grossos, que funcionam durante a contração muscular através da formação de pontes cruzadas com os filamentos da actina (ABERLE et al., 2001; SMITH, 2001; SUN e HOLLEY, 2011).

Tropomiosina e a troponina constituem cerca de 5% das proteínas miofibrilares. A tropomiosina está presente ao longo de cada lado dos polímeros de actina, e em intervalos de 30,5 nm ao longo dos filamentos finos, onde está localizada outra proteína, a troponina, que consiste em três unidades (T, C e I). Tanto a tropomiosina quanto a troponina estão presentes nas ranhuras dos filamentos da actina, onde estão organizadas as moléculas de tropomiosina (LAWRIE e LEDWARD, 2006)

Dentre as proteínas citoesqueléticas, a titina é a terceira proteína mais abundante no sarcômero, constituindo em torno de 10% das proteínas miofibrilares. Acredita-se que a titina é um importante estabilizador do sarcômero, regulador de força de atividade, e também está sendo associado com diversas propriedades mecânicas e estruturais (HERZOG et al., 2012). A nebulina compõe aproximadamente 4% das proteínas miofibrilares e está localizada perto e paralelo ao filamento fino (actina). No desenvolvimento muscular, acredita-se que a nebulina desempenha um papel na organização dos filamentos finos durante a formação miofibrilar. No músculo maduro, a nebulina serve para estabilizar a estrutura dos filamentos finos (ABERLE et al., 2001).

1.2.1.1 Propriedades funcionais das proteínas miofibrilares

Propriedades funcionais são definidas como propriedades físicas ou químicas que determinam seu comportamento em alimentos durante o processamento, estocagem e consumo. As propriedades funcionais das proteínas são muito importantes para os atributos sensoriais, estabilidade e qualidade global de produtos alimentícios (SMITH, 2001).

O termo funcionalidade em ciência da carne se refere ao desempenho físico-químico das proteínas durante o processamento, que deve ser distinguido de

funcionalidade nutricional que é descrita como efeito na melhoria da saúde de certas proteínas e vários outros componentes presentes no alimento (XIONG, 2004).

A importância das propriedades funcionais varia de acordo com o tipo e concentração de ingredientes não-cárneos, fonte de carne, tipo de produto, tipo de equipamento utilizado no processamento, condições de processamento e etapa de processamento. As propriedades funcionais das proteínas são influenciadas pela adição de ingredientes e condições de armazenamento (SMITH, 2001).

As proteínas miofibrilares possuem múltiplas funcionalidades importantes em produtos cárneos, incluindo: capacidade de retenção de água, solubilidade, extração, emulsificação, gelificação, adesão/ligação, capacidade de retenção de flavor, retenção de gordura. Isto é, para cada proteína é esperado que exiba mais do que uma propriedade funcional simultaneamente ou sequencialmente durante o processamento. A versatilidade deste grupo de proteínas proporciona o desenvolvimento de uma variedade de textura em produtos cárneos reestruturados. (SMITH, 1988; SMITH, 2001; XIONG, 2004)

A habilidade da carne ou produtos cárneos de reter a água adicionada durante um processo (exemplo: injeção) ou manter a água presente é definida como capacidade de retenção de água (CHENG e SUN, 2008). A teoria clássica de retenção de água em carnes é baseada nas forças osmóticas ou eletrostáticas, que causam um aumento no espaçamento das miofibrilas (PUOLANNE e HALONEN, 2010). O espaço entre os filamentos não é constante, variando de acordo com o tipo de fibra, o estado de contração, força iônica, presença de polifosfatos e cations divalentes, comprimento do sarcômero e muitos outros fatores (XIONG, 2004).

A maior parte da água retida no músculo está presente nas miofibrilas entre os espaços do filamento grosso (miosina) e o filamento fino (actina), e produtos químicos, físicos ou enzimáticos podem aumentar o espaço entre os filamentos. Neste contexto, o uso de sais e fosfatos para aumentar a retenção de água em produtos cárneos cozidos é baseado neste princípio (XIONG, 2004). Segundo XIONG (2004) a hidratação e retenção da água adicionada é possível devido a indução causada pelo NaCl e fosfato expandindo as miofibrilas e causando entumescimento.

As características de desnaturação das proteínas miofibrilares contribuem para as propriedades de capacidade de retenção de água e textura de produtos cárneos (YANG e FRONING, 1992). Um decréscimo rápido do pH em conjunto com temperatura elevada conduz a um aumento na contração das miofibrilas e desnaturação das proteínas ocasionando uma diminuição da capacidade de retenção de água (MICKLANDER et al., 2005) que posteriormente influenciará as propriedades tecnológicas dos produtos processados.

A gelificação induzida termicamente é uma das propriedades funcionais mais importantes em produtos cárneos processados (YANG e FRONING, 1992). A gelificação após aquecimento e propriedades de textura são influenciadas pelo tipo e quantidade de proteína extraída, estrutura proteica, solubilidade da proteína, força iônica, pH, presença de fosfatos e sais (HAMM, 1960; FUKAZAWA et al., 1961; ASGHAR et al., 1985). Esse fenômeno de formação de gel influencia muitas propriedades funcionais e de textura como capacidade de retenção de água, elasticidade e força do gel (FUKAZAWA et al., 1961; ASGHAR et al., 1985; HAMM, 1986).

Além da capacidade de retenção de água, as proteínas miofibrilares miosina, actina e acto-miosina são geralmente reconhecidas pelas suas importantes funcionalidades de emulsificação e estabilização em produtos cárneos emulsionados (GALLUZZO e REGENSTEIN, 1978).

Emulsão pode ser definida como um sistema coloidal que possui duas fases, sendo uma fase dispersa e uma contínua com diferente composição. A fase dispersa também é conhecida como fase interna e a fase contínua como fase externa (ULGADE-BENÍTEZ, 2012). Segundo MCCLEMENTS (2005) um sistema emulsionado é composto por dois líquidos imiscíveis em que ocorre dispersão de pequenas partículas esféricas.

Para a formação de uma emulsão cárnea é preciso ativar a maioria das proteínas presentes no músculo através da ruptura do sarcolema provocando a liberação da miosina e actina, posteriormente solubilizadas e extraídas por sais e fosfatos (ULGADE-BENÍTEZ, 2012).

Durante a ativação das proteínas, as proteínas miofibrilares tornam-se um fluido viscoso, que é responsável pela emulsificação da gordura e imobilização da água adicionada (ULGADE-BENÍTEZ, 2012). A emulsão cárnea é constituída de gotículas de gordura ou partículas de diâmetro maior que 100 µm; desta forma é considerada uma emulsão não verdadeira, podendo ser denominada *batter*. A emulsão verdadeira é composta de partículas de diâmetro entre 0,1 a 100 µm (MCCLEMENTS, 2005).

As proteínas miofibrilares, em particular a miosina, são preferencialmente adsorvidos na interface água/gordura. Proteínas miofibrilares produzem um gel forte, diferentemente das proteínas sarcoplasmáticas que produzem um gel fraco. A capacidade de retenção de água é fundamental para as características de produtos cárneos emulsionados, sendo que grande parte da água retida ocorre devido ao arranjo espacial da miosina e actina, que por sua vez é influenciado pelo pH (pH próximo do ponto isoelétrico diminui a capacidade de retenção de água) (ULGADE-BENÍTEZ, 2012).

1.2.1.2 Fatores que afetam as propriedades funcionais das proteínas miofibrilares

As proteínas miofibrilares desempenham um papel funcional muito importante nos produtos cárneos. Assim, as propriedades funcionais, como por exemplo, emulsificação, gelificação, capacidade de ligação de água, formação de filmes resistentes na superfície dos glóbulos de gordura dependem diretamente do estado destas proteínas miofibrilares (HONG et al., 2012).

O comportamento funcional das proteínas miofibrilares é influenciado pela sua capacidade de formar géis viscosos através das interações proteína-proteína, e no caso de emulsões cárneas, para formar filmes desejáveis na superfície dos glóbulos de gordura. As propriedades dos produtos cárneos processados, tais como, suculência, maciez e percepção de sabores durante a mastigação são atribuídas às propriedades funcionais destas proteínas (IONESCU et al., 2008)

Dentre as propriedades funcionais relevantes, a solubilidade da proteína é o fator mais importante, afetando todas as outras propriedades funcionais, sendo o pH e a

força iônica os fatores mais importantes em relação à solubilização das proteínas miofibrilares (HONG et al., 2012).

As proteínas miofibrilares são responsáveis pela retenção de água e propriedades de textura de produtos cárneos processados, sendo que, a extração destas proteínas é particularmente importante para retenção de água (ZHAO e CLAUS, 2013).

O tamanho (massa) e forma das moléculas de proteínas, a composição de aminoácidos e sequência de peptídeos, o arranjo espacial, as características de solubilidade, a superfície hidrofóbica, a concentração das proteínas extraídas na fase aquosa e tipo de fibras musculares são alguns dos mais importantes fatores intrínsecos que podem influenciar a funcionalidade das proteínas, inclusive as miofibrilares. Porém, o cozimento, temperatura, pH, oxidação, cominuição e presença de componentes não protéicos como minerais, lipídeos, carboidratos, ácidos, e muitos outros fatores de processamento podem influenciar as estruturas das proteínas e interações e afetar profundamente a funcionalidade das proteínas. Assim, para obter um produto de qualidade desejável, é fundamental conseguir e manter um bom equilíbrio entre diferentes fatores extrínsecos e intrínsecos. A maior parte da água do músculo está confinada dentro das miofibrilas no espaço entre o filamento fino (actina) e o filamento grosso (miosina), e processos físicos, químicos ou enzimáticos podem aumentar o espaço entre os filamentos, ou seja, ampliar os retículos miofibrilares. Isto pode trazer um aumento na capacidade de ligação de água em carnes. O aumento da retenção de água em carne cozida pelo uso de sal (NaCl ou KCl) e fosfatos é baseada neste princípio. Hidratação e retenção de água adicionada são feitas possivelmente através da NaCl-indução e fosfato-indução, expandindo as miofibrilas, assim, ocorrendo inchaço transversal (XIONG, 2004). A relação entre a força iônica e a solubilidade das proteínas miofibrilares pode ser observado na Figura 1.

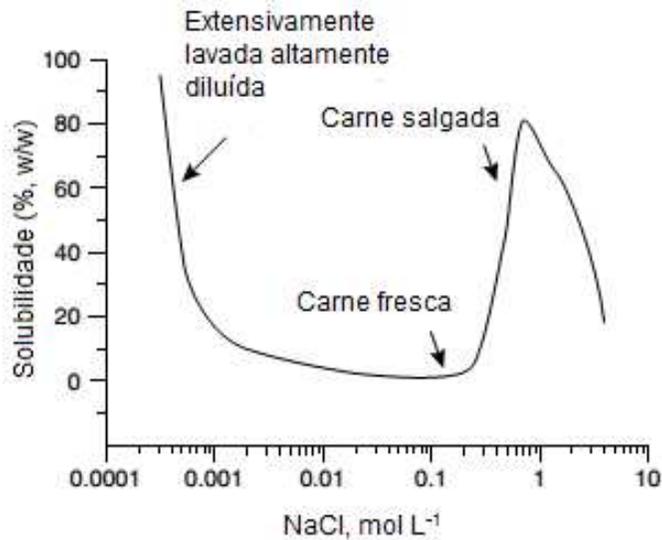


Figura 1. Esquema representativo da relação da força iônica-solubilidade das proteínas miofibrilares do músculo.

Fonte: Xiong (2004) com modificações.

1.2.2 Proteínas sarcoplasmáticas

As proteínas sarcoplasmáticas são encontradas no sarcoplasma, ou no fluido circundante e ao redor das miofibrilas na matriz cárnea. Representam cerca de 30 a 35% do total das proteínas, são comumente referidas como solúveis em água, porque são geralmente extraídas em água ou em solução salina de baixa força iônica (0,06). Esta fração é constituída por enzimas oxidativas, como os citocromos, mioglobinas e muitos pigmentos heme, nucleotídeos de flavina, e enzimas oxidativas das mitocôndrias. As enzimas glicolíticas encontradas na fração sarcoplasmática também tem a função de controlar tanto a oxidação aeróbica quanto a anaeróbica do piruvato. Além disso, as proteínas sarcoplasmáticas possuem enzimas lisossomais e nucleoproteínas, que possuem função na degradação hidrolítica de material de resíduos e regular a síntese e deposição de proteínas (PEARSON e GILLET, 1996).

Emulsões feitas a partir das proteínas sarcoplasmáticas não são estáveis como as emulsões formadas por proteínas miofibrilares, mas são mais estáveis que as matrizes feitas a partir da fração do tecido conectivo (PEARSON e GILLET, 1996).

A mioglobina e a hemoglobina são responsáveis pela cor da carne (LEDWARD, 1984), sendo a mioglobina a principal proteína que influencia a cor (MANCINI e HUNT, 2005), mas geralmente, estas proteínas possuem um papel não muito importante na funcionalidade das proteínas da carne (SMITH, 2001).

São observadas diversas cores na carne devido a grande quantidade de ligantes que podem unir-se ao átomo de ferro no anel heme da mioglobina (MILLAR et al., 1996). A cor na avaliação da qualidade da carne tem uma correlação indireta entre a luminosidade da cor na superfície e a palatabilidade da carne (KRZYWICKI, 1979). Segundo CARPENTER et al. (2001) há uma forte preferência do consumidor pela carne com cor vermelha e rejeição da carne que não possui esta cor.

As proteínas sarcoplasmáticas são desnaturadas por baixo pH ou por calor. Estas proteínas são altamente solúveis, possuem uma baixa viscosidade e força de gel e contribui minimamente na textura, capacidade de retenção de água e emulsificação (HOOGENKAMP, 2005).

1.2.3 Proteínas do estroma

As proteínas do estroma, que também são referidas como proteínas do tecido conjuntivo, mantém unida e suporta a estrutura muscular, em torno das fibras musculares e músculo inteiro (SMITH, 2001).

O tecido conjuntivo que rodeia o músculo é chamado de epimísio. O tecido conjuntivo envolvendo os feixes de fibras musculares é chamado de perimísio, e o tecido que envolve a fibra individualmente é denominado endomísio. A principal proteína do estroma é o colágeno, e as proteínas elastina e reticulina são os menores constituintes da fração (SMITH, 2001).

O colágeno é caracterizado pela presença de aminoácidos incomuns. A glicina representa cerca de um terço do total de resíduos de aminoácidos, a hidroxiprolina

constitui cerca de 10%, prolina aproximadamente 12% e alanina cerca de 11%. A hidroxilisina que é caracterizada por ser confinada no colágeno representa uma pequena porcentagem (menos que 1%). Histidina, tirosina, e aminoácidos sulfurados representam menos de 1%, que é demasiadamente baixa. Sendo assim, os resíduos polares possuem aproximadamente 18% e amidas 5% do total de resíduos de aminoácidos. O colágeno é caracterizado pelas ligações cruzadas inter e intramoleculares e a extensão das ligações cruzadas aumentam de acordo com a idade do animal. O colágeno de animais velhos possuem maior quantidade de ligações cruzadas, e torna mais difícil a extração protéica (PEARSON e GILLET, 1996).

As proteínas do estroma não são dissolvidas por soluções ácidas ou alcalinas ou por soluções concentradas de certos sais neutros e não eletrólitos a menos que tenham sido previamente desnaturados pelo calor ou uréia, porém as fibras são facilmente digeridas por pepsinas e collagenase, mas são resistentes à digestão da tripsina e quimiotripsina (PEARSON e GILLET, 1996).

Um problema que o colágeno pode acarretar é o encolhimento em produtos cárneos cominuídos, especialmente quando cozido em altas temperaturas, ou interferir na ligação entre pedaços de carne em produtos formados (SMITH, 2001). Tratamento térmico por tempo prolongado acima da temperatura de retração térmica converte colágeno em gelatina solúvel. Esta última propriedade é responsável pelo acúmulo de gordura em *batters* de salsichas ou emulsões preparadas a partir do colágeno (PEARSON e GILLET, 1996).

1.3 Princípios de elaboração de emulsões cárneas

Produtos cárneos emulsionados cozidos são muito populares e muito consumidos em todo mundo. Simplificadamente, a emulsão é elaborada pela mistura de carne finamente picada, tecido adiposo, água, gelo e aditivos (como nitrito, sal, fosfatos e condimentos). Há centenas de diferentes produtos disponíveis para o consumo, por exemplo, mortadela, salsicha e bolo de carne. Uma matriz protéica com elevada estabilidade para ligação de gordura e capacidade de retenção de água é geralmente desejável para o processamento, porque a incapacidade de formar gel pode produzir

uma excessiva perda de gordura e água, produzindo uma textura mole e farinhenta (SORAPUKDEE et al., 2013).

As proteínas da carne atuam como agentes emulsificantes em uma emulsão cárnea, as quais conferem estabilidade ao sistema. Para formar uma emulsão estável, as proteínas devem rodear as partículas de gordura finamente trituradas antes de ocorrer o cozimento, sendo a miosina a proteína estrutural principal. Acredita-se que a miosina pode se unir a interface óleo-água, tal como os resíduos de aminoácidos apolares da cauda de miosina podem ser atraídas para a superfície da célula de gordura, sendo que os resíduos de aminoácidos da cabeça da miosina podem ser associados com a fase aquosa. Além das proteínas da carne, a gordura é muito importante para produtos cárneos devido a sua contribuição para a suculência, maciez e palatabilidade global (FOEGEDING et al., 1991).

Emulsões de salsicha e mortadela, sob o ponto de vista tecnológico, dependem do estado em que se encontram as proteínas. Há vários fatores que afetam a qualidade dos produtos emulsionados, por exemplo, tamanho das partículas de gordura, pH da emulsão, aditivos não cárneos, espécie da carne (bovina, suína ou de aves), tempo e temperatura de corte ou emulsificação, método de cozimento, etc. (SORAPUKDEE et al., 2013).

O mercado e consumo de produtos cárneos como linguiças, salsichas, mortadelas, hambúrgueres e outros, tem apresentado uma significativa expansão e alta competitividade na última década, tornando-se uma importante parte do hábito alimentar de uma parcela considerável de consumidores brasileiros. O preço acessível para a maioria dos brasileiros, a praticidade do preparo e o valor protéico desses produtos (em especial a salsicha), contribuem para melhorar a qualidade nutricional principalmente da população de menor renda. Também deve-se considerar uma relevante diferença entre os fabricantes, que engloba a qualidade, o preço e a apresentação do produto (MELO FILHO e GUERRA, 1998). Considerando os elevados teores de sódio nessa categoria de produtos, a busca de substitutos de cloreto de sódio ganha importância em nível nacional e mundial.

1.3.1 *Batters* Cárneos

Batters cárneos são sistemas complexos que consistem de fibras musculares, proteínas musculares, fragmentos de miofibrilas, gotículas de gordura, células de gordura, água, fosfatos, sais, e outros ingredientes submetidos a um processo de cominuição, formando uma emulsão, embora não verdadeira, já que o tamanho de partícula é bem superior. Produtos como salsichas e mortadelas, tipicamente possuem cerca de 17 a 20% de proteína, 10 a 20% de gordura, e 60 a 80% de água. Assim, uma quantidade relativamente pequena de proteína tem o papel de ligar uma quantidade relativamente grande de água e gordura. Em formulações padrões de produtos cárneos é adicionado cerca de 1,5 a 2% de sal para a extração e solubilização das proteínas miofibrilares (SMITH, 2001).

Existem duas teorias alternativas para a estabilização de *batters* cárneos: a teoria da gelificação (retenção física), que é baseada no aprisionamento da gordura dentro do gel, induzida pelo calor na matriz proteica após o cozimento, e a teoria da emulsão, que é baseada na formação de um filme proteico interfacial em torno da gordura. Independentemente do mecanismo de estabilização do *batter* é evidente que a quantidade e o tipo de proteína extraída na fase aquosa afeta a estabilidade do *batter* (GORDON e BARBUT, 1992).

Produtos como salsichas e mortadelas (finamente cominuídos), necessitam de uma alta ligação e são mais sensíveis a mudanças na quantidade de sal adicionada se for comparada com produtos formados ou fragmentados (BARBUT, 1989).

1.4 Funções do cloreto de sódio em produtos cárneos emulsionados

O cloreto de sódio é o ingrediente mais comumente utilizado no processamento de produtos cárneos, sendo utilizado como intensificador de sabor e principalmente por fornecer propriedades de textura desejáveis em produtos cárneos. Cloreto de sódio possui diversas funções tecnológicas desejáveis em produtos cárneos, como: elevação da força iônica dos sistemas cárneos favorecendo a extração das proteínas miofibrilares, aumento da hidratação e capacidade de retenção de água devido à

ativação de proteínas, modificação da textura, aumento da viscosidade de *batters* cárneos e tornando-os mais estável devido a maior facilidade da incorporação de gordura (DESMOND, 2006; TERREL, 1983).

Uma das principais funções do cloreto de sódio em produtos cárneos processados é a solubilização das proteínas miofibrilares, as quais são solúveis em alta força iônica. Com isso, ocorre a ativação destas proteínas provocando aumento na hidratação, capacidade de ligação de água e retenção de água, melhora da textura, e redução de perda por cocção, tendo como consequência aumento da suculência e maciez do produto cárneo. Outro fator importante nos produtos cárneos processados é a extração da miosina. Com a solubilização provocada pelo cloreto de sódio, as proteínas miofibrilares formam um exudato viscoso na superfície, que se liga às peças de carne após o cozimento. Esta camada obtida forma uma matriz de proteína coagulada que aprisiona a água livre. Em produtos emulsificados ou finamente picados, a proteína solubilizada na fase contínua forma um filme protéico em torno dos glóbulos de gordura, assim, retendo gordura durante o cozimento. Em produtos com baixo teor de sal, é necessário adicionar mais proteína ou outros ingredientes funcionais para aumentar o rendimento (TERREL, 1983).

O cloreto de sódio é utilizado há muito tempo para inibir o crescimento e sobrevivência de micro-organismos patogênicos e indesejáveis, principalmente antes da refrigeração. Porém, com a melhora das embalagens, armazenamento e velocidade de transporte têm diminuído a necessidade do cloreto de sódio em alimentos, mas, o sal ainda possui um grande papel para prevenir a deterioração rápida, aumentando a vida útil. Com a inibição de micro-organismos patogênicos, o alimento se torna propício para o desenvolvimento de micro-organismos desejáveis, como no caso de alimentos fermentados (HENNEY et al., 2010).

Quando a quantidade de sal é reduzida para níveis menores que os normais utilizados em produtos cárneos, o produto tem a vida-de-prateleira encurtada ou não é seguro sem adição de outros conservantes (MADRIL e SOFOS, 1985).

A adição de sal causa choque osmótico nas células microbianas, o que resulta na perda de água da célula provocando morte celular ou retardando o seu crescimento

(DAVIDSON et al., 2001). SHELEF et al. (2005) sugerem que o cloreto de sódio pode limitar a solubilidade do oxigênio, interfere na atividade das enzimas celulares, ou faz com que as células gastem energia para retirar íons de sódio do meio intracelular, inibindo o crescimento.

Além de ser relativamente barato, a adição de sal provoca melhorias positivas nas propriedades sensoriais, tornando o alimento mais “saboroso”. Para as pessoas que estão acostumadas com uma grande quantidade de cloreto de sódio no alimento, a redução deste muitas vezes torna o alimento indesejável. Para ocorrer uma redução com sucesso é necessário reduzir com cuidado e atenção para não afetar negativamente as propriedades sensoriais (HENNEY et al., 2010).

Segundo GILLETTE (1985) o cloreto de sódio aumenta o sabor doce e percepção da espessura do produto, mascara as notas químicas ou sabor metálico, e aumenta a intensidade do flavor (HENNEY et al., 2010). A influência na intensidade do flavor pode ocorrer devido à diminuição da atividade de água, o que pode provocar um aumento efetivo na concentração de flavor e melhorar a volatilidade dos componentes aromáticos (DELAHUNTY e PIGGOTT, 1995; HUTTON, 2002; HENNEY et al., 2010). Maior volatilidade de compostos aromáticos aumenta a percepção do aroma e contribui para o flavor (HENNEY et al., 2010).

O gosto salgado ocorre devido à dissociação do cloreto de sódio em íons. É conhecido que o íon de sódio (Na^+) é o principal responsável pelo gosto salgado, embora o íon cloreto (Cl^-) desempenhe um papel modulador (BARTOSHUK et al., 1980; HENNEY et al., 2010).

Dentre as estratégias utilizadas, o mais comumente empregado para manter o sabor de produtos processados, sem perda de funcionalidade, é a utilização de sais substitutos como, por exemplo, o cloreto de potássio (KCl) e o cloreto de cálcio (CaCl_2) (HORITA et al., 2011).

1.5 Funções do fosfato em produtos cárneos emulsionados

Produtos cárneos que requerem boa capacidade de retenção de água como requisito para estabilidade ao longo de sua vida de prateleira, em geral, são ricos em fosfatos, em função de suas propriedades tecnológicas. Em produtos mais populares e de baixo custo, os teores de fosfatos tendem a serem mais elevados para potencializar a CRA, uma vez que nesses produtos, a oferta de proteínas miofibrilares, responsáveis por tal propriedade, é sempre reduzida pelo uso de matérias primas menos nobres (POLLONIO, 2013).

Fosfatos ocorrem naturalmente sob forma de ésteres orgânicos em muitos tipos de alimentos, incluindo carne, pão, batata e outros. O consumo desses alimentos não pode ser restringido sem incorrer no risco de diminuir a ingestão de proteína na dieta. O teor de fosfato em alimentos processados industrialmente é muito mais elevado do que a de um alimento natural, porque os polifosfatos são geralmente usados como aditivo na produção industrial de alimentos, podendo legalmente ser adicionado a um alimento, como conservantes, agentes acidificantes, reguladores de acidez e agentes emulsificantes. Sais de fosfato também são adicionados a muitos alimentos como estabilizadores ou intensificadores de sabor. Exemplos de alimentos com grandes quantidades de fosfatos adicionados: processados de carnes, salsichas, presunto, assados, conservas de peixe e refrigerantes. (RITZ et al., 2012).

Os fosfatos são importantes componentes da carne, fazendo parte integrante de paredes celulares e algumas proteínas, além de fazer parte do processo de geração e consumo de energia (como ADP, ATP e fosfocreatina) (DUSEK et al., 2003).

A utilização dos fosfatos como aditivo possui diversos benefícios em produtos cárneos, tendo a função de sequestrar íons metálicos e dissociar o complexo actomiosina provocando um aumento na CRA. Outra boa razão para a utilização de fosfatos como aditivo em produtos cárneos é a sua habilidade de aumentar o pH da carne e diminuir a velocidade de descoloração pela estabilização da vitamina C, além de influenciar a força iônica (DUSEK et al., 2003; BENDALL, 1954).

Fosfatos, principalmente pirofosfatos e trifosfatos, são adicionados, geralmente, em concentrações de cerca de 0,3% em produtos cárneos para melhorar a extração das proteínas, principalmente a miosina (OFFER e TRINICK, 1983)

Os polifosfatos são utilizados em conjunto com o cloreto de sódio, tendo um efeito sinergista, melhorando as propriedades de ligação e solubilização das miofibrilas, palatabilidade, suculência, rendimento de cocção, além de ter papel conservante em produtos cárneos (XIONG et al., 2000; VILLAMONTE et al., 2013). Outro efeito da adição conjunta do cloreto de sódio e polifosfatos é a menor adição de sal para a obtenção da capacidade de retenção de água desejada (BELTON, 1987).

Há muitos tipos de fosfatos disponíveis que podem ser utilizados na indústria cárnea com diferentes propriedades. Mono e difosfato (baixo grau de polimerização) aumentam a capacidade de retenção de água em carnes, porém o seu uso é limitado devido a sua baixa e lenta solubilidade, especialmente em salmoura fria. Em contraste com o mono e difosfato, o trifosfato é solúvel e dissolve-se rapidamente, mas este causa um aumento na capacidade de retenção lentamente porque necessita da sua conversão para pirofosfato (hidrolise ácida e enzimática). Por estes motivos, é mais eficaz a utilização de fosfatos de diferentes comprimentos de cadeia. A quantidade de fosfato adicionado é limitado em 0,5% devido à possibilidade de quelar íons metálicos importantes como o cálcio e o magnésio (DUSEK et al., 2003).

O aumento da ingestão de sódio associado com uma alta ingestão de fosfato pode causar um risco potencial para a saúde não só para pessoas com doenças renais, mas para o público em geral, prejudicando o metabolismo ósseo, funções cardiovasculares e renais. Altas concentrações de fosfato sérico foram associadas com calcificação coronariana em homens jovens e saudáveis (RITZ et al., 2012; VILLAMONTE et al., 2013).

Segundo BOCKMAN et al. (2010) a ingestão deficiente de cálcio é agravada pela grande ingestão de fosfato, sendo que a não equivalência destes dois nutrientes essenciais podem ter efeitos deletérios na saúde do esqueleto.

Tendo em vista a relação entre o fosfato consumido e o desenvolvimento de certas doenças, deve-se ter atenção e cuidado ao utilizar tal aditivo, tendo em vista os

males que este pode causar. Mesmo com as diversas propriedades tecnológicas e sensoriais do fosfato a sua redução deve ser estudada e aplicada.

1.6 Carne de frango mecanicamente separada: propriedades físico-químicas

Em produtos cárneos emulsionados e em algumas outras categorias, o uso de carne de frango mecanicamente separada ocorre com muita frequência em teores que variam de acordo com a legislação vigente (BRASIL, 2000).

Entende-se por carne mecanicamente separada (CMS) a carne obtida por processo mecânico de moagem e separação de ossos de animais de açougue, destinada a elaboração de produtos cárneos específicos, podendo ser de origem bovina, suína ou de aves, resfriado ou congelado. A CMS pode ser obtida a partir de ossos, carcaças ou partes de carcaças de animais de açougue (bovinos, suínos e aves), não podendo ser incluído cabeças, pés e patas (BRASIL, 2000).

A separação mecânica envolve basicamente a trituração da carne e ossos, forçando a passar por peneiras, separando-se assim dos ossos. O processo altera a composição da matéria-prima original, tendo maiores teores de gordura e minerais, devido principalmente à incorporação de lipídeos e pigmentos heme existente na medula óssea e na camada de gordura subcutânea, fósforo e cálcio proveniente das partículas ósseas (SOUSA et al., 2003).

A carne mecanicamente separada de aves, em especial, é um ingrediente (considerado não cárneo) de baixo custo, textura pastosa, fina e uniforme, diferente da textura da carne desossada manualmente (mais fibrosa), e, como apontada anteriormente, amplamente utilizada em produtos emulsionados. O seu uso é limitado nos produtos que requerem granulometria maior ou com textura mais fibrosa como a da carne manualmente separada, por exemplo, apresuntados, linguiças e hambúrgueres, porém podem ser utilizados se forem adicionados juntamente com grandes quantidades da carne manualmente separada. Há alguns estudos conduzindo avaliações para o uso de diferentes quantidades de CMS em vários tipos de produtos cárneos, mas, a legislação brasileira permite a utilização dessa matéria-prima apenas em produtos

cárneos industrializados cozidos específicos, como: salsicha (60%), mortadela (60%), fiambre (30%), hambúrguer (30%), almôndega (30%) e linguiça (20%) nos seus respectivos limites máximos (SOUSA et al., 2003). A CMS é sempre utilizada em produtos cárneos cozidos ou pré-cozidos.

A incorporação desse ingrediente aumenta a suscetibilidade à deterioração e redução de vida de prateleira pelo favorecimento de reações de oxidação lipídica devido ao aumento de teores de gordura, medula óssea, teores de ferro e cálcio agregado no processo de extração. Também o crescimento microbiano pode ser acelerado e com isso, a redução de sal em tratamentos com altos teores de CMS é ainda mais desafiadora.

Por se tratar de uma matéria-prima com alterações em sua composição, é denominada como ingrediente não cárneo e a menor oferta de proteínas miofibrilares presente, torna ainda mais difícil a redução de cloreto de sódio (HORITA et al., 2014).

1.7 Utilização de sais substitutos ao cloreto de sódio em produtos cárneos

Proteínas miofibrilares são solúveis somente em alta força iônica. Em condições de redução de sódio baseado na redução de NaCl, exige-se portanto, a adição de outros sais às matérias primas cárneas para que junto com outros ingredientes no processo de cominuição, seja formada a emulsão cárnea. Como já foi descrito anteriormente, cloreto de sódio apresenta-se como o melhor sal para desempenho tecnológico, no entanto a redução de Na, exige que outros sais sejam utilizados em sua substituição.

O cloreto de potássio (KCl) é provavelmente o sal substituto mais comumente utilizado para redução de sódio nos alimentos. No entanto, apesar de sua similaridade química, ambos são sais de cátions monovalentes, KCl possui algumas desvantagens sob ponto de vista sensorial. Com a utilização de 50% de cloreto de potássio e 50% de cloreto de sódio, observou-se um aumento significativo do gosto amargo e perda de salinidade (PRICE, 1997).

Segundo ASKAR et al. (1994) o principal limitante do uso de KCl é o seu gosto amargo. À medida que o gosto de salgado ou ácido, por exemplo, aumenta, com a utilização de realçadores de sabor, é possível a utilização de uma maior proporção de KCl na formulação (PRICE, 1997).

De acordo com TERREL (1983) e PASIN et al. (1989) a utilização de 50:50 cloreto de potássio e cloreto de sódio provoca perda do gosto salgado, aumento do sabor metálico e gosto adstringente, necessitando de maior estudo para evitar tais efeitos na qualidade sensorial em produtos cárneos.

Porém, GUÀRDIA et al. (2008) ao reduzirem 50% de NaCl em salames e substituírem por 50% KCl e com uma mistura de KCl/K-lactato (40:10) não observaram nenhuma mudança na aceitação global. Em presuntos cozidos, FRYE et al. (1986) obtiveram bons resultados sensoriais substituindo 50% do cloreto de sódio por cloreto de potássio resultara em bons resultados sensoriais.

HAND et al. (1982) sugeriram que a substituição total (100%) ou parcial (50%) do NaCl por KCl ou LiCl em presuntos com ossos não provocou redução significativa na cor, processamento ou rendimento no produto final. COLLINS (1997) observou em presuntos seccionados que a utilização da mistura de 70% NaCl/30% KCl ou 70% NaCl/30% MgCl₂ não resultou em diferenças significativas em termo de maciez, sabor e aceitação global em comparação com os presuntos feitos com 100% de cloreto de sódio.

Em mortadelas, HORITA et al. (2011) obtiveram bons resultados sensoriais utilizando 50% de cloreto de sódio e 25% de KCl e 25% de CaCl₂, mas, o CaCl₂ reduziu a estabilidade de emulsão e rendimento de cocção. Utilizando *blends* de sais de 50% NaCl, 25% KCl, 25% MgCl₂ e 25% NaCl, 50% KCl e 25% de MgCl₂ HORITA et al. (2011) constataram que não houveram diferenças na estabilidade de emulsão e parâmetros de textura como coesividade, dureza, elasticidade e mastigabilidade comparando com o controle com 100% de NaCl, porém obtiveram uma baixa aceitabilidade sensorial.

ARMENTEROS et al. (2009) observaram que utilizando um *blend* de sais com 55% NaCl, 25% KCl, 15% CaCl₂ e 5% MgCl₂ em lombo seco curado não ocorre uma

diferença significativa sensorial em comparação com os lombos tradicionais com 100% de NaCl.

Em salsichas de peru, BARBUT et al. (1988) observaram que substituindo 50% de NaCl por $MgCl_2$ diminuiu significativamente a estabilidade de emulsão, suculência, firmeza, corpalência e aceitação global. Além disso, eles constataram que utilizando 0,75% de NaCl (redução de 70%), 0,75% KCl e 0,4% de fosfato tiveram a mesma aceitação sensorial comparado com a salsicha de peru tradicional com 2,5% de NaCl.

ZHAO e CLAUS (2013) concluíram que o sódio pode ser efetivamente reduzido pela substituição parcial do NaCl por cristal de KCl com maltodextrina e ácido cítrico sem afetar a textura, capacidade de retenção de água e extração de proteínas em salsichas cozidas.

1.8 Extração das proteínas miofibrilares influenciada pelo uso de diferentes sais

O estado físico-químico em que se encontram as proteínas miofibrilares em produtos processados cárneos determina diretamente a qualidade e valor do produto, devido ao seu efeito sobre a funcionalidade de sistemas cárneos (LI, 2006).

Propriedades como flavor, suculência e maciez durante a mastigação em produtos processados cárneos, são baseados nas propriedades funcionais das proteínas (SUN e HOLLEY, 2011; HAN et al., 2014).

Em pH em torno de 4,5-5,5, a solubilidade e capacidade de retenção de água é mínima, e aumentando o pH de carnes de 4,5 para 5,5 aumenta a extração das proteínas solúveis em sal (proteínas miofibrilares). Fatores como o congelamento diminuem a quantidade total de proteínas, inclusive as proteínas solúveis em sal, podendo diminuir a quantidade de proteína extraída. Quando a extração é feita corretamente, forma-se um gel forte e elástico (HOOGENKAMP, 2005).

A agregação proteína-proteína induzida termicamente é considerada o elemento chave para transformar a proteína extraída em uma matriz tri-dimensional durante o processamento cárneo (XIONG, 1992; LI, 2006). Além disso, mudanças na textura e propriedades funcionais como extractabilidade, viscosidade e capacidade de retenção

de água são relatadas pela agregação e desnaturação das proteínas (HERRERO et al., 2005; HAN et al., 2014).

Definir o desempenho das proteínas miofibrilares durante a gelificação induzida termicamente é benéfico para manter a qualidade e desenvolvimento de produtos cárneos processados e processos (WESTPHALEN et al., 2006).

A extração das proteínas é feita pela aplicação de média ou alta força iônica, normalmente obtida pela utilização de cloreto de sódio (NaCl) (GORDON e BARBUT, 1992; SUN e HOLLEY, 2011). O íon de cloreto causa o entumescimento e também a ruptura da estrutura miofibrilar os quais permitem um grande aumento da capacidade de retenção de água e aumento da solubilidade das proteínas (GORDON e BARBUT, 1992).

Dentre as proteínas miofibrilares, a miosina e a actina são as proteínas que mais contribuem para o desenvolvimento das características desejáveis do gel em produtos cárneos processados. A geleificação induzida por calor resulta na formação de uma estrutura de rede tri-dimensional que segura a água em um estado menos móvel (SUN e HOLLEY, 2011).

Para entender as propriedades de formação de gel a partir de proteínas cárneas, é necessário examinar como a miosina e actina reagem, e como o pH, força iônica, propriedades físico-químicas, parâmetros de processamento, cozimento, concentração de proteínas, pressão, temperatura, a interação das proteínas miofibrilares com o gel e gordura, aditivos transglutaminase, outras proteínas, ou aditivos não proteicos influenciam na textura do gel. Compreendendo estas funções e interações torna-se possível a melhoria da qualidade, controle e maior facilidade no desenvolvimento de novos produtos com características desejáveis, e às vezes, novas (SUN e HOLLEY, 2011).

Fatores como pH e tipo de músculo tem a capacidade de alterar a capacidade de retenção de água e propriedades viscoelásticas das proteínas miofibrilares (WESTPHALEN et al., 2006). OFFER e TRINICK (1983) sugerem que as miofibrilas são responsáveis pela capacidade de ligação e retenção de água em carnes, aumentando

conforme o pH se distancia do ponto isoelétrico (aproximadamente pH 5,2), ocasionando um aumento na carga total das moléculas de proteína

Os sais mais utilizados para a extração das proteínas em produtos cárneos são o cloreto de sódio (NaCl) e o cloreto de potássio (KCl). A extractabilidade proteica é dependente principalmente de pH, força iônica e tipo de sal utilizado. Além disso, a extração de proteína é dependente de fatores como: volume utilizado na extração, o tempo usado na homogeneização, a força e o tempo de centrifugação e etc (MUNASINGHE e SAKAI, 2004). A alta força iônica é empregada para a extração das proteínas em *batters* cárneos (GORDON E BARBUT, 1992). Para ter um produto cárneo de boa qualidade, é necessária a extração máxima das proteínas do citoplasma e miofibrilas (MUNASINGHE e SAKAI, 2004).

Há muitas pesquisas que relatam a similaridade das características dos cloretos monovalentes (como o KCl) com o NaCl em questão do efeito que causam na ligação de água e textura em *batters* cárneos. Os cloretos divalentes causam efeitos diferentes em comparação aos cloretos monovalentes, causando a diminuição da ligação de água e podem ser prejudiciais a textura (SEMAN et al., 1980; HAND et al 1982; WEINBERG et al 1984). Isto pode sugerir que os sais monovalentes podem ter efeito similar na extração das proteínas, porém diferem dos sais divalentes. Além das diferenças entre sais monovalentes e divalentes, há diferenças também na microestrutura e textura entre *batters* feitos com diferentes cloretos monovalentes (GORDON e BARBUT, 1992).

1.8.1 Diferentes métodos de extração

SIKES et al. (2009) investigaram o efeito da pressão em *batters* cárneos e determinaram a menor concentração de sal que poderia ser possível (equivalente), em termos de propriedades funcionais, como padrão nos tratamentos dos *batters*. Para a extração das proteínas, os *batters* foram homogeneizados em 0,6 mol L⁻¹ NaCl (1:4, v/v) a 4 °C. O homogeneizado resultante foi centrifugado a 20000 x *g* por 30 minutos e o sobrenadante resultante foi colocado de lado, o pellet resultante foi re-extraído com a mesma solução, agitado por 1 hora a 4 °C e então centrifugado. Os resultados das eletroforeses de *batters* cárneos em que ocorreu a extração por 0,6 mol L⁻¹ NaCl

sugeriram que a pressão causa um aumento na solubilização da miosina, actina e algumas outras proteínas.

Em estudo semelhante PIGOTT et al. (2000) tiveram como objetivo determinar o efeito dos *pre-blends* e ordem de adição de baixas concentrações de CaCl_2 e MgCl_2 sobre a funcionalidade de proteínas musculares em *batters* cárneos contendo 2% de NaCl. O total de proteínas solúveis foi extraído de uma amostra de 10 g com 50 mL de solução de extração que foi preparada com a mesma força iônica e composição da fase aquosa dos *batters* cru. A amostra foi centrifugada a $7000 \times g$ e o sobrenadante foi filtrado em papel filtro. Eles concluíram que modelos de *batters* cárneos com uma grande adição de água que contém 2% NaCl, MgCl_2 e CaCl_2 aumentam a funcionalidade da proteína pelo aumento da solubilidade da miosina e dureza do gel.

OMANA et al. (2011) determinaram o efeito de β -glucano nas propriedades bioquímicas e de textura de peito de frango com redução de NaCl e ausência de polifosfatos durante o processamento com alta pressão. Para determinar as proteínas sarcoplasmáticas e o total de proteínas solúveis os autores homogeneizaram 4 g de amostra com 40 mL de tampão fosfato 30 mmol L^{-1} (pH 7,4), por 5 minutos. O homogeneizado permaneceu em repouso durante uma noite a $4 \text{ }^\circ\text{C}$ e então foi filtrado em papel de filtro. O total de proteínas solúveis foi determinada de maneira similar as proteínas sarcoplasmáticas exceto que as proteínas foram extraídas usando tampão fosfato 50 mmol L^{-1} contendo 0,55 M iodeto de potássio (pH 7,4). Este estudo concluiu que o β -glucano pode ser considerado um substituto de NaCl em produtos preparados usando temperatura assistida e processo de alta pressão.

NAYAK et al. (1996) determinaram o efeito de CaCl_2 , MgCl_2 e ZnCl_2 na faixa de concentração $4\text{-}7 \text{ mmol L}^{-1}$ na solubilidade das proteínas de peito e coxa de peru em várias concentrações de NaCl. A extração das proteínas solúveis em sal foi feita pela utilização de 10 g de amostra com 50 mL de solução apropriada de sal e homogeneização por 30 segundos. As amostras foram centrifugadas a $7000 \times g$ por 30 minutos e os sobrenadantes foram filtrados em papel de filtro. Os resultados demonstraram que os sais divalentes diminuem o pH em cada tipo de músculo, sendo que ZnCl_2 , resultou em grande redução do pH.

KANG et al. (2014) investigaram o efeito do teor de sal nas técnicas de processos de extração e nas propriedades de *batters* cárneos e almôndegas. Para a extração das proteínas solúveis em sal, 10 g de amostra foram homogeneizadas com 50 mL de solução fosfato 20 mmol L⁻¹ pH 7,0 contendo 0,6 mol L⁻¹ NaCl, a 15000 rpm por 90 segundos a 2-4 °C em um homoneigizador politron (T25 digital, IKA Ltd., Germany). O *batter* cru foi centrifugado por 30 minutos a 27200 x g a 4 °C. KANG et al. (2014) concluíram que o uso de diferentes quantidades de sal e métodos de processamento afetam significativamente a propriedades tanto das almôndegas cozidas quanto dos *batters* cru.

O objetivo da pesquisa de LI (2006) foi avaliar o efeito das proteínas miofibrilares extraídas de frangos nas propriedades funcionais (perda por cozimento) e propriedades de textura (dureza, adesividade, mastigabilidade, elasticidade e coesividade) de peitos de frango e presunto de porco. Para extrair as proteínas solúveis em sal, os autores utilizaram salmoura na proporção 1:6 (sal/água). A salmoura e a carne foram misturadas manualmente a 4 °C por 1 hora, depois foi feita centrifugação a 10000 x g a 4° C por 15 minutos, depois as proteínas solúveis em sal foram recuperadas no sobrenadante. O colágeno, gordura e pellet foram separados do sobrenadante e descartados. O sobrenadante foi diluído em três volumes de água destilada congelada e mantido por uma noite. Após esta etapa a amostra foi centrifugada utilizando 10000 g a 4°C por 15 minutos e o precipitado foi recuperado. Os autores concluíram que a proteínas miofibrilares extraídas de frango aparentemente contribuíram para maior rigidez e firmeza sentida na boca, dos produtos peito de frango e presunto de porco.

MARINO et al. (2013) estudaram o efeito da raça e do tempo de envelhecimento na maciez e no padrão de proteólise de proteínas miofibrilares em *longissimus dorsi*. Os autores homogeneizaram 2,5 g de amostra livre de tecido conjuntivo e adiposo com 10 mL de tampão fosfato 0,003 mol L⁻¹ com pH 7 em Ultra Turrax, por 3 minutos. A amostra homogeneizada foi centrifugada sob refrigeração a 4 °C a 8000 x g por 20 minutos. Após a centrifugação o sobrenadante foi descartado e 0,1 g do pellet resultante foi resuspendido com 1 mL de solução desnaturante (8,3 mol L⁻¹ Uréia, 2 mol L⁻¹ Tiouréia, 64 mmol L⁻¹ ditioneitol, colamidopropil dimetilol hidroxipropano sulfonato

2%, NP-40 a 2%, glicerol 10% e 20 mmol L⁻¹ de Tris-HCl, pH 8) e mantido em contato durante a noite. Após estas etapas a amostra resultante foi centrifugada a 15000 x g por 20 minutos a 10 °C. O sobrenadante foi transferido para tubos em uma alíquota e congelado a -80 °C. MARINO et al. (2013) concluíram que a maciez e a proteólise das proteínas miofibrilares foram diferentes entre as raças devido a diferentes efeitos, sendo que a proteólise é o principal fator para que contribuiu para a variação da tensão de cisalhamento e maciez.

1.9 Referências bibliográficas

ABERLE, E. D., FORREST, J. C., GERRARD, D. E., & MILLS, E. W. Principles of meat science. KENDALL/HUNT PUBLISHING COMPANY, vol. 4. Dubuque, Iowa, 2001.

ANGUS, F., PHELPS, T., CLEGG, S., NARAIN, C. DEN RIDDER, C., & KILCAST, D. Salt in processed foods: Collaborative Research Project. **Leatherhead Food International**, 2005.

ASGHAR, A., SAMEJIMA, K., YASUI, T., & HENRICKSON, R. L; Functionality of muscle proteins in gelation mechanisms of structured meat products. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 22(1), p. 27-106, 1985.

ASKAR, A.; EL-SAMAHY, S. K.; TAWFIK, M. Pasterma and beef bouillon. The effect of substituting KCl and K-lactate for sodium chloride. **Fleischwirtschaft**, v.73(3), p.289–292, 1994.

ARMENTEROS, M., ARISTOY, M., BARAT, J. M., & TOLDRÁ, F. Biochemical and sensory properties of dry-cured loins as affected by partial replacement of sodium by potassium, calcium, and magnesium. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 57, p. 9699-9705, 2009.

BRASIL.**Instrução Normativa n. 4, de 31 de março de 2000**, que aprova os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade de Carne Mecanicamente Separada, de Mortadela, de Linguiça e de Salsicha. Diário Oficial da União, 05 de abril de 2000.

BARBUT, S., MAURER, A. J., & LINDSAY, R. C. Effects of partial sodium chloride replacement with other chloride salts on the physical and sensory properties of turkey frankfurters. **Canadian Institute of Food Science and Technology**, v. 21, p. 90-96, 1988.

BARBUT, S. Effect of three chloride salts and chopping time on the microstructure and texture of meat batters. **Can. Inst. Food Sci. Technol. J.**, v. 22(3), p. 284-290, 1989.

BARTOSHUK, L. M., KARE, M. R., FREGLY, M. J., & BERNARD, R. A. Sensory analysis of the taste of NaCl. In biological and behavioral aspects of salt intake. Academic Press, p. 83-98, New York, Washington, D.C., 1980.

BELTON, P. S. Cl nuclear magnetic resonance studies of the interaction of chloride ions with meat in the presence of tripolyphosphate. **Journal Science Food Agriculture**, v. 41, p. 267-275, 1987.

BENDALL, J. R. The swelling effect of polyphosphates on lean meat. **Journal Science Food Agriculture**, v. 5, p. 468-475, 1954.

BOCKMAN, R. S., LANE, J. M., EVERETT, S. Bone consequences of high dietary phosphate. **Clinical Imaging**, v. 34, p. 411-412, 2010.

CARPENTER, C. E., CORNFORTH, D. P., & WHITTIER, D. Consumer preferences for beef color and packaging did not affect eating satisfaction. **Meat Science**, v. 57(4), p. 359-363, 2001.

CHENG, Q., & SUN, D. Factors affecting the water holding capacity of red meat products: a review of recent research advances. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 48(2), p. 137-159, 2008.

CHOI, Y. M., KIM, B. C. Muscle fiber characteristics, myofibrillar protein isoforms, and meat quality. **Livestock Science**, v. 122, p. 105-118, 2009.

COLLINS, J. E. Reducing salt (sodium) levels in process meat poultry and fish products. **Production and processing of healthy meat, poultry and fish products**, v. 11, p. 283-297, 1997.

DAHL, L. K. Salt and hypertension. **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 25(2), p. 231-244, 1972.

DELAHUNTY, C. M., & PIGGOTT, J. R. Current methods to evaluate contribution and interactions of components to flavor of solid foods using cheese as an example. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 30, p. 555-570, 1995.

DAVIDSON, P. M., DOYLE, M. P., BEAUCHAT, L. R., & MONTVILLE, T. J. Chemical preservatives and natural antimicrobial compounds, food microbiology: Fundamentals and frontiers. ASN Press, New York, Washington, D.C., 2001.

DESMOND, E. Reducing salt: A challenge for the meat industry. **Meat Science**, v. 74, p. 188-196, 2006.

DUSEK, M., KVASNICKA, F., LUKASKOVA, L., & KRÁTKÁ, J. Isotachophoretic determination of added phosphate in meat products. **Meat Science**, v. 65, p. 765-769, 2003.

FRYE, C. B., HAND, L. W., CALKINS, C. R., & MANDIGO, R. W. Reduction or replacement of sodium chloride in a tumbled ham product. **Journal of Food Science**, v. 51, p. 836-837, 1986.

FOEGEDING, E. A., CLARK, J. B., & XIONG, Y. L. Gelation of myofibrillar proteins. **Interactions of food proteins**, p. 257-267, 1991.

FUKAZAWA, T., HASHIMOTO, Y., & YASUI, T. . Effect of some proteins on the binding quality of an experimental sausage. **Journal of Food Science**, v. 26, p.541-549, 1961.

GALLUZZO, S. J., REGENSTEIN, J. M. Role of chicken breast muscle proteins in meat emulsion formation: myosin, actin and synthetic actomyosin. **Journal of Food Science**, v. 43, p. 1761-1765, 1978.

GILLETTE, M. Flavor effects of sodium chloride. **Food Technology**, v. 39(6), p.47-52, 1985.

GORDON, A., & BARBUT, S. Effect of chloride salts on protein extraction and interfacial protein film formation in meat batters. **Journal Science Food Agriculture**, v. 58, p. 227-238, 1992.

GUÀRDIA, M. D., GUERRERO, L., GELABERT, J., GOU, P., & ARNAU, J. Sensory characterisation and consumer acceptability of small caliber fermented sausages with 50% substitution of NaCl by mixtures of KCl and potassium lactate. **Meat Science**, v. 80, p. 1225-1230, 2008.

HAN, M., WANG, P., XU, X., & ZHOU, G. Low-field NMR study of heat-induced gelation of pork myofibrillar proteins and its relationship with microstructural characteristics. **Food Research International**, v. 62, p. 1175-1182, 2014.

HAND, L. W., TERRELL, R. N., & SMITH, G. C. Effects of chloride salts on physical, chemical and sensory properties of frankfurters. **Journal of Food Science**, v. 47, p. 1800-1802, 1982.

HAMM, R. Functional properties of the myofibrillar system and their measurements. *Muscle as food*, P. J. Bechtel (Ed.), p. 135-199, Orlando: Academic Press, 1986.

HAMM, R. Biochemistry of meat hydration. **Advanced Food Research**, v. 10, p. 355-463, 1960.

HE, F. J., MACGREGOR, G. A. Reducing population salt intake worldwide: from evidence to implementation. **Progress in Cardiovascular Diseases**, v. 52, p. 363-382, 2010.

HENNEY, J. E., TAYLOR, C. L., & BOON, C. S. Strategies to reduce sodium intake in the United States. The National Academies Press, p. 67, 72, 74, New York, Washington, D.C., 2010.

HERRERO, A. M., CARMONA, P., GARCÍA, M. L., SOLAS, M. T., & CARECHE, M. Ultrastructural changes and structure and mobility of myowater in frozen-stored hake (*Merluccius merluccius* L.) Muscle: Relationship with functionality and texture. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, p. 2558-2566, 2005.

HERZOG, J. A., LEONARD, T. R., JINHA, A., HERZOG, W. Are titin properties reflected in single myofibrils? **Journal of Biomechanics**, v. 45, p. 1893-1899, 2012.

HONG, G.P., Min, S., & Chin, K.B. Emulsion properties of pork myofibrillar protein in combination with microbial transglutaminase and calcium alginate under various pH conditions. **Meat Science**, v. 90, p. 185-193, 2012.

HOOGENKAMP, H. W. Soy protein and formulated meat products. CAB Publishing, Cambridge, 2005.

HORITA, C. N., MESSIAS, V. C., MORGANO, M. A., HAYAKAWA, F. M., & POLLONIO, M.A.R. Textural, microstructural and sensory properties of reduced sodium frankfurter sausages containing mechanically deboned poultry meat and *blends* of chloride salts. **Food Research International**, v. 66, p. 29-35, 2014.

HORITA, C. N., MORGANO, M. A., CELEGHINI, R. M. S., & POLLONIO, M. A. R. 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, p. 426-433, 2011.

HUTTON, T. Sodium: Technological functions of salt in the manufacturing of food and drink products. **British Food Journal**, v. 104(2), p. 126-152, 2002.

IONESCU, A., APRODU, I., DARABA, A., & PORNEALA, L. The effects of transglutaminase on the functional properties of the myofibrillar protein concentrate obtained from beef heart. **Meat Science**, v. 79, p. 278-284, 2008.

KANG, Z., ZOU, Y, XU, X., ZHU, C. PENG, W., & ZHOU, G. Effect of a beating process, as a means of reducing salt content in chinese-style meatballs (kung-wan): A physico-chemical and textural study. **Meat Science**, v. 96, p. 147-152, 2014.

KRZYWICKI, K. Assessment of relative content of myoglobin oxymyoglobin and metmyoglobin at the surface of beef. **Meat Science**, v. 3, p. 1-10, 1979.

LAWRIE, R. A., & LEDWARD, D. A. **Lawrie's meat science**. 7nd Edition. New York: CRC Press, LLC, p. 415, 2006.

LEDWARD, D. A. Developments in Food Proteins. B. J. F. Hudson, v.3, p. 33, London, UK, 1984:

LI, C. T. Myofibrillar protein extracts from spent hem meat to improve whole muscle processed meats. **Meat Science**, v. 72, p. 581-583, 2006.

MADRIL, M. T., & SOFOS, J. N. Antimicrobial and functional effects of six polyphosphates in reduced sodium chloride comminuted meat products. *Lebensmittel-Wissenschaft- und -Technologie*, v. 18(5), p. 316-322, 1985.

MANCINI, R. A., & HUNT, M. C. Current research in meat color. **Meat Science**, v. 71, p. 100-121, 2005.

MARINO, R., ALBENZIO, M., della MALVA, A., SANTILLO, A., LOIZZO, P., & SEVI, A. Proteolytic pattern of myofibrillar protein and meat tenderness as affected by breed and aging time. **Meat Science**, v. 95, p. 281-287, 2013.

MCCLEMENTS, D. J. Food emulsions: principles, practices, and techniques. CRC Press LLC, pp. 229–300, London, New York, Washington, D.C., 2005.

MCGREGOR, R. The use of bitter blockers to replace salt in food products. *BIOL(Biological study), USES (Uses) (use of bitter blockers to replace salt in food products)*, p. 221-230, 2007.

MELO FILHO, A.B., GUERRA, N.B. Avaliação da qualidade nutricional de produtos cárneos: salsichas e mortadelas comercializadas na Região Metropolitana do Recife. In: **Congresso Latino-Americano de Nutricionistas-Dietistas**, p. 186, 1998.

MICKLANDER, E., BERTRAM, H. C., MARNØ, H., BAK, L. S., ANDERSEN, H. J., ENGELSEN, S. B., & NØRGAARD, L. Early post-mortem discrimination of water-holding capacity in pig longissimus muscle using new ultrasound method. **LWT – Food Science and Technology**, v. 38(5), p. 437-445, 2005.

MILLAR, S. J., MOSS, B. W., & STEVENSON, M. H. Some observations on the absorption spectra of various myoglobin derivatives found in meat. **Meat Science**, v. 42(3), p. 277-288, 1996.

MUNASINGHE, D. M. S., & SAKAI, T. Sodium chloride as a preferred protein extractant for pork lean meat. **Meat Science**, v. 67, p. 697-703, 2004.

NAYAK, R., KENNEY, P. B., & SLIDER, S. Protein extractability of turkey breast and thigh muscle with varying sodium chloride solutions as affected by calcium, magnesium and zinc chloride. **Journal of Food Science**, v. 661, p. 1149-1154, 1996.

OFFER, G., & TRINICK, J. On the mechanism of water holding in meat: the swelling and shrinking of myofibrils. **Meat Science**, v. 8, p. 245-281, 1983.

OMANA, D. A., PLASTOW, G., & BETTI, M. The use of β -glucan as a partial salt replacer in high pressure processed chicken breast meat. **Food Chemistry**, v. 129, p. 768-776, 2011.

ORDÓÑEZ, J.A. e colaboradores. Tecnologia de Alimentos vol. 2 – Alimentos de Origem Animal, Artmed, v. 2, Porto Alegre, Rio Grande do Sul, 2005.

PASIN, G., O'MAHONY, G., YORK, B., WEITZEL, B., GABRIEL, L., ZEIDLER, G. Replacement of sodium chloride by modified potassium chloride (cocrystallised disodium-50-inosinate and disodium-50-guanylate with potassium chloride) in fresh pork sausages. **Journal of Food Science**, v.54(3), p.553–555, 1989.

PEARSON, A. M., & GILLETT, T. A. Processed meats. Ed. 3. An Aspen Publication. Gaihersburg, Maryland, 1996

PIGOTT, R. S., KENNEY, P. B., SLIDER, S., & HEAD, M. K. Formulation protocol and dicationic salts affect protein functionality of model system beef batters. **Food Chemistry and Toxicology**, v. 65, p. 1151-1154, 2000.

PRICE, J. F. Low-fat/salt cured meat products. **Production and processing of healthy meat, poultry and fish products**, v. 11, p. 242-256, 1997.

PUOLANNE, E., & HALONEN, M. Theoretical aspects of water-holding in meat. **Meat Science**, v. 86, p. 151-165, 2008.

RITZ, E., HAHN, K., KETTELER, M., KUHLMANN, M., & MANN, J. Phosphate additives in food-a health risk. **Deutsches Azteblatt International**, v.109(4), p. 49-55, 2012.

SEMAN, D. L., OLSON, D. G., & MANDIGO, R. W. Effect of reduction and partial replacement of sodium on bologna characteristics and acceptability. **Journal of Food Science**, v. 45, p. 1116-1121, 1980.

SHELEF, L.A., SEITER, J., DAVIDSON, P. M., SOFOS, J. N., & LARRY, B. A. Indirect and miscellaneous antimicrobials, antimicrobials in food, 3rd edição. Boca Raton, FL: Taylor and Francis, 2005.

SIKES, A. L., TOBIN, A. B., & TUME, R. K. Use of high pressure to reduce cook loss and improve texture of low-salt beef sausage batters. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 10, p. 405-412, 2009.

SMITH, D. M. Functional properties of muscle proteins in processed poultry products. Taylor & Francis Group, LLC, 2001.

SMITH, D. M. Meat proteins: functional properties in comminuted meat products. **Food Technology**, v. 42(5), p. 116-121, 1988.

SORAPUKDEE, S. KONGTASORN, C., BENJAKUL, S., VISESSANGUAN, W. Influences of muscle composition and structure of pork from different breeds on stability and textural properties of cooked meat emulsion. **Food Chemistry**, v. 138, p. 1892-1901, 2013.

SOUSA, E. A., TEIXEIRA, L. C. V., MELLO, M. R. P. A., TORRES, E. A. F. S., & NETO, J. M. M. Aplicação de redes neurais para avaliação do teor de carne mecanicamente separada em salsicha de frango. **Ciência e Tecnologia em Alimentos**, v. 23(3), p. 307-311, 2003.

SUN, X. D., & HOLLEY, R. A. Factors influencing gel formation by myofibrillar proteins in muscle foods. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 10, p. 33-51, 2011.

TERRELL, R. N. Reducing the sodium content of processed meats. **Food Technology**, v. 37(7), p. 66-71, 1983.

ULGADE-BENÍTEZ, V. Handbook of Meat and Meat Processing, CRC Press LLC, v. 2, p. 447,452,453, London, New York, Washington, D.C, 2012.

VILLAMONTE, G., SIMONIN, H., DURANTON, F., CHÉRET, R., & LAMBALLERIE, M. Functionality of pork meat proteins: Impact of sodium chloride and phosphates under high-pressure processing. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 18, p. 15-23, 2013.

WEINBERG, Z. G., REGENSTEIN, J. M., & BAKER, R. C. Effect of different salts on water retention and heat initiated binding properties of comminuted cod muscle. **Journal of Food Biochemistry**, v. 8, p. 215-227, 1984.

WESTPHALEN, A. D., BRIGGS, J. L., & LONERGAN, S. M. Influence of muscle type on rheological properties of porcine myofibrillar protein during heat-induced gelation. **Meat Science**, v. 72, p. 697-703, 2006.

WHO. Diet, nutrition and the prevention of chronic disease. WHO Technical Report Series: World Health Organization, Geneva, 2003.

XIONG, Y. L. Chemical and physical characteristics of meat. **Elsevier**, 2004.

XIONG, Y. L., LOU, X., WANG, C., MOODY, W. G., & HARMON, R. J. Protein extraction from chicken myofibrils irrigated with various polyphosphate and NaCl solutions. **Journal of Food Science**, v. 65(1), p. 96-100, 2000.

XIONG, Y. Thermally induced interactions and gelation of combined myofibrillar protein from white and red broiler muscles. **Journal of Food Science**, v. 57(3), 1992.

YANG, T. S., & FRONING, G. W. Selected washing processes affect thermal gelation properties and microstructure of mechanically deboned chicken meat. **Journal of Food Science**, v. 57(2), p. 325-329, 1992.

ZANARDI, E., GHIDINI, S., CONTER, M., IANIERI, A. Mineral composition of Italian salami and effect of NaCl partial replacement on compositional, physico-chemical and sensory parameters. **Meat Science**, v.86, p. 742–747, 2010.

ZHAO, J., & CLAUS, J. R. Influence of partial or complete replacement of sodium with potassium chloride *blends* on protein extraction and meat quality of sausages. **59th International Congress of Meat Science and Technology**, 2013.

Capítulo 2

EFEITO DA REDUÇÃO DE CLORETO DE SÓDIO E FOSFATO SOBRE AS PROPRIEDADES FUNCIONAIS DE EMULSÕES CÁRNEAS CONTENDO ALTO TEOR DE CARNE DE FRANGO MECANICAMENTE SEPARADA

VIDAL, V. A. S., PAGLARINI, C. S., POLLONIO, M. A. R.

O artigo será traduzido para o inglês e será submetido à revista Food Research International

RESUMO

O objetivo deste estudo foi investigar o efeito da redução de cloreto de sódio e fosfato sobre características físico-químicas e bioquímicas de *batters* cárneos emulsionados com alto teor de carne de frango mecanicamente separada (CMS) através da aplicação de *blends* de sais substitutos (KCl e CaCl₂). Foram elaborados 10 tratamentos contendo cloreto de cálcio, cloreto de potássio e *blends* destes sais (com força iônica equivalente a 2,5% de NaCl) incluindo os tratamentos controle. O teor de fosfato variou entre 0,25 e 0,5%. A redução do teor de NaCl, KCl e CaCl₂ reduziu a estabilidade de emulsão dos tratamentos quando comparados com os tratamentos com 100% destes sais. Os tratamentos contendo apenas CaCl₂ como sal substituto tiveram uma significativa redução na porcentagem de extração de proteínas miofibrilares e contribuíram negativamente para a formação e estabilidade do *batter*. Esses resultados foram confirmados pela análise de microestrutura, com obtenção de estruturas porosas e irregulares. Os tratamentos com apenas CaCl₂ em geral demonstraram um desempenho nas características físico-químicas inferior aos demais tratamentos, principalmente na mudança do pH e perfil de textura. Por ser um sal monovalente, o KCl demonstrou efeitos nas características físico-químicas do *batter* e no produto final similares ao NaCl. O fosfato demonstrou ter um importante papel para a formação e estabilidade de emulsão. No entanto, nos tratamentos com elevada força iônica (100% NaCl), foi possível reduzir 50% de fosfato sem prejuízo das propriedades funcionais do *batter* e propriedades físico-químicas dos produtos finais. Os resultados dos *blends* contendo NaCl, KCl e CaCl₂ e tripolifosfato de sódio podem ser úteis para reduzir a quantidade de sódio e fosfato em produtos emulsionados com alto teor de carne de frango mecanicamente separada.

Palavras-chave: redução de sódio, redução de fosfato, cloreto de cálcio, cloreto de potássio, estabilidade de emulsão, carne de frango mecanicamente separada, extração de proteínas, matriz proteica

1. Introdução

A correlação entre a dieta e doenças crônicas tem sido alvo de estudo em diversas agências de saúde do mundo, o que resulta em recomendações de controle da ingestão de certos componentes que podem promover problemas à saúde humana (FERNÁNDEZ-GINÉZ et al., 2005; HORITA et al., 2011) . Neste contexto, a redução do sódio ingerido na dieta é um dos principais desafios atuais, uma vez que o consumo de sódio tem sido relacionado com o desenvolvimento da hipertensão e sintomas associados com doenças coronárias e insuficiência renal (PEARSON e WOLZAK, 1982).

A carne é uma importante fonte de micronutrientes, como selênio, ferro, vitamina A, B12, ácido fólico e aminoácidos essenciais, sendo que estes micronutrientes não podem ser encontrados em alimentos derivados de plantas ou possuem baixa biodisponibilidade (BIESALKI, 2005). Porém, os produtos cárneos possuem uma imagem negativa em função de uma variedade de patologias que estes são acusados de provocar (JIMÉNEZ-COLMENERO, 2000). Com isso, ocorre um direcionamento de pesquisas e desenvolvimento de novos produtos que forneçam alternativas saudáveis.

O NaCl (cloreto de sódio) é o ingrediente mais comum em produtos cárneos processados devido aos seus efeitos conservantes, melhoramento do flavor e solubilização de proteínas que mediante coagulação por calor contribui para a textura (SOFOS, 1983a; BARBUT, 1988). Além disso, NaCl tem excelentes propriedades sensoriais e contribui efetivamente para a segurança e conservação de produtos cárneos. Geralmente, é utilizado em salsichas comerciais (curada ou cozida) em torno de 2,4-2,7% de NaCl, tendo como média 2,5% (SOFOS, 1983b).

A redução de NaCl é um fator crítico em produtos emulsionados cárneos e um grande desafio, uma vez que pode comprometer a extração das proteínas miofibrilares e com isso, a capacidade de retenção de água (CRA) e propriedades de emulsão de proteínas cárneas. Esta redução geralmente é realizada em conjunto com a adição de outros sais de cloretos ou não-cloretos e alteração de técnicas de processamento (BARBUT, 1988).

O cloreto de potássio (KCl) é o sal substituto ao NaCl mais utilizado e segundo pesquisas é a melhor alternativa para reduzir o percentual de sódio em produtos cárneos (GOU et al., 1996; JIMÉNEZ-COLMENERO et al., 2005; DESMOND, 2006). Porém, é relatado que o uso de KCl provoca o desenvolvimento de gosto amargo (ASKAR et al., 1994; GUÀRDIA et al., 2008). Uma das alternativas mais utilizadas para reduzir os efeitos negativos do KCl é a utilização em conjunto de *blend* de sais, como o CaCl_2 (ZANARDI et al., 2010)

Há mais de meio século são conhecidos os benefícios do uso do fosfato em produtos cárneos, devido principalmente ao aumento da capacidade de retenção de água, influenciando diversas características em emulsões cárneas, como salsichas e mortadelas (BENDALL, 1954). De acordo com SEMAN et al. (1980) o uso do fosfato aumenta a força iônica, proporcionando uma melhoria na estabilidade de emulsão. Segundo Sofos (1986) certos fosfatos provocam a recuperação da qualidade de produtos cárneos com baixo teor de NaCl. Além disso, o fosfato possui a habilidade de aumentar o pH da carne e diminuir a velocidade de descoloração pela estabilização da vitamina C (DUSEK et al., 2003; BENDALL 1954).

A presença do fosfato na dieta humana pode implicar em riscos à saúde, como o desenvolvimento de problemas renais, alterações no metabolismo ósseo e doenças cardiovasculares (VILLAMONTE et al., 2013). Dessa forma, fosfatos também figuram na lista de componentes dos sistemas cárneos processados que devem ser reduzidos em relação aos teores originais utilizados nos tratamentos.

A carne mecanicamente separada (CMS) é um ingrediente não cárneo de baixo custo, textura pastosa, fina e uniforme amplamente utilizado em produtos cárneos emulsionados (SOUSA et al., 2003). Mesmo sendo fonte de proteínas, a CMS possui uma menor oferta de proteínas miofibrilares, tornando mais difícil a redução de NaCl em produtos com alto teor desta matéria-prima (HORITA et al., 2014).

O objetivo deste trabalho é avaliar a redução de NaCl e fosfatos com ou sem substituição por sais substitutos (KCl e CaCl_2) e seus *blends*, na formação e estabilidade de emulsões cárneas com alto teor de carne de frango mecanicamente separada (CMS).

2. Material e Métodos

2.1 Matérias-primas, ingredientes e aditivos

Para o presente estudo, foram elaboradas emulsões cárneas na forma de mortadelas para facilitar a avaliação e interpretação dos resultados, uma vez que esse é um dos produtos cárneos mais consumidos no Brasil. Nas emulsões cárneas foram adicionados somente os sais testados, não sendo adicionados outros condimentos uma vez que não foi realizada a análise sensorial por não ser objetivo desse estudo.

As emulsões cárneas foram preparadas utilizando paleta suína, carne de frango mecanicamente separada e toucinho obtidos de um fornecedor industrial (JBS, Brasil). A paleta suína foi previamente moída em disco com orifícios de 7 mm e o toucinho em disco com orifícios de 3 mm e conservadas congeladas por até 24-48 horas antes de processamento. Os aditivos (nitrito de sódio, ascorbato de sódio, tripolifosfato de sódio) e os ingredientes foram adquiridos de empresas reconhecidas no mercado e que possuem sistema de qualidade assegurado. Todos os ingredientes e aditivos foram padronizados e todos os experimentos e não ocorreu nenhuma troca de fornecedor. O NaCl, KCl e CaCl₂ adicionados nas formulações possuíam grau alimentício e foram adquiridos da Merse, Brasil.

2.2 Tratamentos

Foram elaborados *batters* de emulsões cárneas compostos de carne suína (17,18%), toucinho (10%) e carne de frango mecanicamente separada de frango (60%) como matérias primas e nitrito de sódio e eritorbato de sódio como aditivos, em quantidades fixas em todos os tratamentos. As variáveis foram teores de fosfato e sais (NaCl, KCl e CaCl₂), conforme descrito na Tabela 1. Foram elaboradas dois tratamentos controles FC1 e FC2, com 2,5% e 1,25% de NaCl respectivamente. Nos demais tratamentos foram utilizados KCl, CaCl₂ e NaCl e teores de fosfato em dois níveis, 0,5% e 0,25%. Foi avaliada a vida útil quanto às propriedades físico-químicas. O experimento foi realizado em duplicata.

Tabela 1. Tratamentos de emulsões cárneas com redução ou substituição parcial ou total de cloreto de sódio e adição de cloreto de potássio e cloreto de cálcio com variação de quantidade de fosfato

Ingredientes (%)	FC1	FC2	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8
Tripolifosfato de sódio	0,500	0,500	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,250	0,500
NaCl	2,500	1,250	-	-	-	-	2,500	1,250	1,250	1,250
KCl	-	-	3,189	1,595	-	-	-	-	0,797	0,797
CaCl ₂	-	-	-	-	1,583	0,791	-	-	0,396	0,396

Tabela 2. *Blends* de sais substitutos (%) em emulsões cárneas com força iônica (FI) equivalente à NaCl (2,5%)

Tratamento	NaCl		KCl		CaCl ₂	
	FI	%	FI	%	FI	%
FC1	0,428	2,500	-	-	-	-
FC2	0,214	1,250	-	-	-	-
F1	-	-	0,428	3,189	-	-
F2	-	-	0,214	1,595	-	-
F3	-	-	-	-	0,428	1,583
F4	-	-	-	-	0,214	0,791
F5	0,428	2,500	-	-	-	-
F6	0,214	1,250	-	-	-	-
F7	0,214	1,250	0,107	0,797	0,107	0,396
F8	0,214	1,250	0,107	0,797	0,107	0,396

2.3 Processamento dos tratamentos do *batter* cru e cozido

A emulsão foi processada em *cutter* (Mado®), adicionando-se a carne suína, metade da quantidade de gelo, sal refinado, nitrito de sódio, tripolifosfato de sódio, triturando-se até a temperatura atingir 7 °C. Em seguida, foi adicionado a outra metade do gelo e eritorbato de sódio. Por último o toucinho foi adicionado. O processo de

cominuição ocorreu até a temperatura máxima do *batter* (massa) de 15 °C. O *batter* foi embutido em peças de 0,5 Kg cada em cada envoltório impermeável.

Para a obtenção do produto cozido, o *batter* foi submetido a tratamento térmico em estufa de cozimento (ARPROTEC, Brasil) com o seguinte programa de cozimento: 30 minutos a 60°C, 10 minutos a 65°C com UR 85-90%, 10 minutos a 70°C com UR 90-95%, 10 minutos a 85°C com UR 90-95% até que a temperatura interna do produto atinja 72°C. Após o cozimento, os produtos receberam choque térmico pela utilização de recipiente com gelo, foram embalados e armazenados sob refrigeração a 4°C.

Todas as operações de processamento foram realizadas em planta do Laboratório de Carnes do Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTA) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

2.4 Análises realizadas

a) Determinação de pH

O pH foi determinado por homogeneização de 10 g de cada amostra com água destilada numa proporção de 1:10 em triplicata. O homogeneizado foi submetido a eletrodos do medidor (22 DM, Digimed, São Paulo, Brasil) por cinco minutos enquanto as leituras de pH foram realizadas.

b) Determinação de atividade de água (Aw)

A atividade de água foi mensurada através do medidor de Aw Aqualab – DECAGON do Laboratório de Carnes e Processos do DTA/UNICAMP, em três repetições por tratamento. As amostras foram fatiadas e mensuradas em temperatura de 20 °C.

c) Porcentagem da estabilidade da emulsão do *batter* cru

A estabilidade de emulsão do *batter* foi realizada conforme metodologia descrita por JIMÉNEZ-COLMENERO et al. (2005), sendo determinada através da centrifugação de 50 g do *batter* em tubos com tampa (5 minutos, 2600 rpm) e seguida de aquecimento (40 °C por 15 minutos e 70 °C por 20 minutos). Os tubos ficaram virados para baixo por 40 minutos até o líquido decantar.

O líquido liberado foi expresso em porcentagem considerando-se o peso inicial da amostra. Para calcular a % de lipídeos, o fluido total foi transferido para um béquer previamente pesado e deixado em estufa a 103 °C por 16 horas até a secagem completa da água. A quantidade de água evaporada é a diferença entre o fluido total (%) e os lipídeos (%). O teste foi realizado em quintuplicata em cada tratamento.

d) Extração das proteínas miofibrilares

As proteínas solúveis em sal foram determinadas usando procedimento modificado de KANG et al. (2008). Cinco gramas de cada amostra foram homogeneizadas em um Turrax (T25 digital, IKA Ltd., Germany) a 15000 rpm por 90 s a 2-4 °C em 25 mL de solução 20 mmol L⁻¹ fosfato pH 7,0 contendo 1 mol L⁻¹. O *batter* cru foi centrifugado (RC5C, SORVALL, USA) por 30 minutos a 27,200 x g a 4 °C, e a concentração de proteína no sobrenadante de cada amostra foi determinada de acordo com o método de BRADFORD (1976), como descrito a seguir.

e) Determinação da concentração das proteínas miofibrilares

A concentração das proteínas foi determinada pelo método descrito por BRADFORD (1976). Utilizou-se BSA (albumina do soro bovino) como proteína padrão. A curva padrão foi construída a partir de 5 pontos na faixa de concentração de 20-100 µg/mL. A proteína foi determinada por leitura de absorvância a 595 nm. A determinação foi realizada em triplicata em cada tratamento e foram convertidos em mg/mL.

f) Determinação de umidade

Foi realizada de acordo com a norma 24002 da ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (2005), que consiste em secagem a 105 °C até peso constante. A determinação foi realizada em triplicata em cada tratamento.

g) Determinação de gordura

Foi realizada pelo método da ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (2005), em um extrator Soxhlet. O teste foi realizado em triplicata.

h) Determinação de cinzas

A determinação de cinzas foi realizada em triplicata através da calcificação em mufla de acordo com INSTITUTO ADOLFO LUTZ (2005).

i) Determinação de proteínas

Foi realizada em triplicata em cada tratamento através da avaliação do nitrogênio total da amostra pelo método KJELDAHL verificado ao nível semimicro e o teor de proteína estimado pela multiplicação do conteúdo de nitrogênio por 6,25. De acordo com ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (2005).

j) Determinação do teor de sódio, cálcio e potássio

Para a determinação dos minerais cálcio, potássio e sódio utilizou-se como método de preparo de amostras a metodologia empregando a digestão por via seca (AOAC, 2005): Foram pesados em cápsulas de porcelana 1,000 g das amostras homogeneizadas. Em seguida, as amostras foram pré-calcinadas em chapa de aquecimento e incineradas em forno mufla a 450°C até formação de cinzas isentas de pontos pretos. As cinzas foram transferidas quantitativamente para balão volumétrico de

100 mL com solução de ácido clorídrico 5% (v/v) e a solução foi filtrada em papel de filtro quantitativo (Nalgon 3550) antes da leitura no espectrômetro de emissão em plasma com acoplamento indutivo (ICP OES). Foram preparados brancos analíticos e os resultados destes foram subtraídos das leituras das amostras. As análises foram realizadas em triplicata.

A quantificação dos elementos cálcio, potássio e sódio foi realizada usando um espectrômetro de emissão (ICP OES), da marca Baird, modelo ICP 2000 (Massachusetts, USA), com visão radial, equipado com uma fonte de radio frequência (RF) de 40 MHz, usando um detector óptico simultâneo em configuração de policromador tipo Rowland, uma bomba peristáltica, uma câmara de nebulização e um nebulizador *babington*. O sistema utiliza como gás do plasma o argônio líquido com pureza de 99,996 % (White Martins, SP, Brasil). As condições operacionais do equipamento de ICP OES foram: potência de RF (900 W); vazão das amostras (2,55 L min⁻¹); vazão de argônio auxiliar (1,5 L min⁻¹); vazão de argônio principal (15 L min⁻¹); correção de fundo (3 pontos); tempo de integração (3 s) e de leitura (3 s); número de replicatas (3); comprimento de onda (Na 589,59nm; K 766,49nm; Ca 317,93nm).

k) Avaliação de cor instrumental

A cor foi medida utilizando o colorímetro Hunter Lab (Colourquest II, Hunter Associates Laboratory Inc., Virginia, USA) com 20 mm de abertura, iluminante D65 e 10° observador padrão. Valores CIELAB L*, a* e b* foram determinados como indicador de luminosidade, intensidade de vermelho e intensidade de amarelo. O índice de brancura foi calculado pela seguinte equação: $100 - [(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}]^{1/2}$. A variação da cor foi mensurada por quatro pontos na parte central de corte de superfície de quatro fatias por unidade de mortadela. Os ensaios foram realizados em triplicata em cada tratamento. As amostras foram mantidas em temperatura ambiente durante a análise.

l) Avaliação do perfil de textura

O perfil de textura foi determinado utilizando o analisador de textura TA-xT2i (Texture Technologies Corp., Scarsdale, NY). Todas as amostras foram comprimidas a 30% do seu peso original. Seis amostras com diâmetro de 20 mm e altura de 20 mm foram utilizadas para cada tratamento. O P-35 probe foi utilizado (haste longa, base normal). Todas as medidas foram realizadas em temperatura ambiente. Os seguintes parâmetros determinados foram: dureza (N/cm^2), força máxima requerida para comprimir a amostra, elasticidade (cm), habilidade da amostra de recuperar a sua forma original depois que a força de deformação for removida, coesividade, a extensão em que a amostra poderia ser deformada antes da ruptura (A_2/A_1 , onde A_1 é o total de energia necessária para a primeira compressão, e A_2 é o total de energia necessária para a segunda compressão), e mastigabilidade (N/cm) trabalho necessário para mastigar e engolir a amostra (MENDOZA et al. 2001)

m) Análise de microestruturas

A microestrutura dos sistemas cárneos e da amostra controle foram realizadas utilizando Microscopia Eletrônica de Varredura, segundo metodologia proposta por JIMENÉZ-COLMENERO et al. 2010 e JULAVITTAYANUKU et al. (2006) com modificações. As amostras de emulsões cárneas cozidas foram cortadas em pedaços de 2-3 mm de espessura e fixadas em solução de glutaraldeído 3% em tampão fosfato $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ pH 7,0 durante 4 horas. As amostras fixadas foram lavadas por duas vezes com tampão fosfato $0,1 \text{ mol L}^{-1}$, pH 7,0 por 15 minutos. Posteriormente as amostras foram fraturadas após serem imersas em nitrogênio líquido e pós-fixadas em solução de tetróxido de ósmio (1 g/100 g) durante 2 h. As amostras fixadas foram desidratadas em concentrações crescentes de etanol (30% por 30 minutos, 50% por 30 minutos, 70% durante uma noite à $4 \text{ }^\circ\text{C}$, 90% por 30 minutos, e 100% durante 20 minutos duas vezes). Depois as amostras foram desidratadas até o ponto crítico com CO_2 (CPD030 Balzers Critical Point Dryer) e montadas sobre porta amostras de inox e recobertas com uma camada de ouro em Sputter (SCD 050 Sputter Coater, Balzers) e observadas em JEOL JSM 5800LV Scanning Electron Microscope (JEOL Ltd., Tokyo, Japan) com 10

kV. Um grande número de micrografias foi adquirido para selecionar a mais representativa (ampliação de 500x)

n) Análise estatística

Os resultados foram analisados pela análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey, considerando o nível de significância de 5% ($p < 0,05$), utilizando o pacote estatístico SPSS (SPSS, Chicago, IL, USA).

3. Resultados e Discussão

3.1 Propriedades físico-químicas dos *batters* cru de emulsões cárneas com redução de fosfato

Os *batters* cru e produtos finais dos oito tratamentos analisados e tratamentos controles foram avaliados quanto às propriedades físico-químicas logo após processamento e ao longo da vida de prateleira (0, 15, 30, 45 e 60 dias) para avaliação de sua estabilidade durante armazenamento refrigerado.

3.1.1 pH, atividade de água, estabilidade de emulsão e extração de proteínas miofibrilares de *batters* cru de emulsões cárneas

a) pH

O pH, atividade de água, estabilidade de emulsão e extração de proteínas miofibrilares dos *batters* cru estão apresentados na Tabela 3.

Os valores de pH dos diferentes tratamentos variaram de 5,49 (F3: 1,583% CaCl_2 , 0,25% tripolifosfato de sódio) à 6,28 (F2: 1,595% KCl, 0,25% tripolifosfato de sódio). Os menores valores foram observados pelos *batters* cru contendo CaCl_2 (F3: 1,583% CaCl_2 , 0,25% tripolifosfato de sódio, F4: 0,791% CaCl_2 , 0,25% tripolifosfato de

sódio) como sal substituto ao NaCl. Essa redução do pH pela adição de CaCl_2 foi reportada por outros autores (HORITA et al. 2014 e GIMENO et al. 1999). Esses valores são relevantes quando se considera o comportamento das proteínas em seus pontos isoelétricos e influência sobre as propriedades funcionais do sistema cárneo emulsionado, como será discutido mais à frente.

b) Aw

Com relação à A_w , os tratamentos contendo unicamente CaCl_2 como sal substituto (F3: 1,583% CaCl_2 , 0,25% tripolifosfato de sódio e F4: 0,791% CaCl_2 , 0,25% tripolifosfato de sódio) apresentaram os valores mais altos de atividade de água (A_w). Os menores valores de A_w foram observados para os tratamentos FC1, F1, F5 e F8, não diferindo significativamente ($p < 0,05$) entre si.

c) porcentagem da estabilidade da emulsão

Estudos apontam a estabilidade da emulsão como um importante parâmetro que influencia a vida de prateleira e propriedades sensoriais. A maior estabilidade de emulsão observada foi do tratamento controle FC1 (2,5% NaCl, 0,5% tripolifosfato de sódio), a menor estabilidade de emulsão foi a F4 (0,791% CaCl_2 , 0,25% tripolifosfato de sódio) em seguida da F3 (1,583% CaCl_2 , 0,25% tripolifosfato de sódio) evidenciando a negativa contribuição do CaCl_2 . Isto pode ser explicado devido à presença de cátions divalentes (Ca^{++}) que diminuem a extração das proteínas miofibrilares (HAMM, 1960; BARBUT, 1995). Segundo GORDON e BARBUT (1989) sais monovalentes possuem efeitos similares na extração das proteínas miofibrilares, e o uso de sais divalentes diminuem a extração destas proteínas, causando diminuição de ligação de água e gordura. No estudo de HORITA et al. (2011) o tratamento contendo 2% de NaCl, e o tratamento contendo 1% de NaCl e 1% KCl na amostra resultou nos menores valores de líquido liberado, e o tratamento contendo 1% NaCl, 0,5% KCl, 0,5% CaCl_2 na amostra resultou na menor estabilidade de emulsão. Com a utilização do *blend* 50% NaCl e 50% CaCl_2 , e 75% NaCl e 25% CaCl_2 HORITA et al. (2014) obtiveram o maior

valor de líquido liberado. Segundo HORITA et al. (2011) e HORITA et al. (2014) a adição de CaCl_2 pode reduzir a estabilidade de emulsão em produtos cárneos emulsionados, como mortadelas e salsichas, sendo necessários a adição de outros ingredientes não cárneos para diminuir o efeito negativo deste sal divalente.

Uma das razões que parece explicar esse fenômeno pode estar relacionada à redução de pH dos *batters* cárneos adicionados de CaCl_2 . No ponto isoelétrico das proteínas miofibrilares (pH 5,3), a formação de gel é inibida ou ocorre formação de um gel fraco. Em pH em torno de 6, é alcançado o pH ótimo para formação de gel pela miosina (SUN e HOLLEY, 2010). Pode-se observar que os tratamentos em que foram adicionados CaCl_2 o pH está próximo do ponto isoelétrico (5,3), contribuindo negativamente na estabilidade de emulsão e outras características do *batter* cru.

Segundo SEMAN et al. (1980) o aumento da força iônica e a concentração de tripolifosfato de sódio provoca aumento da estabilidade de emulsão. Pode-se observar na Tabela 3 que a redução de 50% de NaCl (FC2 em relação à FC1) e KCl (F2 em relação à F1) diminuiu drasticamente a estabilidade de emulsão, devido a diminuição da força iônica presente no tratamento, sendo que o valor de força iônica é crucial para a estabilidade do *batter*. Segundo SUN e HOLLEY et al. (2011) para formar um produto cárneo estável e de qualidade devem-se avaliar fatores que influenciam a estabilidade como pH, força iônica e tipo de sal utilizado. Para a extração das proteínas miofibrilares é necessária a aplicação de média ou alta força iônica para torná-las solúveis (GORDON e BARBUT, 1992).

O fosfato é utilizado em produtos cárneos como aditivo devido aos seus benefícios na estabilidade e qualidade de produtos cárneos, tendo uma importante influência no aumento do pH, capacidade de retenção de água e força iônica (DUSEK et al., 2003; BENDALL, 1954). Porém, a ingestão excessiva de fosfato associado com uma alta ingestão de sódio pode provocar riscos à saúde do consumidor, prejudicando o metabolismo ósseo, funções cardiovasculares e principalmente problemas para pessoas com doenças renais (RITZ et al., 2012; VILLAMONTE et al., 2013). Essas considerações justificam a busca pela redução de fosfato em sistemas cárneos emulsionados.

O efeito da redução de 50% de fosfatos nos *batters* cru de emulsões cárneas pode ser analisado pelos resultados de porcentagem de estabilidade da emulsão na Tabela 3. Quando combinado com NaCl, o tripolifosfato de sódio, mesmo aumentando a força iônica, não causou grande impacto na estabilidade de emulsão, isto pode ser observado pela comparação do valor de 4,42% de líquido liberado pelo tratamento FC1 (2,5% NaCl, 0,5% tripolifosfato de sódio) com 4,60% de líquido liberado resultante do tratamento F5 (2,5% NaCl, 0,25% tripolifosfato de sódio) e 9,95% de líquido liberado pelo tratamento FC2 (1,25% NaCl, 0,5% tripolifosfato de sódio) com 8,65% de líquido liberado resultante do tratamento F6 (1,25% NaCl, 0,25% tripolifosfato de sódio). Na presença de *blend* de sais, o tripolifosfato de sódio resultou em uma maior estabilidade de emulsão, diminuindo a quantidade de líquido liberado, podendo ser observado pelo resultado do tratamento F8 (1,25% NaCl, 0,797% KCl, 0,396% CaCl₂, 0,5% tripolifosfato de sódio) que obteve 15,23% de líquido liberado em comparação ao resultado de 20,75% de líquido liberado pelo tratamento F7 (1,25% NaCl, 0,797% KCl, 0,396% CaCl₂, 0,25% tripolifosfato de sódio). Com estes resultados, pode-se verificar que mesmo em força iônica equivalente, o fosfato possui um importante papel para a estabilidade de emulsão dependendo do tipo de sal utilizado para fornecer a força iônica.

A carne de frango mecanicamente separada é fonte de proteínas, mas não eficiente como de matérias-primas nobres. Como neste estudo foram utilizadas emulsões cárneas com alto teor de carne de frango mecanicamente separada, o fosfato desempenhou uma maior importância devido à sua influência no aumento da força iônica para uma maior extração destas proteínas.

As proteínas miofibrilares são responsáveis pelo desenvolvimento de propriedades funcionais em produtos cárneos emulsionados, principalmente quanto à CRA, formação de emulsão e estabilidade de gel. Por serem proteínas solúveis em média ou alta força iônica e sensíveis à natureza de diferentes íons que compõem os sais utilizados no processamento, a porcentagem de extração obtida em diferentes estratégias para redução de sódio, apresenta-se como um dos mais relevantes fatores

para definir a estabilidade dos *batters* cru e produtos finais (SMITH, 1988; SMITH, 2001; XIONG, 2004).

d) porcentagem de extração de proteínas miofibrilares

Os resultados apresentados na Tabela 3 indicam que apesar do teor de sal, fosfato e tipo de sal terem influenciado significativamente a estabilidade de emulsão das amostras dos diferentes tratamentos, não foram verificadas alterações significativas ($p < 0,05$) na porcentagem da extração das proteínas miofibrilares, exceto os tratamentos F3 e F4 em que foram utilizados CaCl_2 , demonstrando valores muito menores que os outros tratamentos, confirmando o efeito negativo do CaCl_2 em emulsões cárneas.

A falta de eficiência do CaCl_2 para extrair grandes quantidades de proteínas miofibrilares pode ser devido à densidade de cargas ou efeitos de íons específicos (GORDON e BARBUT, 1992).

Com a redução de 50% da força iônica fornecida pelo sal, não houve mudança na porcentagem de extração das proteínas miofibrilares, com isso pode-se observar pelos resultados que utilizando 0,214 de força iônica é suficiente para extração das proteínas miofibrilares (considerando ainda mais a força iônica fornecida pelo tripolifosfato de sódio). De acordo com XIONG et al. (2004) o mínimo necessário de força iônica para a solubilização das proteínas miofibrilares é em torno de 0,2.

Não houve diferença significativa ($p < 0,05$) quanto à porcentagem de extração das proteínas miofibrilares entre as amostras FC1 (2,5% NaCl, 0,5% tripolifosfato de sódio), FC2 (1,25% NaCl, 0,5% tripolifosfato de sódio), F1 (3,189% KCl, 0,25% tripolifosfato de sódio), F2 (1,595% KCl, 0,25% tripolifosfato de sódio), F5 (2,5% NaCl, 0,25% tripolifosfato de sódio) e F6 (1,25% NaCl, 0,25% tripolifosfato de sódio). Com isso, pode-se observar que a natureza do sal monovalente e a alta força iônica tornam possíveis a redução de 50% do sal e do fosfato sem que a porcentagem das proteínas miofibrilares seja afetada.

Não houve diferença em relação à porcentagem de extração das proteínas miofibrilares quando se utilizou no *blend* de sais contendo 50% de NaCl, 25% de CaCl_2

e 25% de KCl em comparação ao FC1. Ou seja, o sistema modelo emulsionado não foi afetado pela substituição de 25% de CaCl₂ no *blend*. No entanto, a estabilidade de emulsão foi severamente influenciada. Isso significa que apesar das proteínas terem sido extraídas, a presença de sais divalentes resultou em géis mais frágeis, altamente suscetíveis à perda de líquido.

Os tratamentos contendo apenas CaCl₂ como sal substituto (F3: 1,583% CaCl₂, 0,25% tripolifosfato de sódio e F4: 0,791% CaCl₂, 0,25% tripolifosfato de sódio) demonstraram os menores valores, F3 resultou em 24,97% e F4 obteve 19,77% de porcentagem de extração das proteínas miofibrilares. Esses resultados foram coerentes com a mais baixa estabilidade de emulsão, ainda que com força iônica equivalente.

Tabela 3. Análise de pH, atividade de água, estabilidade de emulsão e porcentagem de extração de proteínas miofibrilares em tratamentos de *batters* cru de emulsões cárneas

Tratamentos	pH	Aw	Líquido liberado (%)	Extração (%)
FC1	6,11(0,01) ^c	0,97(0,002) ^{de}	4,42(0,34) ^e	47,07(0,15) ^a
FC2	6,25(0,01) ^a	0,98(0,001) ^{abc}	9,95(1,58) ^d	47,29(2,02) ^a
F1	6,21(0,01) ^b	0,97(0,006) ^{de}	7,53(0,67) ^{de}	44,53(1,25) ^a
F2	6,28(0,02) ^a	0,98(0,003) ^c	22,22(1,28) ^b	43,69(0,80) ^a
F3	5,49(0,03) ^f	0,99(0,002) ^{ab}	33,33(1,79) ^a	24,97(1,28) ^b
F4	5,82(0,01) ^e	0,99(0,001) ^a	31,60(0,50) ^a	19,77(0,97) ^c
F5	6,08(0,01) ^c	0,97(0,001) ^{de}	4,60(0,41) ^e	43,80(1,02) ^a
F6	6,20(0,01) ^b	0,98(0,005) ^{bc}	8,65(1,15) ^{de}	46,30(1,04) ^a
F7	5,86(0,02) ^e	0,98(0,001) ^{cd}	20,75(2,08) ^b	42,70(1,04) ^a
F8	5,93(0,02) ^d	0,97(0,003) ^e	15,23(3,15) ^c	44,57(3,62) ^a

Valores são médias (desvio padrão)

Líquido liberado= lipídeos (%) + água (%)

Extração (%)= porcentagem de proteínas miofibrilares extraídas

a, b, c, d, e, f Valores na mesma coluna com as mesmas letras minúsculas não diferem significativamente em p<0,05 (Teste de Tukey)

FC1- 2,5% NaCl, 0,5% TPFS; **FC2**- 1,25% NaCl, 0,5% TPFS; **F1**- 3,189% KCl, 0,25% TPFS; **F2**- 1,595% KCl, 0,25% TPFS; **F3**- 1,583% CaCl₂, 0,25% TPFS; **F4**- 0,791% CaCl₂, 0,25% TPFS; **F5**- 2,5% NaCl, 0,25% TPFS; **F6**- 1,25% NaCl, 0,25% TPFS; **F7**- 1,25% NaCl, 0,797% KCl, 0,396% CaCl₂, 0,25% TPFS; **F8**- 1,25% NaCl, 0,797% KCl, 0,396% CaCl₂, 0,5% TPFS

3.1.2 Avaliação da cor objetiva de *batters* cru de emulsões cárneas com redução de sódio e fosfato

Os resultados das determinações da cor dos *batters* cru são apresentados na Tabela 4 onde se pode verificar que os valores de L* (luminosidade), a* (intensidade de vermelho), b* (intensidade de amarelo) e W (índice de brancura) variaram entre os tratamentos.

Tabela 4. Valores de L* (luminosidade), a* (intensidade de cor vermelho), b* valores (intensidade de cor amarelo), e W (índice de brancura) em tratamentos de *batters* cru de emulsões cárneas

Tratamentos	L*	a*	b*	W
FC1	67,84(0,16) ^a	4,88(0,03) ^e	16,30(0,01) ^{bc}	63,62(0,15) ^a
FC2	67,60(0,46) ^{ab}	4,75(0,06) ^e	16,02(0,12) ^{cd}	63,55(0,36) ^a
F1	66,45(0,27) ^{cde}	5,29(0,32) ^{cd}	16,49(0,08) ^b	62,25(0,24) ^{bcd}
F2	66,10(0,13) ^{def}	5,23(0,05) ^d	16,14(0,01) ^{cd}	62,09(0,13) ^{cd}
F3	63,34(0,17) ^g	7,23(0,10) ^a	15,15(0,08) ^f	59,68(0,15) ^e
F4	65,59(0,09) ^f	5,31(0,06) ^{cd}	15,71(0,05) ^e	61,80(0,06) ^d
F5	66,81(0,13) ^c	5,30(0,04) ^{cde}	16,77(0,01) ^a	62,44(0,12) ^{bc}
F6	66,52(0,16) ^{cd}	5,14(0,09) ^d	16,35(0,02) ^{bc}	62,39(0,17) ^{bc}
F7	67,02(0,09) ^{bc}	5,53(0,05) ^b	16,42(0,08) ^b	62,74(0,05) ^b
F8	65,90(0,13) ^{ef}	5,46(0,08) ^{bc}	16,44(0,15) ^b	61,75(0,14) ^d

Valores são médias (desvio padrão)

a, b, c, d, e, f Valores na mesma coluna com as mesmas letras minúsculas não diferem significativamente em p<0,05 (Teste de Tukey)

FC1- 2,5% NaCl, 0,5%TPFS; **FC2**- 1,25% NaCl, 0,5% TPFS; **F1**- 3,189% KCl, 0,25% TPFS; **F2**- 1,595% KCl, 0,25% TPFS; **F3**- 1,583% CaCl₂, 0,25% TPFS; **F4**- 0,791% CaCl₂, 0,25% TPFS; **F5**- 2,5% NaCl, 0,25% TPFS; **F6**- 1,25% NaCl, 0,25% TPFS; **F7**- 1,25% NaCl, 0,797% KCl, 0,396% CaCl₂, 0,25% TPFS; **F8**- 1,25% NaCl, 0,797% KCl, 0,396% CaCl₂, 0,5% TPFS

O maior valor de L* (luminosidade) foi observado no tratamento controle FC1 (2,5% NaCl, 0,5% tripolifosfato de sódio) e o menor valor obtido foi reportado no tratamento F3 (1,583% CaCl₂, 0,25% tripolifosfato de sódio). Com a diminuição de 50% de NaCl (FC2 em relação ao FC1 e F6 em relação ao F5) e KCl (F2 em relação ao F1)

provocou uma pequena diminuição dos valores de b^* e não resultou em diferenças significativas ($p < 0,05$) nos parâmetros L^* , a^* e W entre estas. De acordo com CREHAN et al. (2000) reduzindo de 2,5 para 1,5% o teor de NaCl em salsichas cozidas não houve alteração nos valores de L^* .

A redução de 50% da quantidade de CaCl_2 resultou num expressivo aumento na luminosidade. De acordo com os valores apresentados, o teor de tripolifosfato de sódio influenciou a cor instrumental do *batter* cru cárneo. Os tratamentos controles FC1 (2,5% NaCl, 0,5% tripolifosfato de sódio) e FC2 (1,25% NaCl, 0,5% tripolifosfato de sódio) em comparação os tratamentos F5 (2,5% NaCl, 0,25% tripolifosfato de sódio) e F6 (1,25% NaCl, 0,25% tripolifosfato de sódio) apresentaram um maior valor de L^* e W , porém um menor valor de a^* e b^* . Segundo VILLAMONTE et al. (2013) o tripolifosfato de sódio causa um aumento da cor amarela e não afeta a intensidade de vermelho e luminosidade de *batters* de carne de porco.

3.2. Propriedades físico-químicas de emulsões cárneas cozidas com redução de sódio e fosfato

3.2.1 Composição centesimal

Todas as formulações de cada tratamento foram elaboradas com matérias-primas e ingredientes de um mesmo lote e obtidas do mesmo fornecedor.

As pequenas diferenças entre os tratamentos referentes à composição centesimal são devidas à heterogeneidade dos *batters* cru uma vez que o sistema estudado não é uma emulsão verdadeira. Dessa forma, as etapas de moagem das matérias-primas, cominuição, embutimento e cozimento podem ser as responsáveis por essas mínimas diferenças, apesar de serem significativas ($p < 0,05$). Observou-se que nos tratamentos com simples redução dos sais testados em 50%, o teor de cinzas foi reduzido significativamente ($p < 0,05$)

Para o teor de gordura, foi avaliada somente o tratamento controle (FC1), uma vez que foi adicionada a mesma quantidade de toucinho em todas as formulações, resultando em 20,2% de lipídeos no produto final.

Tabela 5. Composição centesimal de tratamentos de emulsões cárneas cozidas

Tratamentos	Umidade(%)	Cinzas(%)	Proteínas(%)
FC1	63,20(0,20) ^{bc}	3,85(0,02) ^b	11,66(0,07) ^{bc}
FC2	64,43(0,15) ^b	2,71(0,00) ^f	11,68(0,43) ^{bc}
F1	64,08(0,06) ^{bc}	4,07(0,05) ^a	11,33(0,37) ^{bc}
F2	64,56(0,44) ^b	2,94(0,02) ^e	11,63(0,75) ^{bc}
F3	59,35(0,61) ^d	2,03(0,02) ^h	13,45(0,20) ^a
F4	62,51(1,00) ^c	1,45(0,05) ⁱ	12,26(0,62) ^{ab}
F5	64,76(1,16) ^a	3,52(0,17) ^c	10,99(0,59) ^{bc}
F6	67,14(0,06) ^a	2,45(0,00) ^g	10,38(0,34) ^c
F7	63,28(0,25) ^{bc}	3,24(0,10) ^d	10,87(2,15) ^a
F8	62,73(0,26) ^c	4,06(0,06) ^a	11,65(0,93) ^{bc}

Valores são médias (desvio padrão)

a, b, c, d, e, f Valores na mesma coluna com as mesmas letras minúsculas não diferem significativamente em $p < 0,05$ (Teste de Tukey)

FC1- 2,5% NaCl, 0,5% TPFS; **FC2**- 1,25% NaCl, 0,5% TPFS; **F1**- 3,189% KCl, 0,25% TPFS; **F2**- 1,595% KCl, 0,25% TPFS; **F3**- 1,583% CaCl₂, 0,25% TPFS; **F4**- 0,791% CaCl₂, 0,25% TPFS; **F5**- 2,5% NaCl, 0,25% TPFS; **F6**- 1,25% NaCl, 0,25% TPFS; **F7**- 1,25% NaCl, 0,797% KCl, 0,396% CaCl₂, 0,25% TPFS; **F8**- 1,25% NaCl, 0,797% KCl, 0,396% CaCl₂, 0,5% TPFS

3.2.2 Teores de sódio, potássio e cálcio

Os resultados referentes aos teores de sódio, potássio e cálcio podem ser visualizados na Tabela 6 estão de acordo com os resultados esperados. A simples redução de 50 % de NaCl adicionado no tratamento (FC2 em relação ao tratamento FC1) ocasionou cerca de 38% de redução de sódio. Isso pode ser explicado pela adição de outros ingredientes que possuem sódio como eritorbato de sódio, tripolifosfato de sódio, nitrito de sódio e matéria-prima cárnea. Tal fato resulta em uma grande dificuldade de diminuir o teor de sódio apenas pela simples redução de cloreto de sódio adicionado ao tratamento.

O teor de potássio apresentado foi compatível à quantidade de ingredientes adicionados nos diferentes tratamentos. Em tratamentos onde não ocorreu adição de cloreto de potássio (FC1, FC2, F3, F4, F5 e F6) não houve diferença significativa ($p < 0,05$). Entre os tratamentos contendo *blend* de sais (F7 e F8) houve diferença significativa ($p > 0,05$) no teor de potássio, isto pode ter ocorrido devido à heterogeneidade dos *batters* cárneos.

Em tratamentos em que não foi adicionado cloreto de cálcio (FC1, FC2, F1, F2, F5, F6) foi encontrado teor de cálcio na faixa de 370-483 mg/100 g por amostra. Esse fato ocorre pela utilização de carne de frango mecanicamente separada, que possui resíduos de fragmentos ósseos, resultado do processo de desossa.

Tabela 6. Teor de sódio, potássio e cálcio de tratamentos de emulsões cárneas cozidas

Tratamentos	Sódio (mg/100 g)	Potássio (mg/100 g)	Cálcio (mg/100 g)
FC1	3286(42) ^a	581(26) ^e	402(35) ^{cd}
FC2	1999(67) ^c	612(36) ^e	372(87) ^d
F1	439(10) ^e	4943(258) ^a	371(28) ^d
F2	438(17) ^e	3091(14) ^b	483(30) ^{cd}
F3	311(23) ^f	505(17) ^e	1208(131) ^a
F4	360(9) ^{ef}	434(14) ^e	1017(65) ^b
F5	3049(33) ^b	609(37) ^e	393(14) ^{cd}
F6	1920(56) ^c	645(19) ^e	434(34) ^{cd}
F7	1692(21) ^d	1687(105) ^d	511(52) ^c
F8	1892(42) ^c	2376(34) ^c	564(49) ^c

Valores são médias (desvio padrão)

^{a, b, c, d, e, f} Valores na mesma coluna com as mesmas letras minúsculas não diferem significativamente em $p < 0,05$ (Teste de Tukey)

FC1- 2,5% NaCl, 0,5%TPFS; **FC2**- 1,25% NaCl, 0,5% TPFS; **F1**- 3,189% KCl, 0,25% TPFS; **F2**- 1,595% KCl, 0,25% TPFS; **F3**- 1,583% CaCl₂, 0,25% TPFS; **F4**- 0,791% CaCl₂, 0,25% TPFS; **F5**- 2,5% NaCl, 0,25% TPFS; **F6**- 1,25% NaCl, 0,25% TPFS; **F7**- 1,25% NaCl, 0,797% KCl, 0,396% CaCl₂, 0,25% TPFS; **F8**- 1,25% NaCl, 0,797% KCl, 0,396% CaCl₂, 0,5% TPFS

3.2.3 Valores de pH e Aw de emulsões cárneas cozidas, ao longo de 60 dias de armazenamento, sob refrigeração

O pH e Aw do produto final durante o armazenamento são apresentados na Tabela 7. No tempo 0, o menor pH foi 5,41 (F3: 1,583% CaCl₂, 0,25% tripolifosfato de sódio) e o maior 6,33 (F2: 1,595% KCl, 0,25% tripolifosfato de sódio), tendo resultados similares aos encontrados nos *batters* cru na Tabela 2.

As mudanças ao longo do período estudado, apesar de algumas serem significativas, não foram expressivas que possam influenciar a segurança alimentar, por exemplo, resultado do crescimento excessivo de bactérias lácticas. Durante o armazenamento do produto, o pH de todos os tratamentos aumentaram gradativamente conforme o tempo.

Ao longo dos 60 dias, os tratamentos F3 (1,583% CaCl₂, 0,25% tripolifosfato de sódio) e F4 (0,791% CaCl₂, 0,25% tripolifosfato de sódio) se mantiveram com a Aw mais elevada dentre todas. O tratamento controle FC1 (2,5% NaCl, 0,5% tripolifosfato de sódio) apresentou o menor resultado após 60 dias, porém não diferindo significativamente ($p < 0,05$) dos tratamentos F1 (3,189% KCl, 0,25% tripolifosfato de sódio), F5 (2,5% NaCl, 0,25% tripolifosfato de sódio), F7 (1,25% NaCl, 0,797% KCl, 0,396% CaCl₂, 0,25% tripolifosfato de sódio) e F8 (1,25% NaCl, 0,797% KCl, 0,396% CaCl₂, 0,5% tripolifosfato de sódio). Com estes resultados, pode ser observado que com a redução de 50% da quantidade de sal adicionado (excluindo os tratamentos contendo apenas o CaCl₂ como sal substituto) provoca um aumento na Aw, porém não provoca uma mudança expressiva. A Aw dos tratamentos contendo *blend* de sais (F7 e F8) não diferiram significativamente ($p < 0,05$) da amostra controle FC1 durante todo o tempo de armazenamento, podendo assim concluir que *blend* de sais, mesmo contendo 25% da sua força iônica fornecida pelo CaCl₂ e com redução de 50% de tripolifosfato de sódio podem ser utilizados sem afetar a Aw.

De um modo geral, para esses dois parâmetros, os tratamentos se mantiveram estáveis durante a vida de prateleira. Durante todo o tempo de armazenamento as emulsões cárneas cozidas foram mantidas em câmara fria à 5°C com monitoramento de temperatura constante todos os dias.

Tabela 7. Análise de pH e Aw em tratamentos de emulsões cárneas cozidas durante o armazenamento

Tratamentos	Tempo 0	Tempo 15	Tempo 30	Tempo 45	Tempo 60
pH					
FC1	6,26(0,01) ^{Dc}	6,16(0,01) ^{Ed}	6,28(0,01) ^{Cd}	6,32(0,01) ^{Bc}	6,35(0,01) ^{Ac}
FC2	6,26(0,01) ^{BCc}	6,24(0,02) ^{Cc}	6,29(0,02) ^{Bd}	6,44(0,02) ^{Aa}	6,45(0,01) ^{Ab}
F1	6,30(0,02) ^{Dab}	6,35(0,01) ^{Cab}	6,36(0,01) ^{Cb}	6,40(0,01) ^{Bb}	6,46(0,01) ^{Aab}
F2	6,33(0,01) ^{Da}	6,39(0,02) ^{Ca}	6,40(0,01) ^{Ca}	6,44(0,01) ^{Ba}	6,48(0,02) ^{Aa}
F3	5,41(0,01) ^{Dh}	5,54(0,02) ^{Ch}	5,54(0,01) ^{Ci}	5,61(0,01) ^{Bh}	5,69(0,02) ^{Ah}
F4	5,86(0,00) ^{Cg}	5,86(0,02) ^{Cg}	5,93(0,02) ^{Bh}	6,01(0,02) ^{Ag}	6,01(0,02) ^{Ag}
F5	6,17(0,01) ^{Cd}	6,20(0,05) ^{BCcd}	6,22(0,01) ^{BCe}	6,25(0,01) ^{Bd}	6,30(0,01) ^{Ad}
F6	6,28(0,01) ^{Dbc}	6,30(0,03) ^{CDb}	6,32(0,01) ^{Cc}	6,40(0,01) ^{Bb}	6,45(0,02) ^{Ab}
F7	6,02(0,01) ^{Df}	5,93(0,01) ^{Ef}	6,04(0,01) ^{Cg}	6,10(0,01) ^{Bf}	6,13(0,01) ^{Af}
F8	6,11(0,01) ^{De}	5,99(0,01) ^{Ee}	6,14(0,01) ^{Cf}	6,17(0,01) ^{Be}	6,20(0,01) ^{Ae}
Aw					
FC1	0,98(0,002) ^{Af}	0,97(0,001) ^{Acde}	0,98(0,001) ^{Aef}	0,97(0,003) ^{Ad}	0,97(0,002) ^{Ad}
FC2	0,98(0,002) ^{Accd}	0,99(0,001) ^{Ab}	0,99(0,001) ^{Abc}	0,99(0,002) ^{Ab}	0,98(0,003) ^{Abc}
F1	0,98(0,001) ^{Adef}	0,97(0,003) ^{Ae}	0,98(0,002) ^{Aef}	0,97(0,002) ^{Accd}	0,97(0,006) ^{Ad}
F2	0,98(0,002) ^{ABcde}	0,98(0,001) ^{Bcd}	0,98(0,002) ^{Accd}	0,98(0,001) ^{Ab}	0,98(0,001) ^{Abc}
F3	0,99(0,001) ^{Aab}	0,99(0,001) ^{Cb}	0,99(0,001) ^{ABab}	0,99(0,003) ^{BCb}	0,99(0,007) ^{ABCab}
F4	0,99(0,001) ^{Aa}	0,99(0,002) ^{Ba}	0,99(0,001) ^{ABa}	0,99(0,001) ^{ABa}	0,99(0,001) ^{Ba}
F5	0,97(0,003) ^{Af}	0,97(0,001) ^{Ade}	0,97(0,003) ^{Af}	0,97(0,002) ^{Accd}	0,97(0,001) ^{Ad}
F6	0,99(0,003) ^{Abc}	0,99(0,003) ^{Ab}	0,99(0,002) ^{Abc}	0,99(0,001) ^{Ab}	0,99(0,002) ^{Abc}
F7	0,98(0,002) ^{Cef}	0,98(0,001) ^{Abc}	0,98(0,001) ^{ABde}	0,98(0,001) ^{BCcd}	0,98(0,002) ^{ABCcd}
F8	0,98(0,001) ^{Aef}	0,97(0,002) ^{Ae}	0,98(0,004) ^{Ae}	0,97(0,003) ^{Accd}	0,97(0,002) ^{Ad}

Valores são médias (desvio padrão)

Tempo= dias

a, b, c, d, e, f Valores na mesma coluna com as mesmas letras minúsculas não diferem significativamente em $p < 0,05$ (Teste de Tukey)

A,B,C,D Valores na mesma linha com as mesmas letras maiúsculas não diferem significativamente em $p < 0,05$ (Teste de Tukey)

FC1- 2,5% NaCl, 0,5%TPFS; **FC2**- 1,25% NaCl, 0,5% TPFS; **F1**- 3,189% KCl, 0,25% TPFS; **F2**- 1,595% KCl, 0,25% TPFS; **F3**- 1,583% CaCl₂, 0,25% TPFS; **F4**- 0,791% CaCl₂, 0,25% TPFS; **F5**- 2,5% NaCl, 0,25% TPFS; **F6**- 1,25% NaCl, 0,25% TPFS; **F7**- 1,25% NaCl, 0,797% KCl, 0,396% CaCl₂, 0,25% TPFS; **F8**- 1,25% NaCl, 0,797% KCl, 0,396% CaCl₂, 0,5% TPFS

3.2.4 Avaliação da cor objetiva de emulsões cárneas cozidas com redução de sódio e fosfato ao longo do armazenamento

Os resultados das determinações da cor das emulsões cárneas cozidas podem ser visualizados na Tabela 8. O valor L^* expressa a luminosidade, a^* intensidade de vermelho, b^* intensidade de amarelo e W índice de brancura, conforme descrito em Material e Métodos.

Não houve diferenças significativas ($p < 0,05$) entre FC1 e FC2 nos parâmetros L^* , a^* , b^* e W durante o armazenamento. De acordo com CREHAN et al. (2000) reduzindo 2,5 para 1,5% de NaCl em salsichas cozidas não afeta os valores de L^* .

De modo geral durante o armazenamento, os tratamentos contendo apenas o $CaCl_2$ como sal substituto (F3 e F4) resultaram em maiores valores de a^* e menores valores de L^* e W .

Mesmo diferindo significativamente ($p > 0,05$) em alguns pontos durante o armazenamento, a redução de KCl (F2 em comparação a F1) e tripolifosfato de sódio (F5 e F6 em comparação a FC1 e FC2) não causou mudanças expressivas nos valores de L^* , a^* , b^* e W .

No tempo de armazenamento de 45 e 60 dias o tratamento F8 (1,25% NaCl, 0,797% KCl, 0,396% $CaCl_2$, 0,5% tripolifosfato de sódio) não foram observadas diferenças significativas em comparação as amostras controle FC1 (2,5% NaCl, 0,5% tripolifosfato de sódio) e FC2 (1,25% NaCl, 0,5% tripolifosfato de sódio) nos valores L^* , a^* , b^* e W . A redução de $CaCl_2$ provocou um aumento expressivo no valor de L^* e W , porém sendo obtido um menor valor de a^* . Após o tempo de armazenamento de 45 dias não houve diferença significativa ($p < 0,05$) no valor de b^* entre as amostras.

Tabela 8. Valores de L* (luminosidade), a* (intensidade de cor vermelho), b* (intensidade de cor amarelo), e W (índice de brancura) em tratamentos de emulsões cárneas cozidas durante o armazenamento

Tratamentos	Tempo 0	Tempo 15	Tempo 30	Tempo 45	Tempo 60
L*					
FC1	66,75(0,17) ^{BCab}	67,51(0,43) ^{ABa}	67,92(0,28) ^{Aa}	66,31(0,48) ^{Cbcd}	66,42(0,22) ^{Ab}
FC2	66,17(0,05) ^{Cbc}	67,20(0,30) ^{Bab}	68,17(0,24) ^{Aa}	66,04(0,40) ^{Ccde}	66,25(0,30) ^{Cbc}
F1	63,73(0,30) ^{Cde}	66,25(0,16) ^{Cd}	66,74(0,29) ^{ABb}	66,10(0,14) ^{Bcd}	67,34(0,46) ^{Aa}
F2	63,06(0,48) ^{Cef}	64,61(0,10) ^{Be}	65,42(0,24) ^{Ad}	65,25(0,27) ^{ABe}	64,66(0,12) ^{Bd}
F3	62,42(0,04) ^{Bf}	62,91(0,10) ^{Af}	63,31(0,05) ^{Ae}	63,30(0,24) ^{Af}	62,45(0,25) ^{Be}
F4	64,52(0,29) ^{Bd}	64,71(0,27) ^{Be}	65,44(0,27) ^{Ad}	65,60(0,02) ^{Ade}	65,52(0,25) ^{Ac}
F5	65,63(0,50) ^{Cc}	65,76(0,28) ^{BCbc}	66,49(0,25) ^{ABbc}	66,66(0,26) ^{Abc}	65,55(0,18) ^{Cc}
F6	66,10(0,58) ^{Bbc}	67,18(0,12) ^{Aab}	67,71(0,05) ^{Aa}	67,05(0,14) ^{Aab}	67,56(0,17) ^{Aa}
F7	67,41(0,21) ^{Aa}	67,16(0,18) ^{ABab}	66,58(0,17) ^{Bb}	67,59(0,44) ^{Aa}	66,46(0,37) ^{Bb}
F8	66,50(0,23) ^{Aabc}	65,85(0,39) ^{ABd}	65,89(0,10) ^{ABcd}	65,62(0,17) ^{Bde}	65,85(0,34) ^{ABbc}
a*					
FC1	9,53(0,26) ^{Ac}	9,66(0,22) ^{Abc}	9,66(0,12) ^{Abc}	9,55(0,10) ^{Abc}	9,53(0,05) ^{Abc}
FC2	9,97(0,07) ^{Abc}	9,62(0,07) ^{Bbc}	9,29(0,18) ^{Ccd}	9,44(0,14) ^{BCbc}	9,41(0,04) ^{BCbc}
F1	9,66(0,15) ^{Ac}	9,41(0,13) ^{Ac}	9,75(0,16) ^{Ab}	9,58(0,18) ^{Abc}	9,28(0,64) ^{Ac}
F2	10,04(0,19) ^{Abc}	9,73(0,03) ^{ABbc}	9,59(0,15) ^{Bbcd}	9,86(0,24) ^{ABb}	10,00(0,02) ^{ABbc}
F3	10,99(0,15) ^{Aa}	10,63(0,26) ^{Aa}	10,83(0,14) ^{Aa}	10,97(0,05) ^{Aa}	10,78(0,13) ^{Aa}
F4	10,40(0,12) ^{Ab}	9,92(0,12) ^{Bb}	9,93(0,21) ^{Bb}	9,85(0,13) ^{Bb}	9,77(0,08) ^{Bbc}
F5	9,82(0,24) ^{Abc}	9,71(0,03) ^{Abc}	9,64(0,04) ^{ABcd}	9,69(0,34) ^{Ab}	9,99(0,06) ^{Abc}
F6	8,89(0,46) ^{Ad}	8,96(0,05) ^{Ad}	9,24(0,01) ^{Ad}	9,00(0,22) ^{Ac}	9,28(0,12) ^{Ac}
F7	10,00(0,18) ^{Abc}	9,72(0,26) ^{Abc}	9,88(0,11) ^{Ab}	9,54(0,39) ^{Abc}	9,83(0,14) ^{Abc}
F8	10,01(0,30) ^{Abc}	9,89(0,06) ^{Abc}	9,89(0,16) ^{Ab}	9,79(0,16) ^{Ab}	10,01(0,36) ^{Ab}
b*					
FC1	11,29(0,12) ^{Aab}	11,31(0,21) ^{Aab}	11,15(0,01) ^{Aab}	11,38(0,45) ^{Aa}	11,20(0,07) ^{Aa}
FC2	10,91(0,14) ^{ABb}	10,80(0,02) ^{Bb}	10,64(0,13) ^{Bb}	11,26(0,23) ^{Aa}	10,97(0,16) ^{Aa}

Tabela 8 (continuação)

Tratamentos	Tempo 0	Tempo 15	Tempo 30	Tempo 45	Tempo 60
F1	11,12(0,08) ^{Aab}	11,86(0,25) ^{Aa}	11,46(0,76) ^{Aab}	11,51(0,30) ^{Aa}	11,73(0,98) ^{Aa}
F2	10,85(0,08) ^{Bb}	11,21(0,08) ^{Aab}	11,53(0,24) ^{Aa}	10,70(0,03) ^{Ba}	11,42(0,06) ^{Aa}
F3	11,64(0,06) ^{Aa}	11,79(0,50) ^{Aa}	11,12(0,04) ^{Aab}	11,28(0,23) ^{Aa}	11,40(0,14) ^{Aa}
F4	11,69(0,47) ^{Aa}	11,43(0,36) ^{Aab}	11,29(0,18) ^{Aab}	11,06(0,06) ^{Aa}	11,08(0,18) ^{Aa}
F5	11,06(0,24) ^{Aab}	11,44(0,19) ^{Aab}	11,41(0,12) ^{Aab}	11,10(0,33) ^{Aa}	11,60(0,28) ^{Aa}
F6	11,17(0,35) ^{Aab}	11,35(0,05) ^{Aab}	11,09(0,22) ^{Aab}	11,26(0,14) ^{Aa}	11,37(0,31) ^{Aa}
F7	10,84(0,14) ^{Ab}	11,09(0,36) ^{Aab}	11,01(0,35) ^{Aab}	11,10(0,42) ^{Aa}	11,40(0,50) ^{Aa}
F8	10,97(0,11) ^{Ab}	11,22(0,38) ^{Aab}	10,91(0,13) ^{Aab}	11,08(0,34) ^{Aa}	11,24(0,12) ^{Aa}
W					
FC1	63,61(0,15) ^{CDc}	64,26(0,33) ^{ABa}	64,69(0,23) ^{Aa}	63,18(0,50) ^{Dcd}	63,33(0,22) ^{Abc}
FC2	63,08(0,07) ^{Ccd}	64,15(0,25) ^{Ba}	65,18(0,27) ^{Aa}	63,00(0,33) ^{Ccde}	63,28(0,32) ^{Cbc}
F1	60,85(0,25) ^{Cef}	63,01(0,10) ^{Bc}	63,49(0,22) ^{ABb}	62,94(0,25) ^{Bcde}	64,06(0,57) ^{Aab}
F2	60,21(0,46) ^{Df}	61,63(0,10) ^{BCd}	62,31(0,26) ^{ABd}	62,33(0,18) ^{Ae}	61,54(0,13) ^{Ce}
F3	59,15(0,09) ^{Bg}	59,66(0,23) ^{ABe}	60,16(0,05) ^{Ae}	60,07(0,28) ^{Af}	59,31(0,19) ^{Bf}
F4	61,22(0,27) ^{Be}	61,60(0,26) ^{Bd}	62,31(0,05) ^{Ad}	62,54(0,03) ^{Ade}	62,49(0,26) ^{Accd}
F5	62,58(0,44) ^{BCd}	63,35(0,06) ^{Abc}	63,31(0,27) ^{ABbc}	63,54(0,25) ^{Abc}	62,30(0,23) ^{Cde}
F6	63,21(0,55) ^{Bcd}	64,13(0,10) ^{Aa}	64,63(0,11) ^{Aa}	64,03(0,18) ^{Aab}	64,40(0,15) ^{Aa}
F7	64,23(0,22) ^{ABa}	64,00(0,25) ^{ABCab}	63,46(0,23) ^{BCbc}	64,43(0,37) ^{Aa}	63,24(0,46) ^{Cbc}
F8	63,36(0,29) ^{Ab}	62,72(0,46) ^{ABc}	62,85(0,01) ^{ABcd}	62,57(0,16) ^{Bde}	62,68(0,20) ^{ABcd}

Valores são médias (desvio padrão)

Tempo= dias

a, b, c, d, e, f Valores na mesma coluna com as mesmas letras minúsculas não diferem significativamente em $p < 0,05$ (Teste de Tukey)

A,B,C,D Valores na mesma linha com as mesmas letras maiúsculas não diferem significativamente em $p < 0,05$ (Teste de Tukey)

FC1- 2,5% NaCl, 0,5% TPFS; **FC2**- 1,25% NaCl, 0,5% TPFS; **F1**- 3,189% KCl, 0,25% TPFS; **F2**- 1,595% KCl, 0,25% TPFS; **F3**- 1,583% CaCl₂, 0,25% TPFS; **F4**- 0,791% CaCl₂, 0,25% TPFS; **F5**- 2,5% NaCl, 0,25% TPFS; **F6**- 1,25% NaCl, 0,25% TPFS; **F7**- 1,25% NaCl, 0,797% KCl, 0,396% CaCl₂, 0,25% TPFS; **F8**- 1,25% NaCl, 0,797% KCl, 0,396% CaCl₂, 0,5% TPFS

3.2.5 Análise de perfil de textura

Em produtos emulsionados cárneos, o perfil de textura é um dos mais importantes parâmetros físicos que influencia as propriedades sensoriais, estando relacionado com a capacidade de retenção de água e gordura em matrizes cárneas, influenciado pela força iônica e propriedades funcionais das proteínas (HAMM, 1986). No presente estudo, foram avaliados os atributos dureza, elasticidade, coesividade e mastigabilidade os quais estão apresentados na Tabela 9.

Foi observado que quando se utilizou 0,5% de tripolifosfato de sódio, a redução de NaCl não afetou as propriedades de textura no tempo 0 e durante o armazenamento de 60 dias. Em todos os tratamentos com baixo teor de NaCl, o tripolifosfato de sódio atua recuperando a qualidade do produto cárneo (SOFOS, 1986).

A dureza dos produtos cárneos está associada com a capacidade de retenção de água (HAMM, 1986). O tratamento F3 (1,583% CaCl_2 , 0,25% tripolifosfato de sódio) possuiu a menor dureza e coincidentemente a menor estabilidade de emulsão, possivelmente devido a ação negativa do sal divalente CaCl_2 na formação e estabilização de emulsões cárneas. No tempo de 30 dias pode ser observado o maior valor de dureza em todas as amostras, devido possivelmente a diminuição da capacidade de retenção de água causado pelo passar do tempo.

A elasticidade tem sido relacionada com a propriedade de ligação de água e gordura. As medidas de elasticidade dos tratamentos de produto emulsionado tipo mortadela, no presente estudo, não diferiram significativamente entre os tratamentos FC1, FC2, F1, F2, F5, F6, F7 e F8. Os tratamentos F3 (1,583% CaCl_2 , 0,25% tripolifosfato de sódio) e F4 (0,791% CaCl_2 , 0,25% tripolifosfato de sódio) tiveram valores de elasticidade significativamente menores.

A coesividade é a medida do grau de dificuldade de quebrar a estrutura interna da mortadela. O valor de coesividade variou entre os tratamentos. Os tratamentos F3 e F4 obtiveram os menores valores de coesividade tanto no tempo 0 quanto durante o armazenamento. O tratamento F5 (2,5% NaCl, 0,25% tripolifosfato de sódio) e F7 (1,25% NaCl, 0,797% KCl, 0,396% CaCl_2 , 0,25% tripolifosfato de sódio) não diferiram

significativamente ($p < 0,05$) da amostra controle FC1. Isto indica que reduzindo 50% do NaCl e do tripolifosfato de sódio, e adicionando *blend* de sais substitutos ou não, não foi reportada influência sobre a coesividade.

Os valores de mastigabilidade variaram entre os tratamentos. Os menores valores obtidos foram dos tratamentos F3 (1,583% CaCl_2 , 0,25% tripolifosfato de sódio) e F4 (0,791% CaCl_2 , 0,25% tripolifosfato de sódio), demonstrando valores significativamente menores que todas as outras amostras.

O tratamento F7 contendo *blends* de sais teve em geral, médias superiores que o tratamento F8. Isto pode ter ocorrido devido à concentração de fosfato, que possui ação quelante de íons metálicos como cálcio e magnésio (HAMM, 1960).

Muitos autores reportam que os cloretos monovalentes provocam um efeito similar na textura e ligação de água em *batters* cárneos, e cloretos divalentes, como o CaCl_2 , podem diminuir a capacidade de retenção de água e prejudicar a textura (SEMAN et al., 1980; HAND et al., 1982; WEINBERG et al., 1984; GORDON e BARBUT, 1992)

A análise de perfil de textura confirmou o efeito negativo da adição de CaCl_2 em todas as características do produto, porém quando adicionado em pequenas quantidades em forma de *blends* o efeito negativo deste sal é significativamente diminuído.

Tabela 9. Análise de perfil de textura em tratamentos de emulsões cárneas cozidas durante o armazenamento

Tratamentos	Tempo 0	Tempo 15	Tempo 30	Tempo 45	Tempo 60
Dureza (N/cm²)					
FC1	7,62(0,39) ^{BCbc}	7,13(0,35) ^{Ccde}	8,47(0,35) ^{Abcd}	8,35(0,57) ^{Aabc}	8,03(0,28) ^{ABabc}
FC2	7,38(0,27) ^{Bbcd}	6,44(0,43) ^{Cde}	9,07(0,16) ^{Aab}	8,91(0,70) ^{Aa}	7,20(0,57) ^{Bc}
F1	6,83(0,72) ^{Ccd}	7,77(1,14) ^{ABCbc}	8,67(0,71) ^{Abc}	8,03(0,55) ^{ABbcd}	7,43(0,27) ^{BCc}
F2	6,59(0,41) ^{Bde}	7,23(0,23) ^{ABcd}	7,87(0,45) ^{Ad}	7,19(0,58) ^{Bde}	7,08(0,56) ^{Bc}
F3	5,97(0,63) ^{Ae}	4,51(0,51) ^{Bf}	6,18(0,39) ^{Ae}	4,36(0,47) ^{Bf}	4,86(0,61) ^{Bd}
F4	7,33(0,39) ^{Bbcd}	6,25(0,25) ^{Ce}	8,13(0,27) ^{Acd}	7,89(0,53) ^{ABcde}	5,58(0,93) ^{Cd}
F5	8,51(0,45) ^{Ba}	10,34(0,95) ^{Aa}	9,41(0,50) ^{Aab}	8,82(0,46) ^{Bab}	8,56(1,02) ^{Ba}
F6	6,70(0,52) ^{Cde}	7,23(0,24) ^{Bcd}	8,18(0,26) ^{Acd}	7,13(0,42) ^{BCe}	7,20(0,19) ^{BCc}
F7	8,44(0,57) ^{BCa}	7,03(0,53) ^{Dcde}	9,56(0,41) ^{Aa}	9,15(0,44) ^{ABa}	8,41(0,52) ^{Cab}
F8	7,73(0,28) ^{ABab}	8,28(0,51) ^{Ab}	8,30(0,43) ^{Acd}	7,58(0,42) ^{Bcde}	7,51(0,34) ^{Bbc}
Elasticidade (cm)					
FC1	0,89(0,02) ^{Aa}	0,92(0,01) ^{Aa}	0,90(0,04) ^{Aa}	0,90(0,01) ^{Aab}	0,90(0,01) ^{Aa}
FC2	0,87(0,01) ^{Ca}	0,89(0,01) ^{ABCa}	0,90(0,03) ^{ABa}	0,88(0,01) ^{BCb}	0,91(0,01) ^{Aa}
F1	0,91(0,02) ^{Aa}	0,91(0,02) ^{Aa}	0,91(0,02) ^{Aba}	0,92(0,03) ^{Aa}	0,93(0,02) ^{Aa}
F2	0,90(0,01) ^{Ba}	0,90(0,02) ^{Ba}	0,89(0,01) ^{Ba}	0,89(0,02) ^{Bab}	0,93(0,02) ^{Aa}
F3	0,78(0,02) ^{Ab}	0,78(0,04) ^{Ac}	0,75(0,04) ^{Ac}	0,76(0,02) ^{Ad}	0,82(0,02) ^{Ab}
F4	0,80(0,02) ^{Ab}	0,83(0,02) ^{Ab}	0,82(0,01) ^{Ab}	0,82(0,03) ^{Ac}	0,82(0,05) ^{Ac}
F5	0,91(0,01) ^{ABa}	0,90(0,02) ^{ABa}	0,88(0,02) ^{Ba}	0,91(0,03) ^{ABab}	0,92(0,02) ^{Aa}
F6	0,90(0,11) ^{Ba}	0,91(0,01) ^{ABa}	0,91(0,01) ^{Aba}	0,92(0,01) ^{ABab}	0,92(0,02) ^{Aa}
F7	0,88(0,02) ^{Aa}	0,90(0,02) ^{Aa}	0,91(0,05) ^{Aa}	0,90(0,02) ^{Aab}	0,91(0,01) ^{Aa}
F8	0,89(0,03) ^{Aa}	0,92(0,03) ^{Aa}	0,90(0,03) ^{Aa}	0,90(0,01) ^{Aab}	0,91(0,02) ^{Aa}
Coesividade					
FC1	0,75(0,03) ^{Ccd}	0,80(0,01) ^{ABa}	0,79(0,01) ^{ABa}	0,78(0,01) ^{Bab}	0,81(0,01) ^{Aab}
FC2	0,73(0,02) ^{Bd}	0,74(0,05) ^{Bb}	0,72(0,03) ^{Bb}	0,73(0,04) ^{Bb}	0,79(0,03) ^{Ab}

Tabela 9 (continuação)

Tratamentos	Tempo 0	Tempo 15	Tempo 30	Tempo 45	Tempo 60
F1	0,82(0,01) ^{BCa}	0,80(0,01) ^{CDa}	0,80(0,01) ^{Da}	0,83(0,01) ^{ABa}	0,84(0,00) ^{Aa}
F2	0,79(0,01) ^{Bab}	0,77(0,04) ^{Bab}	0,77(0,01) ^{Ba}	0,80(0,02) ^{ABa}	0,82(0,01) ^{Aab}
F3	0,59(0,03) ^{Af}	0,54(0,04) ^{Ad}	0,54(0,04) ^{Ad}	0,57(0,08) ^{Ad}	0,58(0,04) ^{Ad}
F4	0,66(0,02) ^{ABe}	0,67(0,02) ^{ABc}	0,63(0,02) ^{Bc}	0,63(0,04) ^{Bc}	0,69(0,06) ^{Ac}
F5	0,78(0,01) ^{Babc}	0,78(0,01) ^{Bab}	0,79(0,01) ^{Ba}	0,82(0,02) ^{Aa}	0,82(0,01) ^{Aab}
F6	0,79(0,01) ^{Bab}	0,80(0,01) ^{Ba}	0,79(0,01) ^{Ba}	0,83(0,02) ^{Aa}	0,83(0,01) ^{Aa}
F7	0,76(0,03) ^{Babc}	0,80(0,03) ^{Aa}	0,79(0,01) ^{Aa}	0,79(0,01) ^{Aa}	0,89(0,01) ^{Aab}
F8	0,79(0,01) ^{Cab}	0,81(0,01) ^{Ba}	0,81(0,00) ^{Ba}	0,82(0,01) ^{Ba}	0,83(0,01) ^{Aa}
Mastigabilidade (N/cm)					
FC1	5,10(0,50) ^{Bbc}	5,19(0,29) ^{Bc}	6,05(0,31) ^{Aabc}	5,87(0,35) ^{Abc}	5,92(0,25) ^{Aabc}
FC2	4,69(0,14) ^{BCc}	4,26(0,47) ^{Cd}	5,24(0,25) ^{ABd}	5,77(0,53) ^{Abc}	5,30(0,49) ^{ABcd}
F1	5,04(0,59) ^{Bbc}	5,64(0,82) ^{ABbc}	6,34(0,59) ^{Aab}	6,12(0,47) ^{Ab}	5,79(0,30) ^{ABbcd}
F2	4,71(0,33) ^{Cc}	4,99(0,34) ^{BCcd}	5,52(0,35) ^{Ac}	5,10(0,24) ^{ABCd}	5,40(0,39) ^{ABbcd}
F3	2,76(0,42) ^{Ae}	1,90(0,31) ^{Cf}	2,53(0,33) ^{ABf}	1,86(0,25) ^{Cf}	2,20(0,32) ^{BCf}
F4	3,89(0,23) ^{ABd}	3,49(0,19) ^{BCe}	3,33(0,33) ^{Ce}	4,08(0,43) ^{Ae}	3,12(0,55) ^{Ce}
F5	6,66(0,35) ^{Ba}	7,20(0,67) ^{Aa}	6,56(0,35) ^{Aba}	6,52(0,49) ^{ABa}	6,46(0,79) ^{Aba}
F6	4,78(0,36) ^{Cc}	5,22(0,18) ^{Bc}	5,86(0,19) ^{Abc}	5,41(0,27) ^{Bcd}	5,54(0,22) ^{ABbcd}
F7	5,67(0,57) ^{BCb}	5,05(0,47) ^{Cc}	6,34(0,35) ^{Aab}	6,50(0,34) ^{Aa}	6,21(0,42) ^{ABab}
F8	5,47(0,32) ^{Bb}	6,12(0,36) ^{Ab}	5,76(0,27) ^{ABcd}	5,57(0,28) ^{Bbcd}	5,67(0,33) ^{ABbcd}

Valores são médias (desvio padrão)

Tempo= dias

a, b, c, d, e, f Valores na mesma coluna com as mesmas letras minúsculas não diferem significativamente em $p < 0,05$

(Teste de Tukey)

A,B,C,D Valores na mesma linha com as mesmas letras maiúsculas não diferem significativamente em $p < 0,05$ (Teste

de Tukey)

FC1- 2,5% NaCl, 0,5% TPFS; **FC2**- 1,25% NaCl, 0,5% TPFS; **F1**- 3,189% KCl, 0,25% TPFS; **F2**- 1,595% KCl, 0,25% TPFS; **F3**- 1,583% CaCl₂, 0,25% TPFS; **F4**- 0,791% CaCl₂, 0,25% TPFS; **F5**- 2,5% NaCl, 0,25% TPFS; **F6**- 1,25% NaCl, 0,25% TPFS; **F7**- 1,25% NaCl, 0,797% KCl, 0,396% CaCl₂, 0,25% TPFS; **F8**- 1,25% NaCl, 0,797% KCl, 0,396% CaCl₂, 0,5% TPFS

3.2.6 Análise de microestrutura

A Figura 1 mostra microestruturas de produtos emulsionados cozidos referente aos diferentes tratamentos avaliados. Pode-se observar que ao diminuir a força iônica fornecida pelos sais pela metade ocorreu o surgimento de esferas em suspensão na rede proteica, sendo visualizadas claramente nas imagens FC2, F2, F4 e F6.

As esferas podem ser glóbulos de gordura que não foram eliminados na preparação das amostras com glutaraldeído (3g/100 g) e soluções de álcool (concentração de 30, 50, 70, 90 e 100%), ou pode ter sido causado pela não incorporação destes glóbulos na rede proteica devido possivelmente à diminuição da força iônica ou tipo de sal utilizado, podendo ser observado nos tratamentos FC2, F2, F4 e F6 com mais frequência se comparadas com os tratamentos FC1, F1, F3 e F5 que possuem o dobro da força iônica (excluindo a força iônica causada pelo fosfato), na respectiva ordem.

A quantidade de poros pode ser relacionada com a quantidade de água adicionada, que quando eliminada, provoca o surgimento de espaços vazios na microestrutura.

Segundo GORDON e BARBUT (1989) além de diferenças entre *batters* elaborados com cloretos monovalentes e divalentes, também há diferenças entre cloretos monovalentes na microestrutura.

A amostra do tratamento FC1 apresentou a topografia mais densa e compacta quando comparada com as amostras de outros tratamentos. Isso pode ser explicado pela quantidade de NaCl e fosfato adicionados, demonstrando a importância do efeito destes componentes na formação de uma emulsão estável, confirmando os melhores resultados de estabilidade de emulsão na Tabela 2 e seu efeito sinérgico. Quando a quantidade de NaCl é reduzida, a quantidade de proteína extraída diminui, reduzindo a força do gel e habilidade de ligação de água (GORDON, 1993).

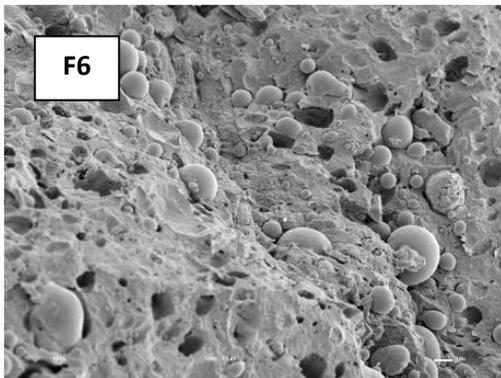
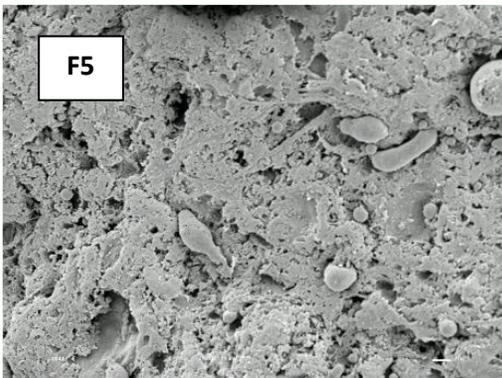
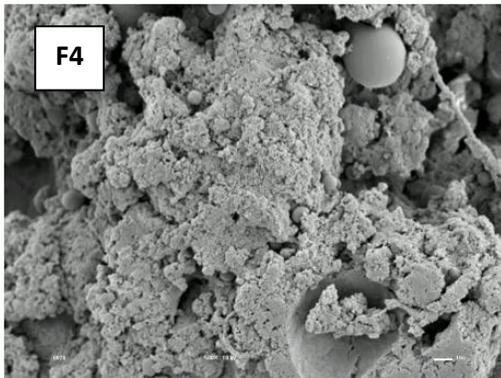
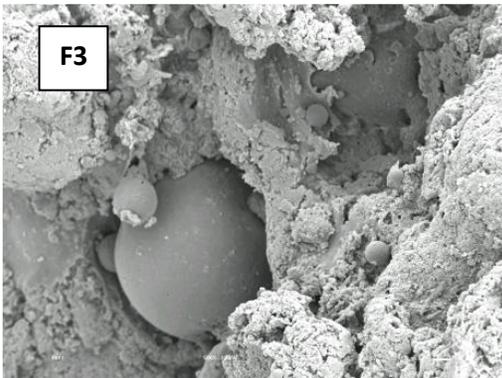
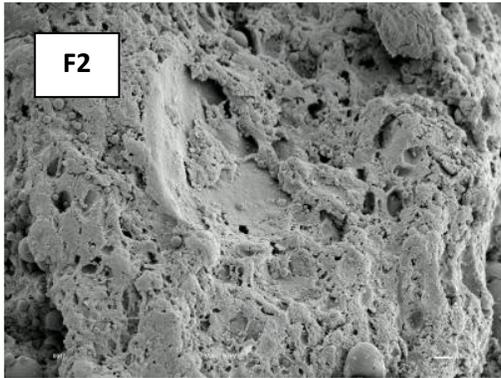
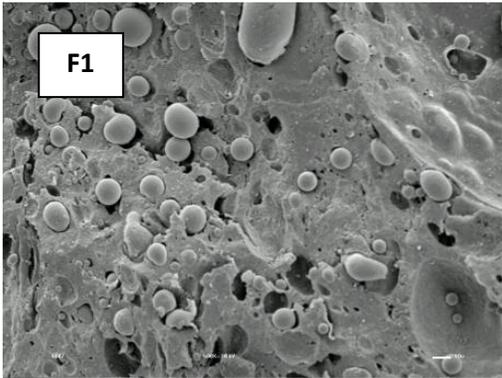
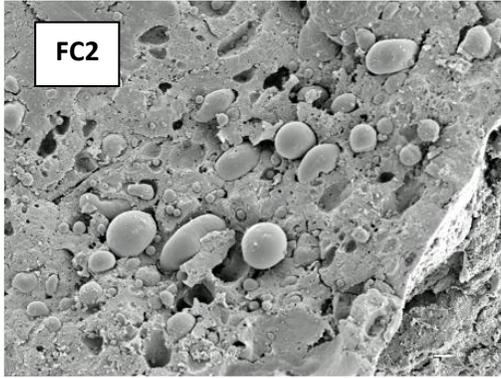
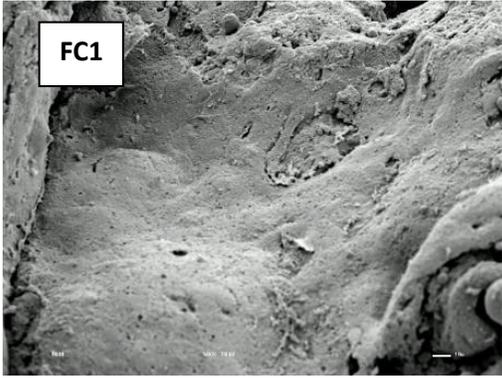
A quantidade de fosfato demonstrou ser um importante parâmetro que influenciou as microestruturas de produtos emulsionados com redução de Na. As

amostras dos tratamentos FC1, FC2 e F8 apresentaram as microestruturas mais homogêneas, densas e compactas quando comparadas com as amostras dos tratamentos F5, F6 e F7, respectivamente. Segundo OFFER e TRINICK (1983) o fosfato aumenta a CRA, força iônica além de aumentar a extração das proteínas, principalmente da miosina.

Os tratamentos com apenas o sal CaCl_2 (F3 e F4) resultaram em uma microestrutura heterogênea, indicando pontos frágeis na estrutura da emulsão, confirmando os valores de estabilidade de emulsão observados na Tabela 2. Considerando as imagens, há evidências que o CaCl_2 contribui negativamente no *blend*, causando perda de estabilidade de emulsão e menor retenção de água.

Há diversas teorias em que podem justificar a baixa estabilidade causada em emulsão cárneas pelo sal divalente CaCl_2 , dentre elas a baixa capacidade de extração de proteínas cárneas quando comparada com outros sais (GORDON e BARBUT, 1992), sendo confirmado nos resultados de porcentagem de extração de proteínas miofibrilares na Tabela 3, pode também ser ocasionado pela grande quantidade de cátions Ca^{++} (TANG et al. 1997), pelo grande número de íons cloretos em sais divalentes como CaCl_2 (HAMM, 1986), pela diminuição da força do gel (TOTOSAUS e PÉREZ-CHABELA, 2009) e redução do pH alcançando valor perto do ponto isoelétrico prejudicando a funcionalidades das proteínas, principalmente a da miosina (CLAUS et al. 1989).

Quando o NaCl é substituído por sais divalentes com o CaCl_2 , com força iônica similar, as características são negativamente afetadas (PIGOTT et al., 2000).



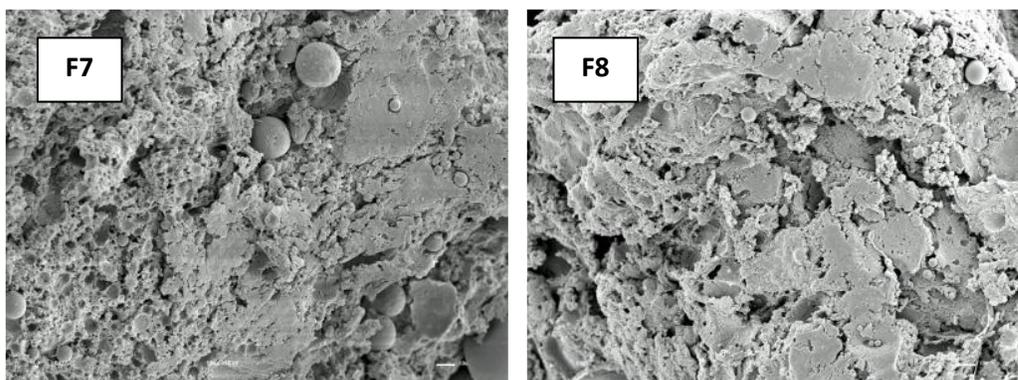


Figura 1. Imagens de emulsões cárneas cozidas por Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) com ampliação de 500x

FC1- 2,5% NaCl, 0,5%TPFS; **FC2**- 1,25% NaCl, 0,5% TPFS; **F1**- 3,189% KCl, 0,25% TPFS; **F2**- 1,595% KCl, 0,25% TPFS; **F3**- 1,583% CaCl₂, 0,25% TPFS; **F4**- 0,791% CaCl₂, 0,25% TPFS; **F5**- 2,5% NaCl, 0,25% TPFS; **F6**- 1,25% NaCl, 0,25% TPFS; **F7**- 1,25% NaCl, 0,797% KCl, 0,396% CaCl₂, 0,25% TPFS; **F8**- 1,25% NaCl, 0,797% KCl, 0,396% CaCl₂, 0,5% TPFS

4. Conclusão

Os tratamentos com *blend* de sais (NaCl, KCl e CaCl₂) possuindo a mesma força iônica equivalente à 2,5% de NaCl que é normalmente utilizado em tratamentos tradicionais, demonstrou ser uma boa estratégia para reduzir a quantidade de sódio em emulsões cárneas com alto teor de carne de frango mecanicamente separada. A redução de 50% de NaCl, KCl, CaCl₂ e tripolifosfato de sódio provocou perda de estabilidade de emulsão e contribuiu negativamente para as propriedades funcionais do produto emulsionado, sendo evidentemente constatado na microestrutura. O uso do CaCl₂ tanto isoladamente quanto no *blend* provocou efeitos negativos nas propriedades funcionais, principalmente quando adicionado isoladamente. Pela avaliação dos resultados, o KCl é o melhor sal substituto ao NaCl em emulsões cárneas com alto teor de carne de frango mecanicamente separada.

5. Referências bibliográficas

ASKAR, A.; EL-SAMAHY, S. K.; TAWFIK, M. Pasterma and beef bouillon. The effect of substituting KCl and K-lactate for sodium chloride. **Fleischwirtschaft**, v.73(3), p.289–292, 1994.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis**. 18 Ed. HORWITS, W. (Ed.). Washington, DC, p. 209–213, 2005.

BARBUT, S. Effect of sodium level on the microstructure and texture of whey protein isolate gels. **Food Research International**, v. 28, p. 431-443, 1995.

BENDALL, J. R. The swelling effect of polyphosphates on lean meat. **Journal Science Food Agriculture**, v. 5, p. 468-475, 1954.

BIESALSKI, H. K. Meat as a component of a healthy diet – are there any risks or benefits IF meat is avoided in the diet? **Meat Science**, v. 70, p. 509-524, 2005.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, p. 248-251, 1976.

CLAUS, J. R., HUNT, M. C., & KASTNER, C. L. Effects of substituting added water for fat on the textural, sensory and processing characteristics of bologna. **Journal of Muscle Foods**, v. 1, p. 1-19, 1989.

CREHAN, C. M., TROY, D. G., & BUCKLEY, D. J. Effects of salt level and high hydrostatic pressure processing on frankfurters formulated with 1.5 and 2.5% salt. **Meat Science**, v. 55(1), p. 123-130, 2000.

DESMOND, E. Reducing salt: A challenge for the meat industry. **Meat Science**, v. 74, p. 188-196, 2006.

DUSEK, M., KVASNICKA, F., LUKASKOVA, L., & KRÁTKÁ, J. Isotachophoretic determination of added phosphate in meat products. **Meat Science**, v. 65, p. 765-769, 2003.

GIMENO, O., ASTIASARÁN, I., & BELOO J. Influence of partial replacement of NaCl with KCl and CaCl₂ on texture and color of dry fermented sausages. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 47, p. 873-877, 1999.

GORDON, A. Studying comminuted meat products using corroborative techniques. **Food Reviews International**, v. 26, p. 209-316, 1993.

GORDON, A., & BARBUT, S. Effect of chloride salts on protein extraction and interfacial protein film formation in meat batters. **Journal Science Food Agriculture**, v. 58, p. 227-238, 1992.

GORDON, A., BARBUT, S. The effect of chloride salts on the texture, microstructure and stability of meat batters. **Food Microstructure**, v. 8, p. 271-283, 1989.

GOU, P., GUERRERO, L., GELABERT, J., ARNAU, J. Potassium chloride, potassium lactate and glycine as sodium chloride substitutes in fermented sausages and in dry-cured pork loin. **Meat Science**, v.42, p. 37-48, 1996.

GUÀRDIA, M. D., GUERRERO, L., GELABERT, J., GOU, P., & ARNAU, J. Sensory characterisation and consumer acceptability of small caliber fermented sausages with 50% substitution of NaCl by mixtures of KCl and potassium lactate. **Meat Science**, v. 80, p. 1225-1230, 2008.

HAND, L. W., TERRELL, R. N., & SMITH, G. C. Effects of chloride salts on physical, chemical and sensory properties of frankfurters. **Journal of Food Science**, v. 47, p. 1800-1802, 1982.

HAMM, R. Functional properties of the myofibrillar system and their measurements. Muscle as food, P. J. Bechtel (Ed.), p. 135-199, Orlando: Academic Press, 1986.

HAMM, R. Biochemistry of meat hydration. **Advanced Food Research**, v. 10, p. 355-463, 1960.

HORITA, C. N., MESSIAS, V. C., MORGANO, M. A., HAYAKAWA, F. M., & POLLONIO, M.A.R. Textural, microstructural and sensory properties of reduced sodium frankfurter sausages containing mechanically deboned poultry meat and *blends* of chloride salts. **Food Research International**, v. 66, p. 29-35, 2014.

HORITA, C. N., MORGANO, M. A., CELEGHINI, R. M. S., & POLLONIO, M. A. R. 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, p. 426-433, 2011.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4nd Edição. Brasília, p. 512, 2005.

JIMÉNEZ-COLMENERO, F., HERRERO, A., PINTADO, T., SOLAS, M. T., & RUIZ-CAPILLAS, C. Influence of emulsified olive oil stabilizing system used for pork backfat replacement in frankfurters. **Food Research International**, v. 43, p. 2068-2076, 2010.

JIMÉNEZ-COLMENERO, F., AYO, M. J., CARBALLO, J. Physicochemical properties of low sodium frankfurter with added walnut: effect of transglutaminase combined with caseinate, KCl and dietary fibre as salt replacers. **Meat Science**, v.69(4), p.781-788, 2005.

JIMÉNEZ-COLMENERO, F. Relevant factors in strategies for fat reduction in meat products. **Trends in Food Science & Technology**, v. 11, p. 56-66, 2000.

JULAVVITTAYANUKUL, O., BENJAKUL, S., & VISESSANGUAN, W. Effect of phosphate compounds on gel formation ability of surimi from bigeye snapper (*Priacanthus tayenus*). **Food Hydrocolloids**, v. 20, p. 1153-1163, 2006.

KANG, Z., ZOU, Y, XU, X., ZHU, C. PENG, W., & ZHOU, G. Effect of a beating process, as a means of reducing salt content in chinese-style meatballs (kung-wan): A physico-chemical and textural study. **Meat Science**, v. 96, p. 147-152, 2014.

MENDOZA, E., GARCIA, L., CASAS, C., & SELGAS, M. D. Inulin as fat substitute in low fat, dry fermented sausages. **Meat Science**, v. 57, p. 387-393, 2001.

OFFER, G., & TRINICK, J. On the mechanism of water holding in meat: the swelling and shrinking of myofibrils. **Meat Science**, v. 8, p. 245-281, 1983.

PEARSON, A. M., & WOLZAK, A. M. Salt- its use in animal products- a human health dilemma. **Journal of Animal Science**, v. 54(6), p. 1263-1278, 1982.

PIGOTT, R. S., KENNEY, P. B., SLIDER, S., & HEAD, M. K. Formulation protocol and dicationic salts affect protein functionality of model system beef batters. **Food Chemistry and Toxicology**, v. 65, p. 1151-1154, 2000.

RITZ, E., HAHN, K., KETTELER, M., KUHLMANN, M., & MANN, J. Phosphate additives in food-a health risk. **Deutsches Azteblatt International**, v.109(4), p. 49-55, 2012.

SEMAN, D. L., OLSON, D. G., & MANDIGO, R. W. Effect of reduction and partial replacement of sodium on bologna characteristics and acceptability. **Journal of Food Science**, v. 45, p. 1116-1121, 1980.

SMITH, D. M. Functional properties of muscle proteins in processed poultry products. Taylor & Francis Group, LLC, 2001.

SMITH, D. M. Meat proteins: functional properties in comminuted meat products. **Food Technology**, v. 42(5), p. 116-121, 1988.

SOFOS, J. N. Use of phosphates in low-sodium meat products, **Food Technology**, v. 40(9), 1986.

SOFOS, J. N. Effects of reduced salt (NaCl) levels on sensory and instrumental evaluation of frankfurters. **Journal of Food Science**, v. 48, p. 1692- 1695, 1983a.

SOFOS, J. N. Effect of reduced salt (NaCl) levels on the stability of frankfurters. **Journal of Food Science**, v. 48, p. 1684-1691, 1983b.

SOUSA, E. A., TEIXEIRA, L. C. V., MELLO, M. R. P. A., TORRES, E. A. F. S., & NETO, J. M. M. Aplicação de redes neurais para avaliação do teor de carne mecanicamente separada em salsicha de frango. **Ciência e Tecnologia em Alimentos**, v. 23(3), 2003.

SUN, X. D., & HOLLEY, R. A. Factors influencing gel formation by myofibrillar proteins in muscle foods. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 10, p. 33-51, 2011.

TANG, J., TUNG, M.A., & ZENG, Y. Gelling properties of gellan solutions containing monovalent and divalent cations. **Journal of Food Science**, v. 62 (689-692), 712, 1997.

TOTOSAUS, A., PÉREZ-CHABELA, M. N. Textural properties and microstructure of low-fat and sodium-reduced meat *batters* formulated with gellan gum and dicationic salts. **Food Science and Technology**, v. 42, p. 563-569, 2009.

VILLAMONTE, G., SIMONIN, H., DURANTON, F., CHÉRET, R., & LAMBALLERIE, M. Functionality of pork meat proteins: Impact of sodium chloride and phosphates under high-pressure processing. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 18, p. 15-23, 2013.

WEINBERG, Z. G., REGENSTEIN, J. M., & BAKER, R. C. Effect of different salts on water retention and heat initiated binding properties of comminuted cod muscle. **Journal of Food Biochemistry**, v. 8, p. 215-227, 1984.

XIONG, Y. L. Chemical and physical characteristics of meat. **Elsevier**, 2004.

ZANARDI, E., GHIDINI, S., CONTER, M., IANIERI, A. Mineral composition of Italian salami and effect of NaCl partial replacement on compositional, physico-chemical and sensory parameters. **Meat Science**, v.86, p. 742–747, 2010.

Capítulo 3

**EFEITOS DE DIFERENTES SAIS SUBSTITUTOS E FOSFATO EM
EMULSÕES CÁRNEAS ELABORADAS COM ALTO TEOR DE
MATÉRIA-PRIMA CÁRNEA E REDUÇÃO DE SÓDIO**

VIDAL, V. A. S., PAGLARINI, C. S., POLLONIO, M. A. R.

O artigo será traduzido para o inglês e será submetido à revista Food Research International

RESUMO

O objetivo deste presente estudo foi utilizar *blends* de cloreto de cálcio, cloreto de potássio e cloreto de sódio como estratégia para reduzir parcialmente o teor de cloreto de sódio e fosfato em emulsões cárneas tipo mortadela elaboradas com matérias-primas nobres (alto teor de matéria-prima cárnea) e verificar o efeito destes nas características físico-químicas e bioquímicas. O teor de tripolifosfato de sódio variou entre 0,25 e 0,5%. Foram elaborados 5 tratamentos com força iônica equivalente a 2,5% de NaCl (exceto os tratamentos em que ocorreram apenas a simples redução, FC2 e F1). A redução do cloreto de sódio de 2,5% para 1,25% de NaCl mantendo-se 0,5% de fosfato não ocasionou efeitos significativos nas características físico-químicas e microestrutura dos produtos elaborados, porém a redução simultânea de NaCl e fosfato causou efeitos negativos nas características, formação e estabilidade do *batter*, verificados pela análise da microestrutura e estabilidade de emulsão. Na análise de porcentagem de extração de proteínas miofibrilares não houve diferença significativa entre os tratamentos, indicando que mesmo reduzindo a força iônica fornecida pelo sal pela metade, é suficiente para extrair as proteínas miofibrilares. Entre os tratamentos contendo *blends* de sais, a quantidade de fosfato demonstrou um papel importante, reduzindo substancialmente a quantidade de líquido liberado e formando uma microestrutura mais densa e coesa. Com os resultados obtidos, pode-se verificar que mantendo 0,5% de tripolifosfato de sódio é possível reduzir 50% de NaCl sem causar grandes impactos no *batter* e produto final. Os resultados dos tratamentos contendo *blends* de sais com NaCl, KCl, e CaCl₂ podem ser úteis para melhor seleção de sais substitutos com objetivo de reduzir a quantidade de sódio e fosfato em produtos cárneos emulsionados.

Palavras-chave: redução de sódio, redução de fosfato, cloreto de cálcio, cloreto de potássio, extração de proteínas, estabilidade de emulsão, matriz proteica.

1. Introdução

Em diversos países industrializados o teor de sódio ingerido pela população é maior que o recomendado, segundo diferentes agências de saúde. A excessiva ingestão de sódio na dieta está associada com o aumento de risco de hipertensão (LAW et al., 1991a; LAW et al., 1991b; LAW et al., 1991c). A alta pressão sanguínea pode aumentar o risco de ataques cardíacos e morte prematura devido a doenças cardiovasculares, sendo evidente que a alta quantidade de cloreto de sódio (NaCl) na dieta provoca efeitos adversos à saúde humana (RUUSUNEN e PUOLANNE, 2005). TUOMILEHTO et al. 2001 evidenciaram que doenças coronárias e mortalidade, independentemente de outros fatores de risco, estão associados com a alta ingestão de sódio, sendo que a maior fonte de sódio na dieta é o cloreto de sódio.

Os produtos cárneos são alimentos ricos em micronutrientes biodisponíveis, como vitamina A, B12, ácido fólico, selênio, aminoácidos essenciais e ferro. Estes quando encontrados em alguns alimentos derivados de plantas não possuem uma alta biodisponibilidade (BIESALSKI, 2005). Entretanto, os consumidores possuem uma imagem negativa sobre os produtos cárneos (inclusive produtos cárneos emulsionados) devido a variedade de patologias associadas ao consumo destes produtos (JIMÉNEZ-COLMENERO, 2000).

O NaCl possui funções tecnológicas importantes, sendo um ingrediente comumente utilizado na produção de produtos cárneos (como mortadelas e salsichas) devido a sua ação benéfica no flavor, na textura, ação conservante e solubilização de proteínas (proteínas miofibrilares são solúveis em média ou alta força iônica) (SOFOS, 1983; BARBUT, 1988).

Segundo RUUSUNEN et al. (2005) a redução da quantidade de NaCl em produtos cárneos é um grande desafio por causa dos efeitos negativos na ligação de água e gordura, textura, provoca aumento na perda por cocção, e prejudica principalmente a qualidade sensorial. Esta redução de NaCl deve ser elaborada de tal forma que não comprometa a extração das proteínas miofibrilares, evitando prejudicar características importantes de produtos cárneos como a capacidade de retenção de água (CRA) e propriedades de emulsão. Para reduzir o teor de NaCl geralmente são

utilizados outros sais cloretos ou não-cloretos e alterações de técnicas de processamento (BARBUT, 1988).

Os fosfatos inorgânicos são utilizados para aumentar a capacidade de retenção de água em produtos cárneos, atuam aumentando a força iônica na fase aquosa, consequentemente aumentando a solubilidade das proteínas, sendo o tripolifosfato o mais utilizado (BARBUT et al., 1988). Os fosfatos são utilizados em conjunto com o cloreto de sódio para aumentar a capacidade de ligação e solubilização das miofibrilas em produtos cárneos (XIONG et al., 2000; DESMOND, 2006). Porém, a ingestão de fosfato está sendo relacionada com o desenvolvimento de diversos males à saúde, como insuficiência renal e doenças cardiovasculares (BOCKMAN et al., 2010).

Este presente estudo possuiu o objetivo de investigar a redução de NaCl e tripolifosfato de sódio, com adição ou não de sais substitutos, nas características físico-químicas e bioquímicas de *batters* cárneos e produto final originado de emulsões cárneas elaboradas com matérias primas nobres.

2. Material e Métodos

2.1 Matérias-primas, ingredientes e aditivos

Para o presente estudo, foram elaboradas emulsões cárneas na forma de mortadelas para facilitar a avaliação e interpretação dos resultados, uma vez que esse é um dos produtos cárneos mais consumidos no Brasil. Nos testes foram adicionados nas emulsões cárneas somente os sais estudados não sendo adicionado outros condimentados, uma vez que não realizada análise sensorial.

As mortadelas foram preparadas utilizando paleta suína e toucinho obtidos de um fornecedor industrial (JBS, Brasil). A paleta suína foi previamente moída em disco com orifícios de 7 mm e o toucinho em disco com orifícios de 3 mm e conservadas congeladas por somente 24-48 horas antes do processamento. Os aditivos (nitrito de sódio, ascorbato de sódio, tripolifosfato de sódio) e os ingredientes foram adquiridos de empresas reconhecidas no mercado e que possuem sistema de qualidade assegurado.

Todos os ingredientes e aditivos foram padronizados em todos os experimentos e não ocorreu nenhuma troca de fornecedor. O NaCl, KCl e CaCl₂ adicionados nos tratamentos possuíam grau alimentício e foram adquiridos na Merse, Brasil.

2.2 Tratamentos

Todas as operações de processamento foram realizadas em planta do Laboratório de Carnes do Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTA) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP).

Foram elaborados *batters* de emulsões cárneas compostos de carne suína (65%) e toucinho (15%) como matérias primas e nitrito de sódio e eritorbato de sódio como aditivos, em quantidades fixas em todos os tratamentos. As variáveis foram teores de fosfato e sais, conforme descrito na Tabela 1. Foram elaborados dois tratamentos controles FC1 e FC2 com 2,5% e 1,25% de NaCl respectivamente e 0,5% tripolifosfato de sódio. O tratamento F1 foi elaborado com simples redução de 50% de NaCl e tripolifosfato de sódio em comparação o tratamento controle FC1. Os demais tratamentos contiveram *blends* de KCl, CaCl₂ e NaCl e teores de tripolifosfato de sódio em dois níveis 0,5% e 0,25%. O experimento foi realizado em duplicata.

Tabela 1. Emulsões cárneas com redução de cloreto de sódio, tripolifosfato de sódio e adição de sais substitutos

Ingredientes (%)	FC1	FC2	F1	F2	F3
Tripolifosfato de sódio	0,500	0,500	0,250	0,500	0,250
NaCl	2,500	1,250	1,250	1,250	1,250
KCl	-	-	-	0,797	0,797
CaCl ₂	-	-	-	0,396	0,396

Tabela 2. *Blend* de sais substitutos (%) em emulsões cárneas com força iônica (FI) equivalente a NaCl (2,5%)

Tratamento	NaCl		KCl		CaCl ₂	
	FI	%	FI	%	FI	%
FC1	0,428	2,500	-	-	-	-
FC2	0,214	1,250	-	-	-	-
F1	0,214	1,250	-	-	-	-
F2	0,214	1,250	0,107	0,797	0,107	0,797
F3	0,214	1,250	0,107	0,797	0,107	0,797

2.3 Processamento dos tratamentos do *batter* cru e cozido

A emulsão foi processada em *cutter* (Mado®), adicionando-se a carne suína, metade da quantidade de gelo, sal refinado, nitrito de sódio, tripolifosfato de sódio, triturando-se até a temperatura atingir 7 °C. Em seguida, foi adicionado a outra metade do gelo e eritorbato de sódio. Por último o toucinho foi adicionado. O processo de cominuição ocorreu até a temperatura máxima do *batter* (massa) de 15 °C. O *batter* foi embutido em envoltório perfomando peças de 0,5 Kg cada.

Para a obtenção do produto cozido, o *batter* foi submetido a tratamento térmico em estufa de cozimento marca ARPROTEC passando com o seguinte programa de cozimento: 30 minutos a 60°C, 10 minutos a 65°C com UR 85-90%, 10 minutos a 70°C com UR 90-95%, 10 minutos a 85°C com UR 90-95% até que a temperatura interna do produto atinja 72°C. Após o cozimento os produtos receberam choque térmico pela utilização de recipiente com gelo, foram embalados e armazenados sob refrigeração a 4°C.

2.4 Análises realizadas

a) Determinação de pH

O pH foi determinado por homogeneização de 10 g de cada amostra com água destilada numa proporção de 1:10 em triplicata. O homogeneizado foi submetido a eletrodos do medidor (22 DM, Digimed, São Paulo, Brasil) por cinco minutos enquanto as leituras de pH foram realizadas.

b) Determinação de atividade de água (Aw)

A atividade de água foi mensurada através do medidor de Aw Aqualab – DECAGON do Laboratório de Carnes e Processos do DTA/UNICAMP, em três repetições por tratamento. As amostras foram fatiadas e mensuradas em temperatura de 20 °C.

c) Porcentagem da estabilidade da emulsão do *batter cru*

A estabilidade de emulsão do *batter* foi realizada conforme metodologia descrita por JIMÉNEZ-COLMENERO et al. (2005), sendo determinada através da centrifugação de 50 g do *batter* em tubos com tampa (5 minutos, 2600 rpm) e seguida de aquecimento (40 °C por 15 minutos e 70 °C por 20 minutos). Os tubos ficaram virados para baixo por 40 minutos até o líquido decantar.

O líquido liberado foi expresso em porcentagem considerando-se o peso inicial da amostra. Para calcular a % de lipídeos, o fluido total foi transferido para um béquer previamente pesado e deixado em estufa a 103 °C por 16 horas até a secagem completa da água. A quantidade de água evaporada é a diferença entre o fluido total (%) e os lipídeos (%). O teste foi realizado em quintuplicata em cada tratamento.

d) Extração das proteínas miofibrilares

As proteínas solúveis em sal foram determinadas usando procedimento modificado de KANG et al. (2008). Cinco gramas de cada amostra foram homogeneizadas em um Turrax (T25 digital, IKA Ltd., Germany) a 15000 rpm por 90 s a 2-4 °C em 25 mL de solução 20 mmol L⁻¹ fosfato pH 7,0 contendo 1 mol L⁻¹. O *batter* cru foi centrifugado (RC5C, SORVALL, USA) por 30 minutos a 27,200 x g a 4 °C, e a concentração de proteína no sobrenadante de cada amostra foi determinada de acordo com o método de BRADFORD (1976), como descrito a seguir.

e) Determinação da concentração das proteínas miofibrilares

A concentração das proteínas foi determinada pelo método descrito por BRADFORD (1976). Utilizou-se BSA (albumina do soro bovino) como proteína padrão. A curva padrão foi construída a partir de 5 pontos na faixa de concentração de 20-100 µg/mL. A proteína foi determinada por leitura de absorvância a 595 nm. A determinação foi realizada em triplicata em cada tratamento e foram convertidos em mg/mL.

f) Determinação de umidade

Foi realizada de acordo com a norma 24002 da ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (2005), que consiste em secagem a 105 °C até peso constante. A determinação foi realizada em triplicata em cada tratamento.

g) Determinação de gordura

Foi realizada pelo método da ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (2005), em um extrator Soxhlet. O teste foi realizado em triplicata.

h) Determinação de cinzas

A determinação de cinzas foi realizada em triplicata através da calcificação em mufla de acordo com INSTITUTO ADOLFO LUTZ (2005).

i) Determinação de proteínas

Foi realizada em triplicata em cada tratamento através da avaliação do nitrogênio total da amostra pelo método KJELDAHL verificado ao nível semimicro e o teor de proteína estimado pela multiplicação do conteúdo de nitrogênio por 6,25. De acordo com ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (2005).

j) Determinação do teor de sódio, cálcio e potássio

Para a determinação dos minerais cálcio, potássio e sódio utilizou-se como método de preparo de amostras a metodologia empregando a digestão por via seca (AOAC, 2005): Foram pesados em cápsulas de porcelana 1,000 g das amostras homogeneizadas. Em seguida, as amostras foram pré-calcinadas em chapa de aquecimento e incineradas em forno mufla a 450°C até formação de cinzas isentas de pontos pretos. As cinzas foram transferidas quantitativamente para balão volumétrico de 100 mL com solução de ácido clorídrico 5% (v/v) e a solução foi filtrada em papel de filtro quantitativo (Nalgon 3550) antes da leitura no espectrômetro de emissão em plasma com acoplamento indutivo (ICP OES). Foram preparados brancos analíticos e os resultados destes foram subtraídos das leituras das amostras. As análises foram realizadas em triplicata.

A quantificação dos elementos cálcio, potássio e sódio foi realizada usando um espectrômetro de emissão (ICP OES), da marca Baird, modelo ICP 2000 (Massachusetts, USA), com visão radial, equipado com uma fonte de radio frequência (RF) de 40 MHz, usando um detector óptico simultâneo em configuração de policromador tipo Rowland, uma bomba peristáltica, uma câmara de nebulização e um nebulizador *babington*. O sistema utiliza como gás do plasma o argônio líquido com pureza de 99,996 % (White Martins, SP, Brasil). As condições operacionais do

equipamento de ICP OES foram: potência de RF (900 W); vazão das amostras (2,55 L min⁻¹); vazão de argônio auxiliar (1,5 L min⁻¹); vazão de argônio principal (15 L min⁻¹); correção de fundo (3 pontos); tempo de integração (3 s) e de leitura (3 s); número de replicatas (3); comprimento de onda (Na 589,59nm; K 766,49nm; Ca 317,93nm).

k) Avaliação de cor instrumental

A cor foi medida utilizando o colorímetro Hunter Lab (Colourquest II, Hunter Associates Laboratory Inc., Virginia, USA) com 20 mm de abertura, iluminante D65 e 10° observador padrão. Valores CIELAB L*, a* e b* foram determinados como indicador de luminosidade, intensidade de vermelho e intensidade de amarelo. O índice de brancura foi calculado pela seguinte equação: $100 - [(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}]^{1/2}$. A variação da cor foi mensurada por quatro pontos na parte central de corte de superfície de quatro fatias por unidade de mortadela. Os ensaios foram realizados em triplicata em cada tratamento. As amostras foram mantidas em temperatura ambiente durante a análise.

l) Avaliação do perfil de textura

O perfil de textura foi determinado utilizando o analisador de textura TA-xT2i (Texture Technologies Corp., Scarsdale, NY). Todas as amostras foram comprimidas a 30% do seu peso original. Seis amostras com diâmetro de 20 mm e altura de 20 mm foram utilizadas para cada tratamento. O P-35 probe foi utilizado (haste longa, base normal). Todas as medidas foram realizadas em temperatura ambiente. Os seguintes parâmetros determinados foram: dureza (N/cm²), força máxima requerida para comprimir a amostra, elasticidade (cm), habilidade da amostra de recuperar a sua forma original depois que a força de deformação for removida, coesividade, a extensão em que a amostra poderia ser deformada antes da ruptura (A2/A1, onde A1 é o total de energia necessária para a primeira compressão, e A2 é o total de energia necessária para a segunda compressão), e mastigabilidade (N/cm) trabalho necessário para mastigar e engolir a amostra (MENDOZA et al. 2001)

m) Análise de microestruturas

A microestrutura dos sistemas cárneos e da amostra controle foram realizadas utilizando Microscopia Eletrônica de Varredura, segundo metodologia proposta por JIMENÉZ-COLMENERO et al. 2010 e JULAVITTAYANUKU et al. (2006) com modificações. As amostras de emulsões cárneas cozidas foram cortadas em pedaços de 2-3 mm de espessura e fixadas em solução de glutaraldeído 3% em tampão fosfato 0,1 mol L⁻¹ pH 7,0 durante 4 horas. As amostras fixadas foram lavadas por duas vezes com tampão fosfato 0,1 mol L⁻¹, pH 7,0 por 15 minutos. Posteriormente as amostras foram fraturadas após serem imersas em nitrogênio líquido e pós-fixadas em solução de tetróxido de ósmio (1 g/100 g) durante 2 h. As amostras fixadas foram desidratadas em concentrações crescentes de etanol (30% por 30 minutos, 50% por 30 minutos, 70% durante uma noite à 4 °C, 90% por 30 minutos, e 100% durante 20 minutos duas vezes). Depois as amostras foram desidratadas até o ponto crítico com CO₂ (CPD030 Balzers Critical Point Dryer) e montadas sobre porta amostras de inox e recobertas com uma camada de ouro em Sputter (SCD 050 Sputter Coater, Balzers) e observadas em JEOL JSM 5800LV Scanning Electron Microscope (JEOL Ltd., Tokyo, Japan) com 10 kV. Um grande número de micrografias foi adquirido para selecionar a mais representativa (ampliação de 500x)

n) Análise estatística

Os resultados foram analisados pela análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey, considerando o nível de significância de 5% (p<0,05), utilizando o pacote estatístico SPSS (SPSS, Chicago, IL, USA).

3. Resultados e Discussão

A seguir, serão apresentados os dados referentes à avaliação de *batters* e emulsões cárneas cozidas elaboradas com matéria-prima nobre (alto teor de matéria-

prima carne) com o objetivo de avaliar as características e propriedades físico-químicas.

3.1 Propriedades físico-químicas dos *batters* cru de emulsões cárneas com redução de fosfato

Os *batters* dos 5 tratamentos foram avaliados quanto às propriedades físico-químicas logo após processamento para verificar suas características e estabilidade.

3.1.1 pH, atividade de água, estabilidade de emulsão e extração de proteínas miofibrilares de *batters* cru de emulsões cárneas

a) pH

O pH dos *batters* cárneos, assim como atividade de água, estabilidade de emulsão e extração das proteínas miofibrilares estão apresentados na Tabela 3.

O valores de pH dos diferentes tratamentos variaram entre si. O maior valor de pH foi reportado para a FC2 (FC2: 1,25% NaCl, 0,5% tripolifosfato de sódio) e os menores valores de pH foram observados para os tratamentos adicionados *blend* de sais (F2: 1,25% NaCl, 0,797% KCl, 0,396% CaCl₂, 0,5% tripolifosfato de sódio e F3: 1,25% NaCl, 0,797% KCl, 0,396% CaCl₂, 0,25% tripolifosfato de sódio).

Os resultados obtidos revelam a influência da adição de sais divalentes, no caso CaCl₂, na redução de pH de *batters* contendo redução de 50% de NaCl. Comparando-se F2 e F3, observa-se que a redução de 50% de fosfato também contribuiu para reduzir o valor de pH. Esse resultado é previsto, já que o tripolifosfato de sódio tem como característica elevar pH de sistemas cárneos. De acordo com PIGOTT et al. (2000) sais divalentes, adicionados em combinação ou não, diminuem o pH em *batter* cru. Deve-se reportar, no entanto, que apesar da redução observada, os valores de pH reportados não se afastam do ponto isoelétrico da miosina, próximo de 6,0, não influenciando assim as propriedades funcionais das proteínas miofibrilares. Esses resultados são diferentes daqueles observados por HORITA et al (2014) que

trabalharam com salsichas elaboradas com alto teor de carne de frango mecanicamente separada. Portanto, a utilização de matérias-primas nobres compensam um possível efeito negativo resultante do abaixamento de pH pelo uso de sais divalentes.

b) Aw

Com relação à Aw, o tratamento F1, elaborado com redução de 50% de NaCl e 50% de tripolifosfato de sódio em comparação ao tratamento controle FC1, apresentou o maior valor de Aw, em seguida do tratamento FC2 (1,25% NaCl, 0,5% tripolifosfato de sódio), em que foi feita a simples redução de 50% de NaCl. Com estes resultados de Aw, pode-se observar que a diminuição de 50% da quantidade de sal adicionado ocasiona uma maior Aw, possivelmente devido à diminuição da concentração de solutos. Não houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos FC1 (2,5% NaCl, 0,5% tripolifosfato de sódio), e os tratamentos com *blend* de sais F2 (1,25% NaCl, 0,797% KCl, 0,396% CaCl₂, 0,5% tripolifosfato de sódio) e F3 (1,25% NaCl, 0,797% KCl, 0,396% CaCl₂, 0,25% tripolifosfato de sódio).

c) porcentagem da estabilidade da emulsão

Estudos apontam a estabilidade de emulsão como um dos mais importantes atributos de qualidade funcional que define qualidade global dos produtos emulsionados e, futuramente, a vida de prateleira e propriedades sensoriais. A análise de estabilidade de emulsão quantifica a quantidade de lipídeos e água liberados do tratamento. Como esperado, o tratamento controle FC1 (2,5% NaCl, 0,5% tripolifosfato de sódio) apresentou a menor porcentagem de líquido liberado, porém não diferiu significativamente ($p < 0,05$) do tratamento FC2 (1,25% NaCl, 0,5% tripolifosfato de sódio). Com isso pode-se concluir que é possível a redução de 50% de NaCl utilizando 0,5% de tripolifosfato de sódio sem causar mudanças substanciais na estabilidade de emulsão e possivelmente na qualidade do produto. De acordo com SOFOS (1986) certos fosfatos em combinação com baixo teor de NaCl em produtos cárneos contribuem para resgatar parte dos efeitos prejudiciais que podem ter ocorrido como

consequência da redução de sal sobre a qualidade do produto. O aumento da força iônica causado pelo fosfato provoca uma melhoria na estabilidade de emulsão (SEMAN et al., 1980)

O fosfato é um aditivo muito utilizado em produtos cárneos devido seus importantes efeitos benéficos na qualidade e estabilidade de produtos cárneos, principalmente pela influência no aumento do pH, força iônica e capacidade de retenção de água (DUSEK et al., 2003; BENDALL, 1954). Mas, a ingestão em excesso de sódio em conjunto com fosfato pode causar sérios riscos à saúde do consumidor, como danos ao metabolismo ósseo, funções cardiovasculares e são principalmente prejudiciais para pessoas com doenças renais (RITZ et al., 2012; VILLAMONTE et al., 2013).

O tratamento F3, que contém *blend* de sais e redução de 50% de fosfato, resultou numa quantidade de líquido liberado, muito maior que os demais tratamentos, tendo 15,58% de líquido liberado, evidenciando a importância desse composto em sistemas com redução de sódio, particularmente adicionados de sais divalentes (HAMM, 1960; BARBUT, 1995). HORITA et al. (2014) observaram que utilizando *blend* de sais contendo 50% NaCl e 50% CaCl₂, e 75% NaCl e 25% CaCl₂ em salsichas apresentaram um maior valor de líquido liberado em comparação aos tratamentos com apenas NaCl e KCl, embora os autores tenham trabalhado com matérias primas menos nobres.

Segundo HORITA et al. (2011) e HORITA et al. (2014) a adição de CaCl₂, mesmo quando adicionado em conjunto com outros sais reduz a porcentagem da estabilidade da emulsão, sendo necessário a adição de ingredientes não cárneos para diminuir o efeito negativo do CaCl₂. De acordo com GORDON e BARBUT (1989) sais monovalentes (NaCl e KCl) possuem efeito similar na extração das proteínas miofibrilares, porém o uso de sais divalentes diminuem a extração destas proteínas, causando diminuição de ligação de água e gordura.

Um relevante resultado obtido no presente estudo é o fato de que a utilização de 0,5% de tripolifosfato de sódio parece ser necessário para manter estáveis emulsões com redução de 50% de NaCl com adição de sais substitutos. Dessa forma, a redução simultânea de NaCl e tripolifostato de sódio, mesmo em tratamentos nobres, precisa ser

cuidadosamente avaliada para não resultar em perdas de qualidade funcional e propriedades tecnológicas.

d) porcentagem de extração de proteínas miofibrilares

As proteínas miofibrilares são responsáveis pelo desenvolvimento de propriedades funcionais em produtos cárneos emulsionados, principalmente quanto à CRA, formação de emulsão e estabilidade de gel. Por serem proteínas solúveis em média ou alta força iônica e sensíveis à natureza de diferentes íons que compõem os sais utilizados no processamento, a porcentagem de extração obtida em diferentes estratégias para redução de sódio, apresenta-se como um das mais relevantes fatores para definir a estabilidade dos *batters* e produtos finais (SMITH, 1988; SMITH, 2001; XIONG, 2004).

Com a redução de 50% de NaCl, os tratamentos FC2 e F1 possuem 0,214 de força iônica fornecida pelo sal, esta redução não afetou a porcentagem de extração das proteínas miofibrilares ($p < 0,05$). Isso pode indicar que mesmo reduzindo-se pela metade a força iônica fornecida pelo sal e tripolifosfato de sódio, este valor já é suficiente para extrair as proteínas miofibrilares, sendo possível reduzir a quantidade de NaCl e tripolifosfato de sódio adicionado sem causar grande impacto na extração das proteínas.

Por diversas vezes foi relatado a falta de eficiência do CaCl_2 para extrair grandes quantidades de proteínas miofibrilares devido à natureza dos sais divalentes (GORDON e BARBUT, 1989; GORDON e BARBUT, 1992). Porém, o uso de *blend* de sais contendo 1,25% NaCl, 0,797% KCl, 0,396% CaCl_2 , 0,5% tripolifosfato de sódio não afetou a porcentagem de extração das proteínas miofibrilares. Ou seja, a utilização de 0,396% de CaCl_2 (mantendo 0,5% de tripolifosfato de sódio) em conjunto com sais monovalentes não afetou o sistema modelo de emulsão cárnea, mas quando reduzido o teor de fosfato (F3: 1,25% NaCl, 0,797% KCl, 0,396% CaCl_2 , 0,25% tripolifosfato de sódio), ocorreu significativa redução da estabilidade de emulsão. Isso indica que apesar das proteínas terem sido extraídas, a presença de sais divalentes resultou em géis mais frágeis, altamente suscetíveis à perda de líquido.

Tabela 3. Análise de pH, Aw, estabilidade de emulsão e porcentagem de extração de proteínas miofibrilares em tratamentos de *batters* cru de emulsões cárneas

Tratamentos	pH	Aw	Líquido Liberado (%)	Extração (%)
FC1	5,91(0,02) ^c	0,97(0,002) ^c	1,95(0,16) ^c	45,24(0,95) ^a
FC2	6,18(0,04) ^a	0,98(0,002) ^{ab}	2,74(0,60) ^{bc}	45,17(0,42) ^a
F1	6,10(0,01) ^b	0,98(0,001) ^a	4,05(1,32) ^b	47,19(0,59) ^a
F2	5,85(0,01) ^d	0,97(0,001) ^{bc}	3,97(0,37) ^b	44,91(1,95) ^a
F3	5,61(0,01) ^e	0,97(0,001) ^c	15,58(1,18) ^a	44,30(3,52) ^a

Valores são médias (desvio padrão)

Líquido liberado= lipídeos (%) + água (%)

Extração %= proteínas miofibrilares extraídas (%)

^{a, b, c, d} Valores na mesma coluna com as mesmas letras minúsculas não diferem significativamente em $p < 0,05$ (Teste de Tukey)

FC1- 2,5% NaCl, 0,5% TPFS; **FC2-** 1,25% NaCl, 0,5% TPFS; **F1-** 1,25% NaCl, 0,25% TPFS; **F2-** 1,25% NaCl, 0,797% KCl, 0,396% CaCl₂, 0,5% TPFS; **F3-** 1,25% NaCl, 0,797% KCl, 0,396% CaCl₂, 0,25% TPFS

3.1.2 Avaliação da cor objetiva de *batters* cru de emulsões cárneas com redução de sódio e fosfato

As determinações dos valores de L* (luminosidade), a* (intensidade de vermelho), b* (intensidade de amarelo) e W (índice de brancura) dos tratamentos de *batters* cru estão ilustradas na Tabela 4. O maior valor de L* (luminosidade) foi obtido pelo tratamento F3 (1,25% NaCl, 0,797% KCl, 0,396% CaCl₂, 0,25% tripolifosfato de sódio) em seguida do tratamento FC1 (2,5% NaCl, 0,5% tripolifosfato de sódio), o tratamento que obteve menor valor de L* foi a F2 (1,25% NaCl, 0,797% KCl, 0,396% CaCl₂, 0,5% tripolifosfato de sódio). Segundo HORITA et al. (2014) a redução de sódio com adição de CaCl₂ tende a aumentar o valor de L*. Resultados similares foram encontrados por BOYLE et al. (1994) em salsichas com adição de CaCl₂. A redução de 50% de NaCl com utilização de 0,5% de tripolifosfato de sódio não provocou mudança significativa no valor de L* e a, porém a redução de NaCl aumentou o valor de b* e diminuiu o valor de W. No caso dos *blends* de sais (F2 e F3) a redução de tripolifosfato de sódio provocou pequenas mudanças nos parâmetros de cor. Apesar de serem mudanças significativas ($p < 0,05$) a redução de NaCl e tripolifosfato não causaram mudanças expressivas nos parâmetros de cor dos *batters* cárneos.

Tabela 4. Valores de L* (luminosidade), a* (intensidade de cor vermelho), b* valores (intensidade de cor amarelo), e W (índice de brancura) em tratamentos de *batters* cru de emulsões cárneas.

Tratamentos	L*	a*	b*	W
FC1	72,26(0,09) ^{ab}	2,99(0,07) ^d	15,07(0,05) ^c	68,29(0,05) ^a
FC2	71,71(0,16) ^{bc}	3,10(0,02) ^{cd}	15,58(0,04) ^b	67,55(0,13) ^b
F1	70,81(0,12) ^d	3,34(0,05) ^a	15,81(0,03) ^a	66,64(0,11) ^c
F2	71,46(0,24) ^c	3,29(0,02) ^{ab}	14,95(0,05) ^c	67,61(0,24) ^b
F3	72,65(0,41) ^a	3,18(0,07) ^{bc}	14,57(0,08) ^d	68,85(0,39) ^a

Valores são médias (desvio padrão)

^{a, b, c, d} Valores na mesma coluna com as mesmas letras minúsculas não diferem significativamente em $p < 0,05$ (Teste de Tukey)

FC1- 2,5% NaCl, 0,5% TPFS; **FC2**- 1,25% NaCl, 0,5% TPFS; **F1**- 1,25% NaCl, 0,25% TPFS; **F2**- 1,25% NaCl, 0,797% KCl, 0,396% CaCl₂, 0,5% TPFS; **F3**- 1,25% NaCl, 0,797% KCl, 0,396% CaCl₂, 0,25% TPFS

3.2. Propriedades físico-químicas de emulsões cárneas cozidas com redução de sódio e fosfato

3.2.1 Composição centesimal

Todos os tratamentos foram elaborados com matérias-primas e ingredientes do mesmo lote, obtidas do mesmo fornecedor. Portanto, pequenas diferenças entre os tratamentos referentes à composição centesimal são devidas à heterogeneidade dos *batters* uma vez que o sistema estudado não é uma emulsão verdadeira. Dessa forma, as etapas de moagem das matérias-primas, cominuição, embutimento e cozimento podem ser as responsáveis por essas mínimas diferenças, apesar de serem significativas ($p < 0,05$). Observou-se que nos tratamentos com simples redução dos sais testados em 50%, o teor de cinzas foi reduzido significativamente ($p < 0,05$).

Para o teor de lipídeos, foi avaliada somente o tratamento controle (FC1), uma vez que foi adicionada a mesma quantidade de toucinho em todos os tratamentos, resultando em 10,50% de lipídeos no produto final.

Tabela 5. Composição centesimal em tratamentos de emulsões cárneas cozidas

Tratamentos	Umidade (%)	Cinzas (%)	Proteínas (%)
FC1	68,87(0,05) ^{BC}	3,87(0,19) ^a	14,65(0,23) ^b
FC2	69,23(0,18) ^b	2,61(0,04) ^b	14,33(0,14) ^b
F1	70,32(0,11) ^a	2,60(0,05) ^b	14,67(0,22) ^b
F2	68,42(0,36) ^c	3,89(0,05) ^a	14,44(0,25) ^b
F3	67,57(0,11) ^d	4,13(0,10) ^a	15,68(0,66) ^a

Valores são médias (desvio padrão)

^{a, b, c, d} Valores na mesma coluna com as mesmas letras minúsculas não diferem significativamente em $p < 0,05$ (Teste de Tukey)

FC1- 2,5% NaCl, 0,5% TPFS; **FC2-** 1,25% NaCl, 0,5% TPFS; **F1-** 1,25% NaCl, 0,25% TPFS; **F2-** 1,25% NaCl, 0,797% KCl, 0,396% CaCl₂, 0,5% TPFS; **F3-** 1,25% NaCl, 0,797% KCl, 0,396% CaCl₂, 0,25% TPFS

3.2.2 Teores de sódio, potássio e cálcio

Os resultados de sódio, potássio e cálcio que podem ser visualizados na Tabela 6 estão de acordo com os resultados esperados. A simples redução de 50% de NaCl (FC2 em relação a FC1) no tratamento ocasionou cerca de 32% de redução de sódio. Isso se deve pela adição de outros ingredientes que possuem sódio como eritorbato de sódio, tripolifosfato de sódio, nitrito de sódio e matéria-prima cárnea. Também pode ser observado que a redução de tripolifosfato de sódio no tratamento causou uma diminuição significativa ($p > 0,05$) no teor de sódio.

O teor de potássio apresentado foi compatível à quantidade de ingredientes e aditivos adicionados nos tratamentos. Não houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre os tratamentos em que não foi adicionado cloreto de potássio (FC1, FC2 e F1) e também entre os tratamentos em que foram adicionados *blends* contendo este sal (F2 e F3). Os teores de cálcio obtidos foram semelhantes aos resultados esperados, não havendo diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras FC1 (2,5% NaCl, 0,5% tripolifosfato de sódio) FC2 (1,25% NaCl, 0,5% tripolifosfato de sódio) e F1 (1,25% NaCl, 0,25% tripolifosfato de sódio) e entre F2 (1,25% NaCl, 0,797% KCl, 0,396% CaCl₂, 0,5% tripolifosfato de sódio) e F3 (1,25% NaCl, 0,797% KCl, 0,396% CaCl₂, 0,25% tripolifosfato de sódio).

Tabela 6. Teor de sódio, potássio e cálcio de tratamentos de emulsões cárneas cozidas

Tratamentos	Sódio (mg/100 g)	Potássio (mg/100 g)	Cálcio (mg/100 g)
FC1	3484(56) ^a	824(24) ^b	16(1) ^b
FC2	2375(35) ^b	936(39) ^b	17(0) ^b
F1	1955(25) ^c	909(50) ^b	16(0) ^b
F2	2392(104) ^b	2257(96) ^a	490(34) ^a
F3	2118(66) ^c	2305(59) ^a	482(22) ^a

Valores são médias (desvio padrão)

^{a, b, c, d} Valores na mesma coluna com as mesmas letras minúsculas não diferem significativamente em $p < 0,05$ (Teste de Tukey)

FC1- 2,5% NaCl, 0,5% TPFS; **FC2**- 1,25% NaCl, 0,5% TPFS; **F1**- 1,25% NaCl, 0,25% TPFS; **F2**- 1,25% NaCl, 0,797% KCl, 0,396% CaCl₂, 0,5% TPFS; **F3**- 1,25% NaCl, 0,797% KCl, 0,396% CaCl₂, 0,25% TPFS

3.2.3 Valores de pH e Aw de emulsões cárneas cozidas

Os valores de pH dos produtos finais cozidos podem ser observado na Tabela 7. Observou-se que os resultados de pH foram similares ao respectivos *batters* cru. O maior pH obtido foi 6,31 pelo tratamento FC2 (1,25% NaCl, 0,5% tripolifosfato de sódio) o menor valor foi de 5,79 obtido no tratamento F3 (1,25% NaCl, 0,797% KCl, 0,396% CaCl₂, 0,25% tripolifosfato de sódio). HORITA et al. (2014) que utilizaram *blends* de sais em salsichas e GIMENO et al. (1999) que utilizaram *blends* de sais em salames encontraram resultados similares.

Os valores de Aw no produto final podem ser observados na Tabela 7. Os resultados de Aw no produto final foram similares aos respectivos *batter* crus, reportando-se para os tratamentos F1 (1,25% NaCl, 0,25% tripolifosfato de sódio) e FC2 (1,25% NaCl, 0,5% tripolifosfato de sódio) os maiores valores de Aw. Mesmo com diferenças significativas ($p < 0,05$), não houve diferenças expressivas entre os tratamentos.

Tabela 7. Análise de pH e Aw em tratamentos de emulsões cárneas cozidas

Tratamentos	pH	Aw
FC1	6,06(0,02) ^c	0,97(0,002) ^b
FC2	6,31(0,01) ^a	0,98(0,002) ^a
F1	6,27(0,01) ^b	0,98(0,000) ^a
F2	6,01(0,01) ^d	0,97(0,004) ^b
F3	5,79(0,01) ^e	0,97(0,001) ^b

Valores são médias (desvio padrão)

^{a, b, c, d} Valores na mesma coluna com as mesmas letras minúsculas não diferem significativamente em $p < 0,05$ (Teste de Tukey)

FC1- 2,5% NaCl, 0,5% TPFS; **FC2-** 1,25% NaCl, 0,5% TPFS; **F1-** 1,25% NaCl, 0,25% TPFS; **F2-** 1,25% NaCl, 0,797% KCl, 0,396% CaCl₂, 0,5% TPFS; **F3-** 1,25% NaCl, 0,797% KCl, 0,396% CaCl₂, 0,25% TPFS

3.2.4 Avaliação da cor objetiva de emulsões cárneas cozidas com redução de sódio e fosfato

Os resultados da cor instrumental do produto final cozido podem ser observados na Tabela 8. O valor L* expressa a luminosidade, a* intensidade de vermelho, b* intensidade de amarelo e W índice de brancura.

Tabela 8. Valores de L* (luminosidade), a* (intensidade de cor vermelho), b* valores (intensidade de cor amarelo), e W (índice de brancura) em tratamentos de emulsões cárneas cozidas

Tratamentos	L*	a*	b*	W
FC1	74,40(0,35) ^a	6,24(0,19) ^{bc}	9,04(0,13) ^a	72,14(0,27) ^b
FC2	74,38(0,50) ^a	6,37(0,29) ^{bc}	8,56(0,22) ^b	72,24(0,38) ^{ab}
F1	74,86(0,11) ^a	6,97(0,06) ^a	8,94(0,07) ^a	72,42(0,14) ^{ab}
F2	75,21(0,22) ^a	6,60(0,15) ^{ab}	8,83(0,12) ^{ab}	72,87(0,20) ^a
F3	74,91(0,31) ^a	6,09(0,11) ^c	9,01(0,03) ^a	72,66(0,28) ^{ab}

Valores são médias (desvio padrão)

^{a, b, c, d} Valores na mesma coluna com as mesmas letras minúsculas não diferem significativamente em $p < 0,05$ (Teste de Tukey)

FC1- 2,5% NaCl, 0,5% TPFS; **FC2-** 1,25% NaCl, 0,5% TPFS; **F1-** 1,25% NaCl, 0,25% TPFS; **F2-** 1,25% NaCl, 0,797% KCl, 0,396% CaCl₂, 0,5% TPFS; **F3-** 1,25% NaCl, 0,797% KCl, 0,396% CaCl₂, 0,25% TPFS

No produto final, a redução de NaCl, tripolifosfato de sódio e utilização de *blend* de sais mesmo causando diferença significativa ($p < 0,05$) não resultou em mudanças expressivas nos parâmetros de cor L^* , a^* , b^* e W .

3.2.5 Análise de perfil de textura

Os parâmetros de textura são muito importantes em produtos emulsionados cárneos e possuem relação com a capacidade de retenção de água e gordura, sendo um parâmetro influenciado pela força iônica e propriedades funcionais das proteínas (HAMM, 1986). No presente estudo, foram avaliados os atributos dureza, elasticidade, coesividade e mastigabilidade, os quais estão apresentados na Tabela 9.

A dureza está relacionada com a capacidade de retenção de água do produto. Com a redução de 50% da quantidade de tripolifosfato de sódio em relação ao tratamento F2 (1,25% NaCl, 0,797% KCl, 0,396% CaCl_2 , 0,5% tripolifosfato de sódio), a amostra F3 (1,25% NaCl, 0,797% KCl, 0,396% CaCl_2 , 0,25% tripolifosfato de sódio) apresentou uma grande perda na estabilidade de emulsão, tendo um valor mais alto que as demais, sendo obtido um maior valor de dureza e mastigabilidade, isso ocorre possivelmente devido a diminuição da força iônica fornecida pelo tripolifosfato de sódio e a presença do sal divalente CaCl_2 . Segundo SEMAN et al. (1980), HAND et al. (1982) e WEINBERG et al. (1984) cloretos monovalentes possuem efeitos semelhantes na ligação de água e parâmetros de textura em *batters* cárneos, e sais clorados divalentes (como CaCl_2) causam redução de ligação de água e também podem prejudicar os parâmetros de textura.

A redução de 50% de NaCl e 50% de tripolifosfato de sódio não afetou a dureza, elasticidade, coesividade e mastigabilidade do produto final, não tendo diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras FC1 (2,5% NaCl, 0,5% tripolifosfato de sódio), FC2 (1,25% NaCl, 0,5% tripolifosfato de sódio) e F1 (1,25% NaCl, 0,25% tripolifosfato de sódio), confirmando os valores de porcentagem de extração e que é possível reduzir 50% de NaCl e de tripolifosfato de sódio sem afetar os parâmetros de textura. Com isso, pode-se confirmar que a concentração de tripolifosfato de sódio em amostras

contendo *blend* de sais possui importância para as características físico-químicas de emulsões cárneas cozidas e que o sal divalente CaCl_2 mesmo adicionado em conjunto com outros sais monovalentes causa uma contribuição negativa nos parâmetros de textura.

Tabela 9. Análise de perfil de textura em tratamentos de emulsões cárneas cozidas

Tratamentos	Dureza (N/cm ²)	Elasticidade (cm)	Coesividade	Mastigabilidade (N/cm)
FC1	13,39(0,58) ^c	0,90(0,02) ^a	0,78(0,01) ^a	9,34(0,52) ^c
FC2	13,46(0,48) ^c	0,90(0,02) ^a	0,77(0,01) ^a	9,32(0,49) ^c
F1	12,83(0,33) ^c	0,91(0,01) ^a	0,77(0,01) ^a	8,99(0,33) ^c
F2	15,79(0,53) ^b	0,91(0,01) ^a	0,77(0,01) ^a	11,06(0,43) ^b
F3	18,76(0,72) ^a	0,90(0,02) ^a	0,78(0,01) ^a	13,11(0,51) ^a

Valores são médias (desvio padrão)

^{a, b, c, d} Valores na mesma coluna com as mesmas letras minúsculas não diferem significativamente em $p < 0,05$ (Teste de Tukey)

FC1- 2,5% NaCl, 0,5% TPFS; **FC2-** 1,25% NaCl, 0,5% TPFS; **F1-** 1,25% NaCl, 0,25% TPFS; **F2-** 1,25% NaCl, 0,797% KCl, 0,396% CaCl_2 , 0,5% TPFS; **F3-** 1,25% NaCl, 0,797% KCl, 0,396% CaCl_2 , 0,25% TPFS

3.2.6 Análise de microestrutura

Na Figura 3 pode ser observado as microestruturas dos tratamentos de emulsões cárneas cozidas. A microestrutura foi realizada para investigar a morfologia interfacial do filme proteico e matriz estrutural da proteína. *Batters* cárneos feitos com sais monovalentes e divalentes causam mudanças na textura e microestrutura (GORDON e BARBUT 1989; GORDON e BARBUT 1990).

O tratamento FC1 (2,5% NaCl, 0,5% tripolifosfato de sódio) e FC2 (50% NaCl, 0,5% tripolifosfato de sódio) tiveram microestruturas semelhantes, podendo ser observado uma topografia coesa, compacta, homogênea e sem glóbulos de gordura aparentes em ambas imagens. A redução de 50% de NaCl e 50% de tripolifosfato de sódio de F1 (1,25% NaCl, 0,25% tripolifosfato de sódio) em relação ao tratamento FC1 (2,5% NaCl, 0,5% tripolifosfato de sódio) provocou uma grande mudança na microestrutura, podendo ser visualizados esferas precipitadas da rede proteica e uma

topografia menos uniforme e coesa, confirmando os resultados da estabilidade de emulsão mostrados na Tabela 3 e as características benéficas do NaCl e tripolifosfato de sódio para obtenção de uma emulsão estável e homogênea. Com a redução de NaCl no tratamento ocorre a diminuição da quantidade de proteína extraída, acarretando a diminuição da força do gel e habilidade de ligação de água (GORDON, 1993).

As esferas visualizadas nas imagens possivelmente são glóbulos de gordura que não foram incorporados na rede proteica, devido possivelmente a redução da força iônica, fatores ou ingredientes que diminuem a extração das proteínas ou estabilidade de emulsão (exemplo: utilização de CaCl_2), estas esferas podem ser visualizados nas imagens F1 (1,25% NaCl, 0,25% tripolifosfato de sódio) F2 (1,25% NaCl, 0,797% KCl, 0,396% CaCl_2 , 0,5% tripolifosfato de sódio) e F3 (1,25% NaCl, 0,797% KCl, 0,396% CaCl_2 , 0,25% tripolifosfato de sódio). O tratamento F2 em comparação ao tratamento F3 demonstrou uma microestrutura com maior coesão e mais homogênea, confirmando mais uma vez a importância do tripolifosfato de sódio na formação da emulsão e os valores de estabilidade de emulsão obtidos na Tabela 3. O tripolifosfato de sódio aumenta a força iônica e CRA além de aumentar a extração das proteínas, principalmente da miosina (OFFER e TRINICK, 1983).

Considerando as imagens, há evidências que o CaCl_2 contribui negativamente no *blend*, causando perda de estabilidade de emulsão e menor retenção de água.

Há diversas teorias que podem justificar a baixa estabilidade de *batters* cárneos formulados com CaCl_2 . A contribuição negativa do CaCl_2 nas características de *batters* cárneos pode ocorrer devido a grande quantidade de cátions Ca^{++} (TANG et al., 1997), pelo grande número de íons cloretos (HAMM, 1986), redução do pH alcançando valor perto do ponto isoelétrico prejudicando as funcionalidades das proteínas (CLAUS et al., 1989) e diminuição da força do gel (TOTOSAUS e PÉREZ-CHABELA, 2009). Segundo PIGOTT et al. (2000) quando o NaCl é substituído por sais divalentes, utilizando força iônica similar, as características são negativamente afetadas.

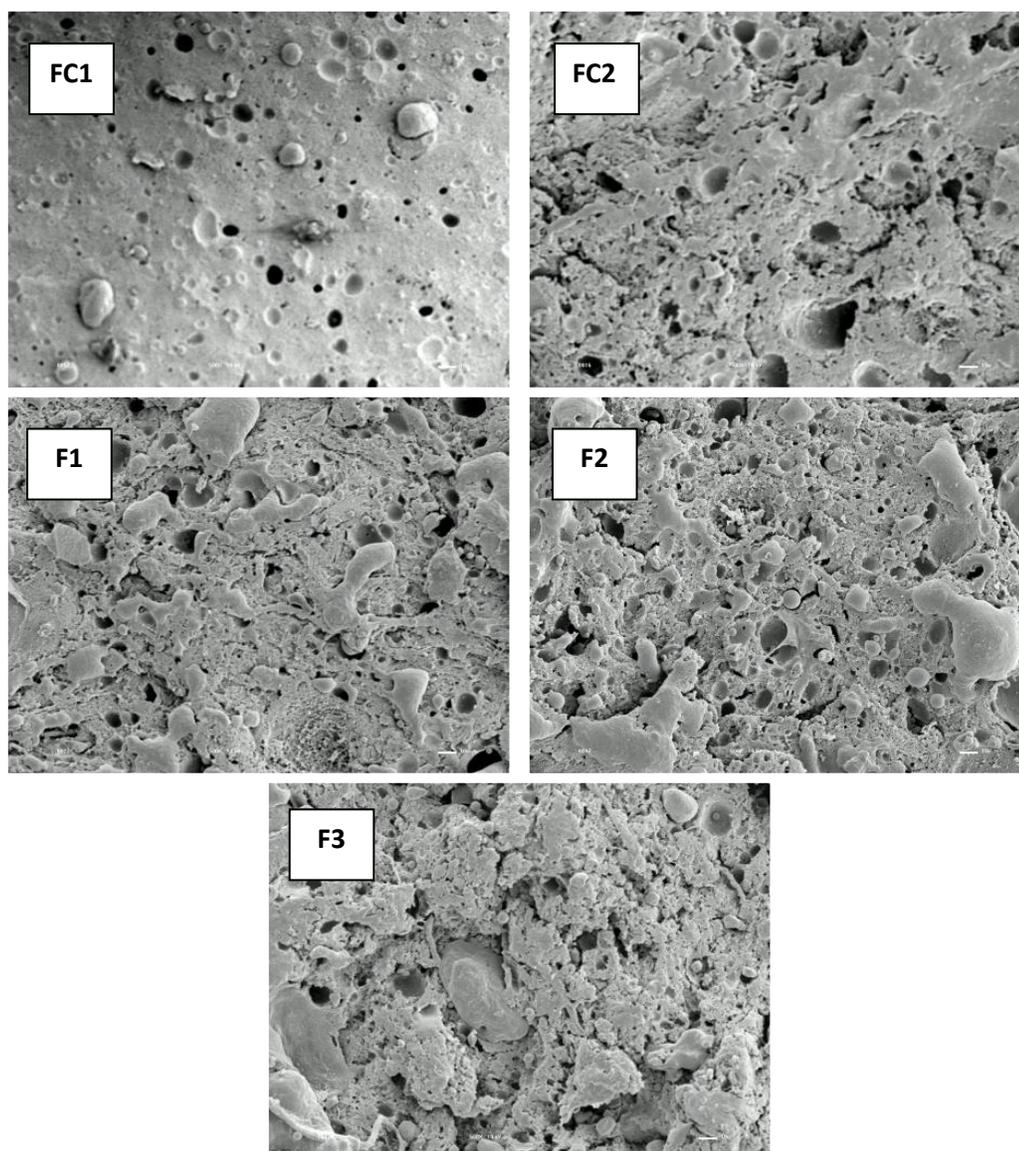


Figura 1. Imagens de emulsões cárneas cozidas por Microscópio Eletrônico de Varredura (MEV) com ampliação de 500x

FC1- 2,5% NaCl, 0,5% TPFS; **FC2-** 1,25% NaCl, 0,5% TPFS; **F1-** 1,25% NaCl, 0,25% TPFS; **F2-** 1,25% NaCl, 0,797% KCl, 0,396% CaCl₂, 0,5% TPFS; **F3-** 1,25% NaCl, 0,797% KCl, 0,396% CaCl₂, 0,25% TPFS

4. Conclusão

A redução da quantidade de NaCl de 2,5% para 1,25% e tripolifosfato de sódio de 0,5% para 0,25% não causou grandes impactos nas propriedades funcionais de emulsões cárneas elaboradas com alto teor de matéria-prima cárnea, tornando possível a sua redução. Porém, quando foi utilizado *blend* de sais (NaCl, KCl e CaCl₂) a redução do teor de tripolifosfato de sódio causou uma expressiva perda de estabilidade de

emulsão, tendo uma perda de líquido muito maior que os demais tratamentos. Possivelmente isto ocorreu devido à presença do sal substituto divalente CaCl_2 , que provoca perda de estabilidade de emulsão e efeitos negativos nas propriedades funcionais.

5. Referências bibliográficas

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official Methods of Analysis**. 18 Ed. HORWITS, W. (Ed.). Washington, DC, p. 209–213, 2005.

BARBUT, S. Effect of sodium level on the microstructure and texture of whey protein isolate gels. **Food Research International**, v. 28, p. 431-443, 1995.

BENDALL, J. R. The swelling effect of polyphosphates on lean meat. **Journal Science Food Agriculture**, v. 5, p. 468-475, 1954.

BIESALSKI, H. K. Meat as a component of a healthy diet – are there any risks or benefits IF meat is avoided in the diet? **Meat Science**, v. 70, p. 509-524, 2005.

BOCKMAN, R. S., LANE, J. M., EVERETT, S. Bone consequences of high dietary phosphate. **Clinical Imaging**, v. 34, p. 411-412, 2010.

BOYLE, E. A. E., ADDIS, P. B., & EPLEY, R. J. Calcium fortified reduced fat beef emulsion product. **Journal of Food Science**, v. 59, p. 928-932, 1994.

BRADFORD, M. M. A rapid and sensitive method for quantification of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**, v. 72, p. 248-251, 1976.

DESMOND, E. Reducing salt: A challenge for the meat industry. **Meat Science**, v. 74, p. 188-196, 2006.

DUSEK, M., KVASNICKA, F., LUKASKOVA, L., & KRÁTKÁ, J. Isotachophoretic determination of added phosphate in meat products. **Meat Science**, v. 65, p. 765-769, 2003.

GIMENO, O., ASTIASARÁN, I., & BELOO J. Influence of partial replacement of NaCl with KCl and CaCl_2 on texture and color of dry fermented sausages. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 47, p. 873-877, 1999.

CLAUS, J. R., HUNT, M. C., & KASTNER, C. L. Effects of substituting added water for fat on the textural, sensory and processing characteristics of bologna. **Journal of Muscle Foods**, v. 1, p. 1-19, 1989.

GORDON, A. Studying comminuted meat products using corroborative techniques. **Food Reviews International**, v. 26, p. 209-316, 1993.

GORDON, A., & BARBUT, S. Effect of chloride salts on protein extraction and interfacial protein film formation in meat batters. **Journal Science Food Agriculture**, v. 58, p. 227-238, 1992.

GORDON, A., BARBUT, S. The microstructure of raw batters prepared with monovalent and divalent chloride salts. **Food Microstructure**, v. 8, p. 279-295, 1990.

GORDON, A., BARBUT, S. The effect of chloride salts on the texture, microstructure and stability of meat batters. **Food Microstructure**, v. 8, p. 271-283, 1989.

HAND, L. W., TERRELL, R. N., & SMITH, G. C. Effects of chloride salts on physical, chemical and sensory properties of frankfurters. **Journal of Food Science**, v. 47, p. 1800-1802, 1982.

HAMM, R. Functional properties of the myofibrillar system and their measurements. *Muscle as food*, P. J. Bechtel (Ed.), p. 135-199, Orlando: Academic Press, 1986.

HAMM, R. Biochemistry of meat hydration. **Advanced Food Research**, v. 10, p. 355-463, 1960.

HORITA, C. N., MESSIAS, V. C., MORGANO, M. A., HAYAKAWA, F. M., & POLLONIO, M.A.R. Textural, microstructural and sensory properties of reduced sodium frankfurter sausages containing mechanically deboned poultry meat and *blends* of chloride salts. **Food Research International**, v. 66, p. 29-35, 2014.

HORITA, C. N., MORGANO, M. A., CELEGHINI, R. M. S., & POLLONIO, M. A. R. 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, p. 426-433, 2011.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4nd Edição. Brasília, p. 512, 2005.

JIMÉNEZ-COLMENERO, F., HERRERO, A., PINTADO, T., SOLAS, M. T., & RUIZ-CAPILLAS, C. Influence of emulsified olive oil stabilizing system used for pork backfat replacement in frankfurters. **Food Research International**, v. 43, p. 2068-2076, 2010.

JIMÉNEZ-COLMENERO, F., AYO, M. J., CARBALLO, J. Physicochemical properties of low sodium frankfurter with added walnut: effect of transglutaminase combined with

caseinate, KCl and dietary fibre as salt replacers. **Meat Science**, v.69(4), p.781–788, 2005.

JIMÉNEZ-COLMENERO, F. Relevant factors in strategies for fat reduction in meat products. **Trends in Food Science & Technology**, v. 11, p. 56-66, 2000.

JULAVVITTAYANUKUL, O., BENJAKUL, S., & VISESSANGUAN, W. Effect of phosphate compounds on gel formation ability of surimi from bigeye snapper (*Priacanthus tayenus*). **Food Hydrocolloids**, v. 20, p.1153-1163, 2006.

KANG, Z., ZOU, Y, XU, X., ZHU, C. PENG, W., & ZHOU, G. Effect of a beating process, as a means of reducing salt content in chinese-style meatballs (kung-wan): A physico-chemical and textural study. **Meat Science**, v. 96, p. 147-152, 2014.

LAW, M. R., FROST, C. D., & WALD, N. J. I- Analysis of observational data among populations, **British Medical Journal**, v. 302, p. 811-815, 1991a.

LAW, M. R., FROST, C. D., & WALD, N. J. II- Analysis of observational data within populations, **British Medical Journal**, v. 302, p. 815-818, 1991b.

LAW, M. R., FROST, C. D., & WALD, N. J. III- Analysis of data from trials of salt reduction, **British Medical Journal**, v. 302, p. 819-824, 1991c.

MENDOZA, E., GARCIA, L., CASAS, C., & SELGAS, M. D. Inulin as fat substitute in low fat, dry fermented sausages. **Meat Science**, v. 57, p. 387-393, 2001.

OFFER, G., & TRINICK, J. On the mechanism of water holding in meat: the swelling and shrinking of myofibrils. **Meat Science**, v. 8, p. 245-281, 1983.

PIGOTT, R. S., KENNEY, P. B., & HEAD, M. K. Formulation protocol and dicationic salts affect protein functionality of model system beef batters. **Food Chemistry and Toxicology**, v. 65(7), 1151-1154, 2000.

RITZ, E., HAHN, K., KETTELER, M., KUHLMANN, M., & MANN, J. Phosphate additives in food-a health risk. **Deutsches Arzteblatt International**, v.109(4), p. 49-55, 2012.

RUUSUNEN, M., VAINIONPAA J., LYLTY, M., LAHTEENMAKI, L., NIEMISTO, M., AHVENAINEN, R., & PUOLANNE, E. Reducing the sodium content in meat products: The effect of the formulation in low-sodium ground meat patties, **Meat Science**, v. 69, p. 53-60, 2005.

SEMAN, D. L., OLSON, D. G., & MANDIGO, R. W. Effect of reduction and partial replacement of sodium on bologna characteristics and acceptability. **Journal of Food Science**, v. 45, p. 1116-1121, 1980.

SMITH, D. M. Functional properties of muscle proteins in processed poultry products. Taylor & Francis Group, LLC, 2001.

SMITH, D. M. Meat proteins: functional properties in comminuted meat products. **Food Technology**, v. 42(5), p. 116-121, 1988.

SOFOS, J. N. Use of phosphates in low-sodium meat products, **Food Technology**, v. 40(9), 1986.

SOFOS, J. N. Effects of reduced salt (NaCl) levels on sensory and instrumental evaluation of frankfurters. **Journal of Food Science**, v. 48, p. 1692- 1695, 1983.

TANG, J., TUNG, M.A., & ZENG, Y. Gelling properties of gellan solutions containing monovalent and divalent cations. **Journal of Food Science**, v. 62 (689-692), 712, 1997.

TUOMILEHTO, J., LINDSTORM, J., & ERIKSSON, J. G. Prevention of type 2 diabetes mellitus by changes in lifestyle among subjects with impaired glucose tolerance. **The New England Journal of Medicine**, v. 344, p. 1343–1350, 2001.

TOTOSAUS, A., PÉREZ-CHABELA, M. N. Textural properties and microstructure of low-fat and sodium-reduced meat batters formulated with gellan gum and dicationic salts. **Food Science and Technology**, v. 42, p. 563-569, 2009.

VILLAMONTE, G., SIMONIN, H., DURANTON, F., CHÉRET, R., & LAMBALLERIE, M. Functionality of pork meat proteins: Impact of sodium chloride and phosphates under high-pressure processing. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 18, p. 15-23, 2013.

WEINBERG, Z. G., REGENSTEIN, J. M., & BAKER, R. C. Effect of different salts on water retention and heat initiated binding properties of comminuted cod muscle. **Journal of Food Biochemistry**, v. 8, p. 215-227, 1984.

XIONG, Y. L. Chemical and physical characteristics of meat. **Elsevier**, 2004.

XIONG, Y. L., LOU, X., WANG, C., MOODY, W. G., & HARMON, R. J. Protein extraction from chicken myofibrils irrigated with various polyphosphate and NaCl solutions. **Journal of Food Science**, v. 65(1), p. 96-100, 2000.

CONCLUSÃO GERAL

Este presente estudo demonstra a grande necessidade da redução de sódio e fosfato em produtos cárneos emulsionados, em geral com alta quantidade de cloreto de sódio e tripolifosfato de sódio.

A redução de cloreto de sódio e fosfato em produtos cárneos, objeto do presente estudo, apresenta-se como reformulação estratégica para agregar apelos mais saudáveis e consistentes.

Os resultados indicaram que a utilização do KCl como sal substituto ao NaCl em emulsões cárneas com alto teor de carne de frango mecanicamente separada é uma alternativa viável para redução do sódio, uma vez que as propriedades físico-químicas desse tratamento não diferiram da formulação controle com 2,5% de NaCl.

A aplicação de CaCl_2 isoladamente provocou efeitos negativos nas características da matriz cárnea com alto teor de carne de frango mecanicamente separada, caracterizados por uma expressiva perda de porcentagem de extração de proteínas miofibrilares.

A utilização de *blend* de sais (NaCl, KCl e CaCl_2) apresentou-se como uma boa alternativa para redução de sódio tanto em emulsões cárneas com alto teor de carne de frango mecanicamente separada quanto em emulsões cárneas com alto teor de matéria-prima cárnea nobre contendo 0,5% de fosfato. No entanto, quando se reduziu 50% da quantidade adicionada de tripolifosfato de sódio em tratamentos contendo *blends* de sais (NaCl, KCl e CaCl_2) ocorreu uma perda expressiva de estabilidade de emulsão em nas matrizes cárneas com alto teor de carne de frango mecanicamente separada, em especial.

A simples redução de sais e tripolifosfato de sódio demonstrou provocar efeito negativo na formação e estabilidade de emulsão, sendo verificado pelos resultados de estabilidade emulsão e constatado pelas imagens de microestrutura.

De uma forma geral, a redução de fosfato em formulações com redução de sódio adicionada de sais substitutos apresenta-se como um desafio e deve ser melhor investigada para ser implementada.