



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

GISELI CARVALHO MAGALHÃES

**REDUÇÃO SIMULTÂNEA DE SÓDIO E FOSFATO EM PRODUTOS
CÁRNEOS REESTRUTURADOS:
PROMOÇÃO DE APELOS MAIS SAUDÁVEIS**

**SIMULTANEOUS REDUCTION OF SODIUM AND PHOSPHATE IN
RESTRUCTURED MEAT PRODUCTS: PROMOTING HEALTHIER
APPEALS**

Campinas
2023

GISELI CARVALHO MAGALHÃES

**REDUÇÃO SIMULTÂNEA DE SÓDIO E FOSFATO EM PRODUTOS
CÁRNEOS REESTRUTURADOS:
PROMOÇÃO DE APELOS MAIS SAUDÁVEIS**

**SIMULTANEOUS REDUCTION OF SODIUM AND PHOSPHATE IN
RESTRUCTURED MEAT PRODUCTS: PROMOTING HEALTHIER
APPEALS**

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

Dissertation presented to the Faculty of the University of Campinas in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master, the area of Food Technology.

Orientadora: Dr^a MARISE APARECIDA RODRIGUES POLLONIO

ESTE TRABALHO CORRESPONDE À VERSÃO FINAL
DA DISSERTAÇÃO DEFENDIDA PELA ALUNA GISELI
CARVALHO MAGALHÃES E ORIENTADA PELA
PROFA. DRA. MARISE APARECIDA RODRIGUES
POLLONIO

Campinas
2023

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

M27r Magalhães, Giseli Carvalho, 1994-
Redução simultânea de sódio e fosfato em produtos cárneos
reestruturados : promoção de apelos mais saudáveis / Giseli Carvalho
Magalhães. – Campinas, SP : [s.n.], 2023.

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

1. Produtos cárneos. 2. Hidrocolóides. 3. Fosfatos. I. Pollonio, Marise
Aparecida Rodrigues. II. Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de
Engenharia de Alimentos. III. Título.

Informações Complementares

Título em outro idioma: Simultaneous reduction of sodium and phosphate in restructured
meat products: promoting healthier appeals

1. Palavras-chave em inglês:

Meat products

Hydrocolloids

Phosphates

Área de concentração: Tecnologia de Alimentos

Titulação: Mestra em Tecnologia de Alimentos **Banca**

examinadora:

Marise Aparecida Rodrigues Pollonio [Orientador]

Juliana Azevedo Lima Pallone

Andrea Carla da Silva Barretto

Data de defesa: 28-09-2023

Programa de Pós-Graduação: Tecnologia de Alimentos

Identificação e informações acadêmicas do(a) aluno(a)

- ORCID do autor: <https://orcid.org/0009-0005-8140-9477>

- Currículo Lattes do autor: <http://lattes.cnpq.br/4506696097384009>

BANCA EXAMINADORA

Prof^a. Dr^a. Marise Aparecida Rodrigues Pollonio (Orientadora)

Universidade Estadual de Campinas

Juliana Azevedo Lima Pallone (Membro Titular)

Universidade Estadual de Campinas

Andrea Carla da Silva Barretto (Membro Titular)

Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas de São José do Rio Preto

A Ata da defesa com as respectivas assinaturas dos membros encontra-se no SIGA/Sistema de Fluxo de Dissertação/Tese e na Secretaria do Programa da Unidade.

“Aqui, no entanto, nós não olhamos para trás por muito tempo, nós continuamos seguindo em frente, abrindo novas portas e fazendo coisas novas, porque somos curiosos... e a curiosidade continua nos conduzindo por novos caminhos. Siga em frente”.

(Walt Disney)

Agradecimentos

À minha família, por me dar suporte e amor durante toda minha vida.

Às minhas sobrinhas Mirella e Isis, que me fizeram ter força para passar por tudo de forma melhor.

À minha avó, mesmo não estando mais presente, sempre torceu e amou seus netos incondicionalmente.

À minha orientadora Prof^a. Marise, muito obrigada pelos ensinamentos, por me passar um pouco de seu vasto conhecimento, além de sua disposição em ajudar e me motivar a ser melhor.

Ao Zé Roberto, por sua disponibilidade em me ajudar no laboratório, a corrigir erros e manter a segurança no laboratório.

À Prof^a. Ana Paula, por permitir o uso de equipamento para análises de microestrutura no Laboratório de Óleos e Gorduras.

À Aline do Laboratório de Microbiologia, Fabiano do Laboratório de Instrumentação e Marcella do Laboratório de Óleos e Gorduras, obrigada pela disposição em me ajudar em novas análises e pela paciência.

Às empresas DowDuPont, Kerry, Daxia, NovaProm, CP Kelco, Ashland e Ingredion pelas doações dos ingredientes e aditivos utilizados neste trabalho.

Aos estagiários Raquel, Sarah, Taynara e Davi, por me ajudarem sempre que precisei, muito obrigada!

Às colaboradoras do Departamento Leila e Sandra, obrigada pela convivência e também por me ajudarem em dias de processamento e análises!

Às amigas do Laboratório (Andrea, Wanessa, Mirian, Teka e Camila), obrigada pela convivência diária, companheirismo e troca de conhecimento. Também agradeço pelos momentos fora do laboratório!

Às minhas amigas de longa data: Nathália e Nathalie, as quais estão presentes em todos os momentos, comemorando minhas vitórias e me amparando em momentos difíceis.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Agradeço a todos que de alguma maneira colaboraram para a realização deste trabalho.

RESUMO

Em virtude da busca por alimentos considerados mais saudáveis pela população, os produtos cárneos já conhecidos por seus teores elevados de aditivos e sódio têm sido reformulados com o intuito de reduzir esses compostos. Em produtos cárneos reestruturados tais como o apresuntado, a presença de fosfatos e de sódio contribuem para causar um impacto negativo em seus apelos de consumo. Neste cenário, o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de diferentes ingredientes não-cárneos com potenciais propriedades extensoras para reduzir ou substituir tripolifosfato de sódio em produtos cárneos reestruturados, afim de torná-los mais saudáveis seja pela redução do aditivo ou pela redução de sódio no produto final. O estudo foi dividido em duas etapas sendo a primeira a substituição do fosfato por ingredientes à base de celulose, fibras, proteína ou gomas, com o intuito de avaliar a capacidade de retenção de água e estabilidade em produto reestruturado. Nesta etapa foram realizados 10 tratamentos, sendo FC1 (0,5% de fosfato de sódio), FC2 (redução total do fosfato), HPMC E4M (0,3% de hidroxipropilmetilcelulose E4M), HPMC F4M (0,3% de hidroxipropilmetilcelulose F4M), CMC (0,3% de carboximetilcelulose), QUI (1% de quitosana), CAR (1% de carragena), GG (0,3% de goma guar), GX (0,3% de goma xantana) e FCO (2% de fibra de colágeno). Foram realizadas análises físico-químicas que resultaram na seleção da fibra de colágeno e carragena para a segunda etapa do estudo por terem apresentado melhores resultados com relação à capacidade de retenção de água, rendimento (valores similares ou significativamente maiores que o tratamento controle) e perfil de textura (apresuntados mais firmes e menos porosos). Dessa maneira, seguiu-se para a segunda etapa, a qual foi dividida em duas fases onde, além das análises realizadas na etapa 1, os tratamentos passaram por análise sensorial após análises microbiológicas. Foi observado que houve alta perda de líquido por cozimento nos tratamentos com tripolifosfato de potássio (KTP) e pirofosfato tetrapotássico (KPP), com menor estabilidade em comparação ao tratamento controle FC1. O mesmo ocorreu para o tratamento FC2 com menor capacidade de retenção de água em comparação ao tratamento FC1. A textura dos apresuntados foi afetada pela redução do NaCl e exclusão do fosfato de sódio. Na etapa sensorial, o tratamento com blends de fosfatos (KTP + KPP) resultaram em sabor semelhante ao tratamento controle (FC1). Também, os tratamentos com hidrocolóides apresentaram maiores perdas de líquido no cozimento

em comparação ao tratamento FC1. O tratamento com fibra de colágeno (FCO) resultou em um apesuntado de maior dureza, com maior gomosidade e mastigabilidade, além de maior capacidade de retenção de água. Para os parâmetros sensoriais os hidrocolóides não tiveram boa aceitação, sendo o tratamento com amido de batata o único que não diferiu do tratamento controle FC1 para aceitação global. Por fim, a substituição do tripolifosfato de sódio por hidrocolóides ou fosfatos de potássio resultou em um apesuntado mais saudável através da redução de sódio e aditivo, porém com alterações significativas nos parâmetros de textura e de retenção de água nos tratamentos.

Palavras-chave: Produtos cárneos, hidrocolóides, fosfatos.

ABSTRACT

In response to the public's pursuit of healthier dietary options, there has been a concerted effort to reformulate meat products that are recognized for their high content of additives and sodium. This endeavor aims to mitigate these compounds. In the case of restructured meat products such as ham, the inclusion of phosphates and sodium significantly detracts from their consumer appeal. In this context, the primary objective of this study was to assess the impact of various non-meat ingredients with potential extender capabilities in reducing or substituting sodium tripolyphosphate within restructured meat products. The aim was twofold: either diminishing the reliance on additives or reducing the sodium content in the final product to enhance its health profile. The study was structured into two phases. The initial phase involved replacing phosphate with cellulose-based, fiber-based, protein-based, or gum-based ingredients. This phase sought to evaluate the water retention capacity and stability of the restructured product. Ten distinct treatments were conducted during this stage: FC1 (0.5% sodium phosphate), FC2 (complete elimination of phosphate), HPMC E4M (0.3% hydroxypropyl methylcellulose E4M), HPMC F4M (0.3% hydroxypropyl methylcellulose F4M), CMC (0.3% carboxymethyl cellulose), QUI (1% chitosan), CAR (1% carrageenan), GG (0.3% guar gum), GX (0.3% xanthan gum), and FCO (2% collagen fiber). The selection criteria for the subsequent phase were based on comprehensive physicochemical analyses, which identified collagen fiber and carrageenan as the most promising candidates due to their superior water retention capacity, yield (similar or significantly higher values compared to the control treatment), and improved texture profile (resulting in firmer hams with reduced porosity). Consequently, the study proceeded to its second phase, divided into two segments. In addition to the analyses conducted in the initial phase, these treatments underwent sensory evaluations following microbiological assessments. Significant observations emerged from the study. Treatments featuring potassium tripolyphosphate (KTP) and tetrapotassium pyrophosphate (KPP) exhibited substantial liquid loss during cooking, indicating lower stability compared to the control treatment FC1. Likewise, treatment FC2 displayed diminished water retention capacity when contrasted with FC1. Notably, alterations in NaCl content and the exclusion of sodium phosphate significantly impacted the texture of the hams. During the sensory evaluation phase, blends of phosphates (KTP + KPP) produced a flavor akin to that of the control treatment (FC1).

Conversely, treatments involving hydrocolloids experienced higher liquid losses during cooking compared to the control FC1. Noteworthy, the application of collagen fiber (FCO) resulted in firmer hams with heightened gumminess and chewiness, alongside improved water retention capacity. Assessing sensory parameters, hydrocolloids generally received poor acceptance, with potato starch treatment being the only one comparable to the control treatment FC1 in terms of overall acceptability. In conclusion, substituting sodium tripolyphosphate with hydrocolloids or potassium phosphates succeeded in rendering the ham product healthier by reducing sodium and additives. Nevertheless, these modifications significantly altered the product's texture and water retention characteristics.

Keywords: Meat products, hydrocolloids, phosphates

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Teores dos derivados de celulose, gomas, proteínas e fibras utilizados nos tratamentos de apesuntados.....	81
Tabela 2. Composição química, pH dos batters e apesuntados e atividade de água	89
Tabela 3. Cor objetiva dos batters e apesuntados.....	95
Tabela 4. Perfil de textura dos apesuntados com diferentes concentrações de derivados de celulose, gomas, proteínas e fibras	96
Tabela 5. Tratamentos de apesuntados avaliados com fosfatos de potássio.....	115
Tabela 6. Composição química, pH do batter e apesuntado, Aw e TBARS dos tratamentos	122
Tabela 7. Resultados do teor de sódio, potássio e fosfatos.....	125
Tabela 8. Cor objetiva dos batters e apesuntados.....	126
Tabela 9. Perfil de textura dos tratamentos.	127
Tabela 10. Análise de aceitação dos tratamentos	131
Tabela 11. Tratamentos de apesuntados com redução parcial de cloreto de sódio e substituição total do tripolifosfato de sódio por agentes extensores.....	149
Tabela 12. Composição química, pH e aw dos apesuntados com reduzido teor de sódio e substituição total do tripolifosfato de sódio por agentes extensores	154
Tabela 13. Cor objetiva dos batters e apesuntados com reduzido teor de sódio e substituição total do tripolifosfato de sódio por agentes extensores.....	161
Tabela 14. Perfil instrumental de textura dos apesuntados com reduzido teor de sódio e substituição total do tripolifosfato de sódio por agentes extensores.....	162
Tabela 15. Atributos de aceitação avaliados pelos provadores de apesuntados...	167

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Resumo de escopo do trabalho realizado.	20
Figura 2. Rendimento e Capacidade de retenção de água dos tratamentos.	91
Figura 3. Batters dos tratamentos realizados.	92
Figura 4. Tratamentos após cozimento.	92
Figura 5. Hidrocolóides utilizados na reformulação dos apresetados.	93
Figura 6. Micrografias dos apresetados com diferentes concentrações de derivados de celulose, gomas,	100
Figura 7. Rendimento e Capacidade de Retenção de água dos tratamentos.	124
Figura 8. Microestrutura eletrônica de varredura dos tratamentos.	129
Figura 9. Frequência de consumo de apresetado dos provadores.	130
Figura 10. Tratamentos X Atributos sensoriais.	133
Figura 11. Estabilidade do batter, rendimento e capacidade de retenção de água dos tratamentos.	158
Figura 12. Micrografias dos produtos acabados.	165
Figura 13. Frequência de consumo de apresetado dos provadores.	166
Figura 14. Tratamentos X Atributos percebidos.	169

SUMÁRIO

Introdução geral	17
Referências Bibliográficas	20
Chapter 1. Literature Review	24
APPLICATION OF HYDROCOLLOIDS IN MEAT PRODUCTS WITH SODIUM AND PHOSPHATE REDUCTION: PROMOTION OF HEALTHIER APPEALS.....	24
1. Introduction.....	25
2. Reduction of sodium and phosphates in processed meat products in the promotion of healthier appeals	27
2.1. Correlation between sodium and phosphate intake and health aspects	27
2.2. Technological role of sodium chloride and phosphate in meat products.....	30
3. Strategies for simultaneous reduction of sodium and phosphate in meat products	33
4. Use of hydrocolloids to reduce sodium chloride and phosphate in meat products	35
4.1. Cellulose derivatives	36
4.1.1. Carboxymethyl cellulose (CMC)	37
4.1.2. Hydroxypropyl methylcellulose (HPMC)	38
4.2. Carrageenan	39
4.3. Guar gum	41
4.4. Xanthan gum.....	42
4.5. Chitosan.....	43
4.6. Starch.....	45
4.7. Collagen fiber.....	46
5. Final considerations	47
6. References.....	48
Capítulo 2.....	75

UTILIZAÇÃO DE INGREDIENTES NÃO-CÁRNEOS COMO SUBSTITUTOS DE FOSFATOS EM APRESUNTADO SEM PREJUÍZO DAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS.....	75
RESUMO.....	76
1. INTRODUÇÃO.....	77
2. MATERIAIS E MÉTODOS	79
2.1. Matéria-prima, ingredientes e aditivos	79
2.1 Desenho experimental e tratamentos	80
2.2 Processamento dos apresuntados.....	82
2.3 Análises físico-químicas.....	83
2.3.1 Determinação de pH e atividade de água (Aw)	83
2.3.2 Determinação de composição centesimal	83
2.3.3 Determinação de cor	83
2.3.4 Capacidade de retenção de água.....	84
2.3.5 Perfil instrumental de textura (TPA).....	84
2.3.6 Microscopia eletrônica de varredura.....	84
2.3.7 Rendimento após cozimento	84
2.3.8 Análise estatística.....	85
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	85
3.1 Composição química, pH e Aw	85
3.2 Capacidade de retenção de água e rendimento	90
3.3 Análise objetiva de cor	91
3.4 Perfil instrumental de textura	96
3.5 Microestrutura Eletrônica de Varredura	98
4. CONCLUSÃO	101
5. AGRADECIMENTOS	101
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	101
Capítulo 3.....	110

SUBSTITUIÇÃO DE FOSFATO DE SÓDIO POR FOSFATO DE POTÁSSIO COMO ESTABILIZANTES EM APRESUNTADO COM REDUÇÃO DE SÓDIO: EFEITOS SOBRE AS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS	110
RESUMO.....	111
1. INTRODUÇÃO	112
2. MATERIAIS E MÉTODOS	114
2.1. Matéria-prima, ingredientes e aditivos	114
2.2. Desenho experimental e tratamentos	115
2.3. Processamento dos apresuntados.....	116
2.4. Análises físico-químicas.....	116
2.4.1. Determinação de pH e atividade de água (Aw)	117
2.4.2. Determinação de umidade, proteína e cinzas	117
2.4.3. Determinação de lipídeos	117
2.4.4. Determinação de sódio.....	117
2.4.5. Determinação de fosfato.....	118
2.4.6. Determinação da cor	118
2.4.7. Determinação de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico	118
2.4.8. Capacidade de retenção de água.....	118
2.4.9. Perfil instrumental de textura (TPA).....	119
2.4.10. Microestrutura eletrônica de varredura.....	119
2.4.11. Rendimento	119
2.5. Avaliação sensorial	120
2.6. Análise estatística	120
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	121
3.1. Composição química, pH, estabilidade do batter, Aw, perdas no	121
3.2. Determinação de sódio, potássio e fosfatos	124
3.3. Análise objetiva de cor	125
3.4. Perfil instrumental de textura	127

3.5. Características da microestrutura	128
3.6. Análise sensorial	130
a) Teste de aceitação	130
b) Teste CATA.....	131
4. CONCLUSÃO	133
5. AGRADECIMENTOS	133
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	133
CAPÍTULO 4.	144
AVALIAÇÃO TECNOLÓGICA DE DIFERENTES EXTENSORES COMO SUBSTITUTOS DE FOSFATOS EM PRODUTO CÁRNEO REESTRUTURADO COM REDUÇÃO DE SÓDIO.....	144
Discussão geral.....	179
Conclusão geral	182
Referências bibliográficas	184
Apêndice A – Ficha utilizada no Teste de Aceitação e CATA	227
Anexo A – Parecer consubstanciado do CEP	228

Introdução geral

A indústria da carne é muito importante tanto por sua participação na economia brasileira, sendo um dos maiores exportadores de carne como também por promover a distribuição de uma série de produtos cárneos à população. Apesar da pandemia iniciada em 2020, a Associação Brasileira de Proteína Animal registrou um crescimento de 54,5% de exportação de carne suína neste mesmo ano (ABPA, 2020). A carne e os derivados suínos são consumidos por oferecer alto teor de proteína com aminoácidos essenciais, vitaminas do complexo B e lipossolúveis, além de muitos compostos bioativos (Hangui et al., 2015; Venturini et al., 2007).

Apesar disso, o consumo de produtos cárneos tem sido associado a alguns ingredientes e aditivos que são considerados prejudiciais quando consumidos em excesso, os quais podem contribuir para o aumento do risco de desenvolvimento de doenças, como o sódio, presente tanto no cloreto de sódio (Armenteros, Aristoy, Barat & Toldrá, 2009; Doyle & Glass, 2010; He & MacGregor, 2010) e também em alguns aditivos como os fosfatos de sódio.

Dentre as diferentes categorias de derivados cárneos suínos, os produtos cárneos reestruturados figuram dentre os mais importantes na cadeia produtiva. Por definição, são produtos onde a matéria-prima carne combinada com diferentes aditivos e ingredientes passa por várias etapas de processo que podem incluir injeção, tumbleamento, moagem, mistura, extração das proteínas miofibrilares, enformagem, embutimento, tratamento térmico e resfriamento, podendo ou não serem fatiados no ambiente industrial (Rocha et al., 2010; Olivo, 2006). São produtos cárneos reestruturados hambúrguer, nuggets, presunto cozido e apresuntados. Em alguns desses produtos, tais como o apresuntado, a utilização de ingredientes extensores e fosfatos é altamente relevante para preservar alguns atributos de qualidade funcional e estabilidade durante sua vida de prateleira.

Os estabilizantes, especialmente o tripolifosfato de sódio, são amplamente utilizados em produtos cárneos por possuírem capacidade de aumentar a retenção de água, melhorando significativamente a textura no geral, inclusive com maior coesividade e elasticidade, o que resulta em melhor fatiabilidade em produtos cárneos

reestruturados (Chen et al., 2020). Além disso, possui propriedade quelante de íons metálicos, retardando a oxidação lipídica (Cao et al., 2020). Dessa forma, em produto cárneo como o apesuntado, a redução parcial ou até mesmo total de fosfato de sódio representa um grande desafio pois esse aditivo, mesmo aplicado em pequena quantidade, promove uma série de benefícios tecnológicos no processamento pelo fato deste tipo de produto ter elevado teor de água adicionado em sua formulação, resultando em um produto com textura e suculência agradáveis aos consumidores (Xiong, 2000). Apesar disso, além de contribuir para o teor de sódio ao produto final o uso de fosfatos em produtos cárneos pode prejudicar a absorção de outros nutrientes, contribuindo para o surgimento de outras doenças (Takeda, Yamamoto, Yamanaka-Okumura & Taketani, 2014).

Além disso, quando seu uso é combinado com o cloreto de sódio, a extração das proteínas miofibrilares da matéria-prima cárnea é potencializada, resultando em uma formação de gel forte após tratamento térmico, dificultando a saída de líquido e compostos hidrossolúveis, sendo o sabor e aroma fortemente influenciados com a adição desse ingrediente (Ruusunen & Puolanne, 2005).

A reformulação de produtos cárneos reestruturados pode ser feita com o uso de técnicas aplicadas ao processamento (O'Flynn, Cruz-Romero, Troy, Muellen & Kerry, 2014; Pinton et al., 2019) tais como alta pressão. Também pode ocorrer a partir da redução parcial ou total de aditivos como o tripolifosfato de sódio e substituição por ingredientes extensores com propriedades físico-químicas similares que não prejudiquem a estabilidade e a aceitação sensorial do alimento (Ruusunen et al., 2003; Choe et al., 2018).

Vários estudos realizados com esse propósito investigaram o uso de ingredientes com propriedades de ligação de água como amidos (Ruusunen et al., 2003; Prabhu & Husak, 2014), fibras (Powell et al., 2019) e proteínas (Lowder et al., 2011).

Fosfatos de sódio estão dentre as categorias mais amplamente empregadas na indústria cárnea e, por isso, contribuem para elevar o teor de sódio em produtos cárneos. Assim, a reformulação com foco na redução de sódio deve levar em conta

também, estudar o uso de sais de fosfatos hipossódicos na formulação (Fellendorf et al., 2016; Liem et al., 2011; Pandya et al., 2020) combinado a compostos extensores com apelos naturais capazes de substituir as propriedades tecnológicas desses aditivos.

Neste contexto, o trabalho foi realizado em duas etapas principais: a primeira, reformular um produto cárneo reestruturado como o apresuntado com substituição do tripolifosfato de sódio por diferentes ingredientes com propriedades extensoras (hidroxipropilmetilceluloses, carboximetilcelulose, carragena, gomas guar e xantana, fibra de colágeno e quitosana). Esses apresuntados foram avaliados quanto às suas propriedades físico-químicas e outras análises referentes à capacidade de retenção de água e textura do produto cárneo.

A segunda etapa dividiu-se em duas fases: a primeira com a substituição do tripolifosfato de sódio pelos hidrocolóides com melhores características de textura e capacidade de retenção de água observadas na etapa anterior, com a redução simultânea de cloreto de sódio. A segunda fase foi realizada com o intuito de reduzir o teor de sódio proveniente do tripolifosfato de sódio, sendo o mesmo substituído por fosfatos hipossódicos (tripolifosfato de potássio e pirofosfato tetrapotássico), com a redução combinada do cloreto de sódio. Nesta etapa, todos os apresuntados foram avaliados quanto suas propriedades físico-químicas, estruturais e sensoriais. Para análise sensorial foi escolhido o tratamento considerado mais suscetível à crescimento microbiano mais rápido e realizada análise microbiológica para segurança dos provadores.

Esta segunda etapa do estudo teve como objetivo avaliar quais seriam os efeitos da retirada total do tripolifosfato de sódio com redução parcial de cloreto de sódio, com adição de hidrocolóides ou fosfatos sem sódio com a intenção de se obter um produto com características mais saudáveis sem haver alterações significativas em sua identidade e qualidade sensorial. Um resumo do escopo do presente estudo é apresentado na Figura 1.

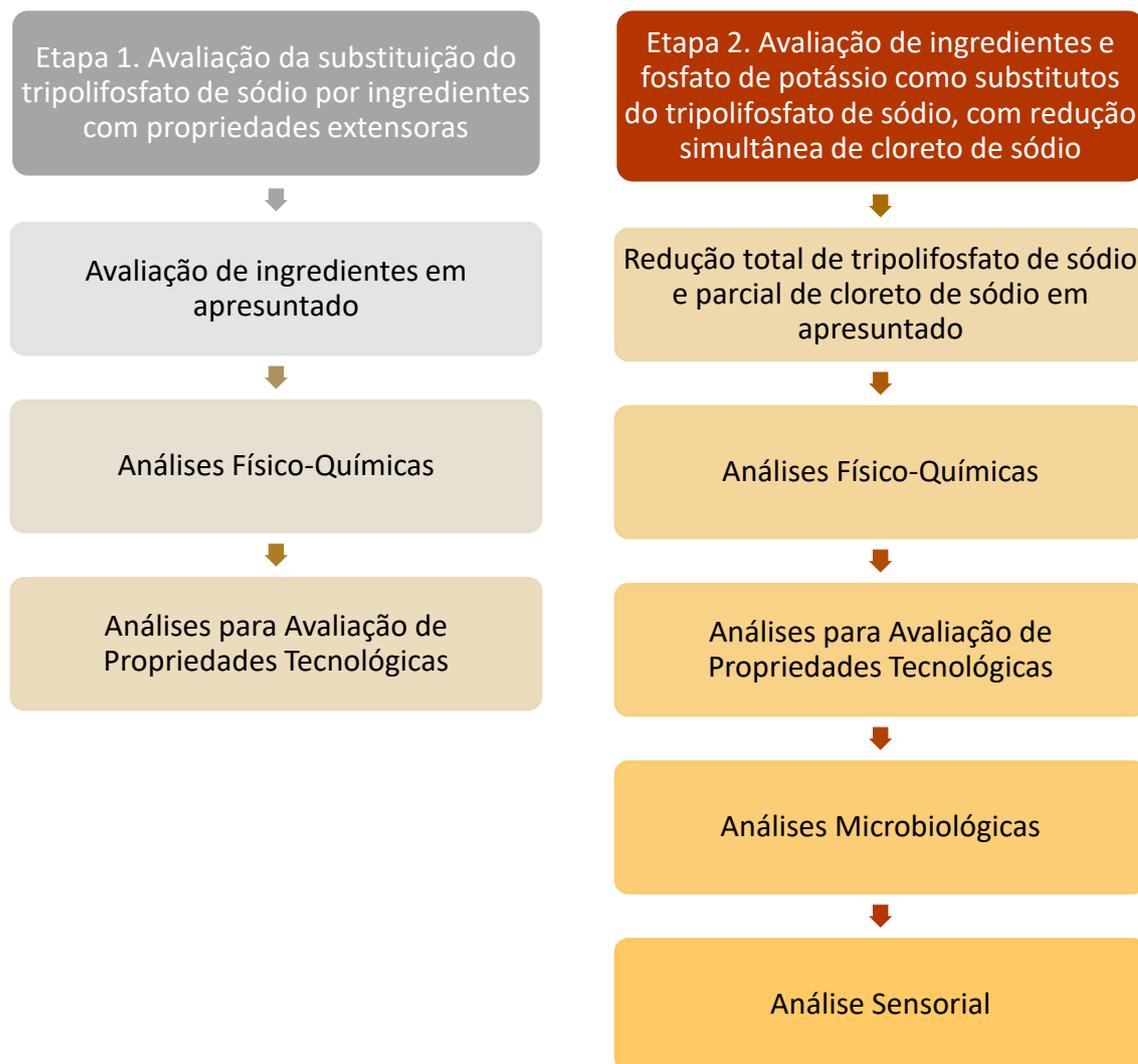


Figura 1. Resumo de escopo do trabalho realizado.

Com o presente estudo, espera-se contribuir para o desenvolvimento de novos produtos, ou reformulações mais saudáveis aos consumidores, com apelos para consumo de proteína e redução do risco de desenvolvimento de doenças relacionados a aditivos específicos.

Referências Bibliográficas

ABPA. **Exportação de carne suína cresce 54,5% em 2020.** Associação Brasileira de Proteína Animal, 2020. Disponível em: <<https://abpa-br.org/exportacao-de-carne-suina-cresce-545-em-2020/>>. Acesso em: 10 de jul. 2020.

ARMENTEROS, ARISTOY, BARAT, TOLDRÁ. **Biochemical changes in dry-cured loins salted with partial replacements of NaCl by KCl.** Food Chemistry, 117 (4) (2009), pp. 627-633.

CAO, MA, HUANG, XIONG. **Effects of sodium pyrophosphate coupled with catechin on the oxidative stability and gelling properties of myofibrillar protein.** Food Hydrocolloids, 104 (2020).

CHEN, REN, ZHANG, XIONG, WANG, SHANG, ZHANG. **Site-specific incorporation of sodium tripolyphosphate into myofibrillar protein from mantis shrimp (*Oratosquilla oratoria*) promotes protein crosslinking and gel network formation.** Food Chemistry, 312 (2020).

CHOE, LEE, JO, JO, SONG, JUNG. **Application of winter mushroom powder as an alternative to phosphates in emulsion-type sausages.** Meat Science, 143 (2018), pp. 114-118.

DOYLE, GLASS. **Sodium reduction and its effect on food safety, food quality, and human health.** Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 9 (1) (2010), pp. 44-56.

S. FELLENDORF, M.G. O'SULLIVAN, J.P. KERRY. **Impact of ingredient replacers on the physicochemical properties and sensory quality of reduced salt and fat black puddings.** Meat Science, 113 (2016), p. 17-25.

HANGUI, S.A.R.; FERREIRA, A.F.; DOURADO, A.T.S.; MARTINS, J.D.; VARGEM, D.S.; SILVA, J.R. **Análise microbiológica da carne bovina moída comercializada na cidade de Anápolis.** Revista Eletrônica de Farmácia, vol.2, nº.30, 2015.

HE, MACGREGOR. **Reducing population salt intake worldwide: from evidence to implementation.** Progress in Cardiovascular Diseases, 52 (5) (2010), p. 363-382.

LIEM, MIREMADI, KEAST. **Reducing Sodium in Foods: The Effect on Flavor.** Nutrients, 3 (6) (2011), p. 694-71.

LOWDER et al. **Evaluation of dehydrated beef protein to replace sodium-based phosphates in injected beef strip loins.** Meat Science, v. 89 (2011), p. 491-499.

O'FLYNN, CRUZ-ROMERO, TROY, MUELLEN, KERRY. **The application of high-pressure treatment in the reduction of phosphate levels in breakfast sausages.** Meat Science, 96 (2014), p. 633-639.

OLIVO, R. **O mundo do frango: cadeia produtiva da carne de frango.** Criciúma: ed. do autor, 2006. 688 p.

PANDYA, DECKER, GOULETTE, KINCHLA. **Sodium reduction in turkey breast meat by using sodium anion species.** LWT – Food Science and Technology, v. 124 (2020).

PINTON et al. **Ultrasound: a new approach to reduce phosphate content of meat emulsions.** Meat Science, 152 (2019), p. 88-95.

POWELL, SEBRANEK, PRUSA, TARTÉ. **Evaluation of citrus fiber as a natural replacer of sodium phosphate in alternatively-cured all-pork Bologna sausage.** Meat Science, 157 (2019).

PRABHU, HUSAK. **Use of sodium carbonate and native potato starch blends as a phosphate replacer in natural enhanced pork loins.** Meat Science, v. 96 (2014), p. 454-455.

ROCHA, A. et al. **Análise sensorial de produto reestruturado (hambúrguer).** Cadernos Temáticos MEC, n. 25, p. 21-24, 2010.

RUUSUNEN, PUOLANNE. **Reducing sodium intake from meat products.** Meat Science, 70 (2005), p. 531-541.

RUUSUNEN, VAINIONPAA, POULANNE, LYLY, LÄHTEENMÄKI, NIEMISTÖ, AHVE NAINEN. **Physical and sensory properties of low-salt phosphate-free frankfurters composed with various ingredients.** Meat Science, 63 (2003), p. 9-16.

TAKEDA, YAMAMOTO, YAMANAKA-OKUMURA, TAKETANI. **Increasing dietary phosphorus intake from food additives: potential for negative impact on bone health.** *Advances in Nutrition*, 5 (2014), pp. 92-97.

VENTURINI, K. S.; SARCINELLI, M. F.; SILVA, L. C. **Características da carne de frango.** Vitória:UFES, v.7, 2007. Boletim técnico. Disponível em http://www.agais.com/telomc/b01307_caracteristicas_carne_frango.pdf. Acessado em 20 de ago. 2020.

XIONG. **Meat processing.** S. Nakai, H.W. Modler (Eds.), *Food proteins: Processing applications*, Wiley-VCH, New York (2000), pp. 89-145.

Chapter 1. Literature Review

APPLICATION OF HYDROCOLLOIDS IN MEAT PRODUCTS WITH SODIUM AND PHOSPHATE REDUCTION: PROMOTION OF HEALTHIER APPEALS

1. Introduction

Meat products are included in the human diet not only because they provide necessary nutrients, but also because of their great variety and, in most cases, because they do not require time to be consumed (Botez et al., 2017; Pereira; Vicente, 2013). Despite this, the meat industry has been experiencing a series of challenges, since the demand for healthier foods has been a factor that drives the development of new products in order to meet consumer expectations. In light of this, many researchers have used reformulation as an alternative to promote healthier claims.

In the reformulation of meat products, some components are targets for reduction or total replacement, such as saturated fat, sodium, and additives whose excess consumption may be associated with increased risk of certain chronic diseases such as hypertension, obesity, cardiovascular diseases, cancer, and others. Many studies have been described to reformulate meat products in this context widely reported in the literature (Santarelli, 2008; Lajous et al., 2014; International Agency for Research on Cancer, 2015; Boada et al., 2016; Cavalheiro et al., 2021; Domínguez et al., 2021; Heck et al., 2021; Mateo et al., 2021; Pateiro et al., 2021; Pedro et al., 2021; Rabadán et al., 2021; Domínguez et al., 2022; Owusu-Ansah et al., 2022).

The use of phosphates commonly used in meat products as stabilizing agents has been widely criticized for potential health risks when ingested in excess, such as increased phosphorus content in the body, which can compromise calcium absorption and lead to weakened bones, leading to more serious cases like the development of osteoporosis (Calvo & Park, 1996; Huttunen et al., 2007). In addition to this risk, patients with kidney disease tend to suffer greater impairment of organ function, worsening their conditions (Block et al., 2004; Moe et al., 2006; Ritz et al., 2012; Moorthi & Moe, 2013).

Like phosphates, high sodium intake has often been linked to increased risk of disease development in humans, and its reduction has been suggested for quite some time (Strazzullo et al., 2009; He & MacGregor, 2010, World Health Organization, 2020). Many of the diseases related to high sodium consumption require attention, such as hypertension and other cardiovascular diseases that can compromise the

proper functioning of the circulatory system and lead to occurrences such as stroke, possibly leading to death (Chobonian et al., 2003; Cook et al., 2007; Strazzullo et al., 2009; Rust & Ekmekcioglu, 2017; Ware et al., 2017; Araújo et al., 2021; Beck et al., 2021; Marco et al., 2022). In addition to these factors, many of these stabilizers used in the food industry are also sources of sodium, which can also be harmful when consumed in excess (Ritz et al., 2012; Gutiérrez, 2013). In light of the call for a healthier diet with reduced risk of disease development, there has been a search for substitutes for these ingredients and additives.

When replacing and/or reducing phosphates, many factors should be evaluated, since they play an extremely important role in the formation of a meat product with functional properties associated with water retention capacity, including juiciness, tenderness, texture, yield, and sliceability typical of a restructured product. One of the most investigated technological strategies with this objective, is the application of ingredients with potential extensibility properties such as: modified or native starches, proteins, seaweed, hydrocolloids, fibers, mucilage, plasma and edible mushrooms (Younis & Ahmad, 2015; Resconi, Keenan, Barahona, et al., 2016a; Câmara et al., 2020; Péres-Montes et al., 2020; Monsalve-Atencio, Ospina-Millan & Contreras-Calderón, 2021). However, the lack of compatibility with the meat matrix and functional and sensory performance of the ingredients studied limit their application, in addition to the increased cost usually involved. Technological processes such as ultrasound use also present themselves as options to reduce phosphate contents in meat products (Pinton et al., 2019; Pinton et al., 2021; Zhang et al., 2021).

Reducing dietary sodium intake is considered one of the greatest demands worldwide, due to the proven correlation between its consumption above certain levels and the risk of hypertension and cardiovascular disease, which is responsible for a high mortality rate worldwide (Cohen et al., 2006; Graudal et al., 2014; Meller et al., 2016; Cook et al., 2017; Messerli et al., 2021). The main source of sodium in the diet comes from sodium chloride (NaCl), one of the most important ingredients in meat product processing and thus, reducing sodium contents figures as one of the most necessary reformulations to bring consistent healthy appeals in meat products (Carraro et al., 2012; Stanley, Bower & Sullivan, 2017; Raybaudi-Massilia et al., 2019; Kim et al., 2021a; Kim et al., 2021b).

From a technological perspective, NaCl is a key ingredient for the physical stability of various products, including restructured meat products. Myofibrillar proteins constitute the most important class of meat proteins and are essential for the development of physical and functional properties of processed products. As they are soluble in high ionic strength, the main function of sodium chloride, in many products, is to promote the extraction and solubilization of the actomyosin complex, responsible for the formation of emulsion, gel, water and fat retention capacity, among other properties (Ferreira et al., 2013; Speroni et al., 2014; Bombrum et al., 2014; Laranjo et al., 2017; Lee et al., 2019; Kim et al., 2021a; Perez-Palacios et al., 2022).

Given the above, in this work the total reduction of sodium phosphates associated or not with the partial reduction of sodium chloride becomes quite a challenge, considering its various technological and sensory functionalities and the types of components evaluated, which might not have the expected behavior as possible substitutes for sodium tripolyphosphate.

2. Reduction of sodium and phosphates in processed meat products in the promotion of healthier appeals

The reformulation of meat products to obtain healthier products is considered a great challenge for the industry under several aspects, mainly from the technological point of view. However, the impact of the reduction of some components that are part of their formulations on health has been very well reported and their reduction or substitution becomes a mandatory action in the development of healthier meat products. Sodium and phosphate reduction are the most relevant in the development of healthier meat products.

2.1. Correlation between sodium and phosphate intake and health aspects

The presence of sodium is very common in food industries, its main source being sodium chloride (NaCl). This is responsible for promoting a number of technological, microbiological and sensory functions (Hutton, 2002; Aburto et al., 2013; Elias et al., 2019; Cook et al., 2020). However, despite all the properties that NaCl

confers, it contributes high levels of sodium, so its control has been sought in different categories of processed foods (Aburto et al., 2013; Cook et al., 2020).

Sodium intake has been associated with hypertension and other cardiovascular diseases (Aburto et al., 2013; Cogswell et al., 2016; Cook et al., 2020). A large percentage of the population has a hereditary predisposition to hypertension, the incidence of which is further affected by overweight and high sodium intake. Thus, NaCl reduction is a must to give consumers healthier choices of processed foods, and phosphates are also a means of reducing sodium, even if used at low levels.

The high consumption of sodium chloride, a component with high sodium content, and its effects on health are widely studied and is of great interest to public health because it is directly related to increased levels of blood pressure, being one of the precursors of hypertension and, consequently, involvement of the cardiovascular system (Weinberger, 1996; Strazzullo et al., 2009; Mente et al., 2014; O'Donnell et al., 2014). In addition to these, some effects of excess sodium chloride consumption is increased flow in arterial vessels, causing changes in vascular resistance, with microvascular endothelial inflammation, anatomical remodeling, and other functional abnormalities (Marketou et al., 2019). Another, equally important factor is the development of kidney disease, especially in older people, probably due to decreased glomerular mass, which reduces the kidney's ability to concentrate sodium in the urine (Frohlic, 1990; Grillo et al., 2019).

For these reasons, measures have been applied such as the commitment made by members of the World Health Organization (WHO) to reduce salt consumption by 30% by 2025, with an estimated avoidance of 2.5 million deaths (WHO, 2016). In countries such as the United States, Canada, and the United Kingdom, reduction has been recommended in the range of 2300 to 2400mg of sodium per day (Scientific Advisory Committee on Nutrition, 2003; US Department of Health and Human Services, 2015; National Academies of Sciences Engineering and Medicine, 2019), and some members such as the American Heart Association recommend even lower sodium intake, consuming no more than 2300mg, with the recommendation being up to 1500mg of sodium/day (Antman et al., 2013; WHO, 2020; FDA, 2021).

The sodium contents consumed by the population come from a wide variety of foods, including meat products (Jiménez-Colmenero et al., 2001; World Health Organization, 2012), and these are targets in sodium reduction (Elias et al., 2019). NaCl in meat formulations is added to promote various functions such as reducing water activity (A_w), bacteriostatic agent, acting to control microbial growth in addition to contributing to the characteristic aroma and flavor (Ruusunen & Puolanne, 2005). Besides sodium chloride itself, additives are used that mostly contribute a small portion of sodium, such as preservatives and phosphates, classified as stabilizers, which are the target of this review.

Inorganic phosphates are generally considered safe (GRAS) by the U.S. Food and Drug Administration (FDA) and are used as effective food additives in many processed food products such as meat, ham, sausages, canned fish, beverages, and bakery products (Thangavelu et al., 2019). Phosphates can be incorporated in meat products up to 0.5% according to the legislation of different countries (Brazil, 2019).

Despite the positive technological effects resulting from the incorporation of phosphate in meat products, its excessive intake in the diet has been correlated with some adverse effects in people predisposed to kidney diseases, in which the phosphate excretion capacity is impaired (Tentori et al., 2008; Benini et al., 2011). Phosphates even, are on the list of components to be reduced from meat formulations (EFSA et al., 2005).

Excessive phosphate intake can cause a condition called hyperphosphatemia that prevents calcium absorption and may not only increase the mortality risk of chronic renal and/or dialysis patients, but also increase the risk of death for patients with cardiovascular problems since unabsorbed calcium can promote increased vascular calcifications, culminating in bone disease (Ganesh et al., 2001; Block et al., 2004; Rodríguez-Benot et al., 2005; Dhingra et al., 2007; Tentori et al., 2008; Wald et al., 2008; Bockman et al., 2010; Takeda et al., 2014). This occurs mainly due to the decreased function of the nephron, a functional part of the kidney that acts especially in the formation of urine and, like sodium, with the reduction of the glomerular rate, the excreted concentration of phosphate by urine is reduced (Gutierrez et al., 2008; Kendrick et al., 2011).

According to Ritz et al. (2012), a relationship was observed between high phosphate intake and cardiovascular morbidity and mortality in patients. In another study led by Conley et al. (2020) showed that 96% of participants with chronic kidney disease exceed the recommended daily intake of phosphate, and milk and meat are the major sources in the diet. Therefore, the search for suitable phosphate substitutes in meat products is increasing in the literature (Câmara et al., 2020; Thangavelu et al., 2019).

In addition to hyperphosphatemia, Wenjing et al. (2022) addressed the relationship between phosphate and calcium in the development of small cerebral vascular disease (SVCD), which can associate with people who have had a stroke and may develop dementia, depression, and cognitive impairment, since SVCD is a progressive disease. The authors found higher concentrations of serum phosphate and phosphate x calcium in these patients, compared to patients who did not have such a disease. However, they state that the reasons for these occurrences have yet to be elucidated.

2.2. Technological role of sodium chloride and phosphate in meat products

The addition of sodium chloride, the main source of sodium, in meat products is necessary for several reasons, including sensory, functional and preservative properties.

Sodium chloride is essential for the solubilization of myofibrillar proteins, whose main functional properties water-holding capacity (WAC), emulsification and gelation, thus improving the texture, yield, tenderness and juiciness of the meat product (Desmond, 2006). This salt also has a preservative effect as it increases shelf life by reducing A_w and has a major contribution to the taste of products and thus to sensory acceptance.

Sodium is present in several ingredients and additives in the processing of meat products through the use of sodium chloride, sodium nitrite and nitrate, sodium ascorbates, sodium phosphates and sodium lactates. However, the main contribution is related to the incorporation of sodium chloride. Its use in meat products is critical to

increase the hydration and emulsification and gelling properties of myofibrillar proteins, and thus parameters related to yield and texture are linked to salt concentration, as mentioned earlier in this review. In addition, the ability to reduce microbial growth and the promotion of desirable sensory characteristics in meat products make sodium chloride an essential ingredient (Desmond, 2006; Inguglia et al., 2017).

The use of sodium chloride in meat products is often related to an attempt to increase the water-holding capacity of meat, defined as the ability of meat and its derived products to bind water (Pearce et al., 2011). This is due to their ability to increase the negative charges of proteins through the strong bond between the protein and the chloride ion, present in sodium chloride. In this way, repulsion occurs between the myofilaments of the protein, resulting in the swelling of the myofibrils, which consequently increases the binding capacity of the protein with water (Hamm, 1986; Ruusunen & Puolanne, 2005).

This is only made possible by the myofibrillar proteins present in the muscle and then in the meat conversion. However, these are poorly solubilized when in weakly ionically bound solutions, requiring high salt concentrations, promoting a solution with higher ionic strength and thus, solubilization of the proteins greater than 50% (Krishnamurthy et al., 1996; Chen et al., 2018). This increase in solubilization contributes and greatly to several factors. Besides the increase in water-holding capacity, already mentioned above, emulsion and gel formation are directly related to the solubilization of myofibrillar proteins. In the case of emulsion, which consists of an interaction between protein and lipids, the solubilization of proteins through salt solution contributes to greater stability of the emulsion, preventing it from breaking and phase separation (Tornberg, 2005; Kim et al., 2010). Gel formation is also favored with the extraction of myofibrillar proteins, and 2.0% to 3.0% sodium chloride is suggested for good solubilization (Xiong & Brekke, 1991).

Besides these properties, sodium chloride has other functions, such as dehydrating agent, changing the osmotic pressure, inhibiting bacterial growth in the product (Shimokomaki et al., 2003). And its sensory property is well known, enhancing flavor through the combination of Na⁺ cation and Cl⁻ anion (Miller & Bartoshuk, 1991; Matulis, McKeith, Sutherland & Brewer, 1995).

Phosphates are additives of great relevance in meat product formulations, especially in emulsified products and restructured hams, due to the high added water contents and the need for cohesive texture and proper slicing. Substitution and/or reduction of commonly applied phosphate contents can result in water retention losses during processing, resulting in a less juicy and harder product (Dykes, 2019). In addition, phosphate reduction can negatively affect texture parameters such as cohesiveness and elasticity, which are directly related to stability throughout slicing of cooked hams (Haddad et al., 2018).

Phosphate can also increase microbiological stability, and its partial or total reduction can decrease shelf life due to the high water content available in the food, which can collaborate in promoting an environment conducive to microbial growth (Powell et al., 2019).

The search for substitute ingredients that have similar technological properties makes this challenge even greater, since the main objective is to reformulate a food to promote healthy appeal while maintaining its desirable characteristics. Some of these ingredients or additives are hydrocolloids, which can improve water retention and reduce cooking losses. However, they may have little effect on myofibrillar proteins, with less gel formation, and lack properties in chelating metal ions, a property also conferred to phosphates, which could increase the oxidative stability of the meat product (Powell et al., 2019).

In the work of Resconi et al. (2016a), the use of rice starch in cooked hams caused changes in food characteristics and negatively affected the appearance. On the other hand, the use of fructooligosaccharides did not promote much change in taste. In contrast, a study by Choe et al. (2018), showed the possibility of substituting phosphates without detriment to the sensory and functional properties of sausages, showing that substitution with ingredients with gelling properties may be a suitable alternative, such as the use of mushroom powder.

Phosphates with low sodium concentrations are also additives that can be challenging to substitute for sodium phosphates. However, potassium salts may not perform the same function as sodium phosphates, which with low ionic strength, may

cause a decrease in the extraction of myofibrillar proteins, which may result in brittle gel formation after heat treatment of cooked meat products. In addition, the use of potassium salts can promote unpleasant flavors in products, which can make their acceptance unfeasible (Gelabert, Gou, Guerrero, & Arnau, 1996; Geleijnse, Kok & Grobbee, 2003). Thus, its use may be limited to levels below those required for effects on the meat matrix during processing.

Despite the difficulties imposed by partial and/or total phosphate reduction, consumers may associate it with negative health effects, highlighting the need to reduce or even exclude it from meat product formulations (Resconi et al. 2016a).

The combination of NaCl and phosphates has a synergistic effect in meat products, such as increasing ionic strength and solubilizing myofibrillar proteins (Petracci et al., 2013). The incorporation of phosphates has been used as a strategy to reduce sodium in meat products.

Although the association of NaCl and phosphate with increased risk of some chronic diseases is a motivation to find new strategies to reduce them, this approach is difficult to achieve due to the technological benefits of phosphates and sodium chloride for meat products. Therefore, the reduction of both sodium chloride and phosphate needs to be studied in an integrated way to ensure the properties related to stability, safety and sensory aspects of meat products.

3. Strategies for simultaneous reduction of sodium and phosphate in meat products

Reducing sodium and phosphates in meat products, in general, is a major challenge due to the variety of functions these components provide, as described above, but necessary if such products are to enable healthier consumer appeal.

Two approaches combined or not are usually employed to reduce phosphate and sodium in meat products: one is the evaluation of substitutes such as potassium salts, dietary fibers, and hydrocolloids to improve CRA and texture-related parameters (Thangavelu et al, 2019); the second is the use of technologies such as ultrasound and

high-pressure treatments to modify protein structures to improve their functional properties such as CRA, emulsifying and gelling ability, allowing to reduce the chloride salt and additive content in meat products (Cihoski et al., 2015; Chemat et al., 2017; Bhat et al., 2019; De La Peña et al., 2019; Da Silva et al., 2020; Pinton et al., 2021).

Pinton et al. (2019) showed that meat emulsions with reduced phosphate content (25 to 100%) subjected to ultrasound (60% amplitude and 25 kHz frequency) in 18 minutes had their functional properties improved. However, the 50% reduction in phosphate content obtained negative responses in sensory analysis, both for samples with and without ultrasound, being characterized as dry and with unpleasant flavors. Zhang et al. (2021) also evaluated the effect of ultrasound treatment on phosphate reduced Frankfurter sausages, according to the authors, the phosphate reduction caused deficits in textural properties, sensory parameters and oxidative stability of the sausages. Ultrasonic treatment reduced cooking loss and improved emulsion stability, texture properties and sensory parameters of phosphate reduced sausages. O'Flynn et al. (2014) showed that high pressure treatment applied at 150 MPa for 5 min was sufficient to suppress the negative effects of 50% reduction in phosphate content in sausages.

Several strategies have been made to replace phosphate in meat products with other ingredients that generally have high CRA and can improve texture parameters in meat products. Some of these are strategies use chia flour (Ding et al., 2018), bamboo fiber (Magalhães et al., 2020), citrus fiber (Powell et al., 2019); inulin and sodium carbonate (Öztürk-Kerimoğlu & Serdaroğlu, 2019), chia mucilage (Câmara et al., 2020), potassium phosphate (Ruusunen et al., 2002) and mushroom (Choe et al., 2018).

Some studies demonstrate the effectiveness of these ingredients in substitution as in the case of Cox & Abu-Ghannam (2013) who with the addition of seaweed (*H. elongata*) in beef burgers at different concentrations (0 to 40%), observed improvement in water binding properties, in addition to reducing losses during cooking, increasing tenderness and improving the sensory properties of the products. Some positive effects on sensory aspects and quality were also observed in the work of Resconi, Keenan, Barahova, et al., (2016a), who made use of rice starch as a substitute for

phosphate in cooked hams. These effects were also observed when other ingredients were used as a substitute for phosphate in meat products (Glorieux, Goemaere, Steen & Fraeye, 2017).

These are often studied for their ability to reduce some of the negative effects caused on product quality when phosphate is reduced partially or completely (Younis & Ahmad, 2015; Resconi, Keenan, Barahona, et al., 2016a; Resconi, Keenan, Barahona, et al., 2016b; Glourieux, Goemaere, Steen & Fraeye, 2017). In addition, ingredients can improve water holding capacity (WAC) and yield when used in meat product processing (Petracci et al., 2013; Souza et al., 2017).

An important limitation for the use of some ingredients as phosphate substitutes in meat products is the impossibility of commercial use in some countries due to the restrictions imposed by legislation on these products. Thus, from the point of view of industrial applicability, it is important to verify which ingredients and additives, as well as their permitted levels, can effectively be part of the composition of the meat product that is the focus of reformulation.

The combination of NaCl and phosphates has a synergistic effect in meat products, such as increasing ionic strength and solubilizing myofibrillar proteins (Petracci et al., 2013).

Although the association of NaCl and phosphate with the increase of some chronic diseases is a motivation to find new strategies to reduce them, this approach is difficult to achieve due to the technological benefits of phosphates and sodium chloride for meat products. Therefore, the reduction of both sodium chloride and phosphate needs to be studied in an integrated way to ensure the properties related to stability, safety and sensory aspects of meat products.

4. Use of hydrocolloids to reduce sodium chloride and phosphate in meat products

Hydrocolloids are high molecular weight polysaccharides that have properties related to stability and other characteristics, such as acting as thickeners and/or gelling

agents in processed foods. These ingredients are soluble in hot or cold water, depending on the particularity of hydrocolloids (Glicksman, 1983; Gomez-Guillén, Borderias & Montero, 1997; Lee, Wu & Okada, 1992; Saha & Bhattacharya, 2010; Yemenicioğlu et al., 2020).

Among the functional properties of hydrocolloids, those of greatest interest in food are viscosity; gel formation; water retention; and ice crystal stabilization (for frozen products). These ingredients can be starches, gums, pectins, fibers, cellulose and its derivatives, chitosan, and collagen (Barcnas & Rosell, 2005; Pahwa, Kaur & Puri, 2016).

Kim et al. (2018) evaluated the effects of restructured hams incorporated with hydrocolloids (alginic acid, konjac and carrageenan) in formulations without phosphate incorporation. According to the authors, hams restructured with hydrocolloids had higher values of apparent moisture and viscosity and lower values of loss on cooking and total separation of liquids and expressible fats than the control treatment ($p < 0.05$).

Following are the characteristics and functional properties of some hydrocolloids that could be suitable substitutes for phosphate in meat products.

4.1. Cellulose derivatives

Cellulose is a linear homopolymer composed of glucose units linked by β -(1-4) glycosidic bonds, characterized by its hydrophilicity and capacity for chemical modification. Cellulose derivatives are used as structuring systems because of their emulsifying ability, water-holding capacity, gelling power, structural diversity, biodegradability, and biocompatibility. The most commonly used cellulose derivatives are carboxymethylcellulose (CMC), hydroxypropylmethylcellulose (HPMC), and methylcellulose (MC) as functional ingredients in low salt/fat products (Camino et al., 2009; He et al., 2021; Zhang et al., 2020). For example, the use of CMC or HPMC has been tested in low-fat meat product formulations such as restructured (burgers, pork sausages) to improve binding, texture, and flavor properties (Colmenero, 1996). Furthermore, the addition of cellulose derivatives such as CMC improves texture

characteristics and compensates for the decreased water retention caused by salt reduction in emulsified meat products (Amini Sarteshnizi et al., 2015).

4.1.1. Carboxymethyl cellulose (CMC)

CMC is a water-soluble anionic linear polymer at room temperature derived from cellulose. It is produced from the reaction of cellulose with chloroacetic acid, replacing the polar carboxyl groups with hydroxyl groups, making the cellulose soluble and chemically more reactive (Fellows, 2018). It has many hydrophilic carboxyl groups and a hydrophobic polysaccharide with amphiphilic characteristics (Maleki & MilaNi, 2013), being composed of two β -di-glucose units and 2 - O - carboxymethyl monosodium salt and β -di-glucofuranose (Alishahi et al., 2017).

This polymer is marketed as a white, colorless and tasteless powder that is non-fermentable under normal conditions. It has the emulsifying ability, as well as the ability to control viscosity in media without the occurrence of gelation. It also has high solubility when added to cold water, modifying the texture of the product where it is applied, also contributing to improve the appearance and reduce the hardness of some products. All these characteristics that contribute to greater stability in foods are mainly due to its high electronegativity, resulting in particle repulsion (Ranjbar et al., 2012).

In meat products, it can aid in protein solubility and stabilize solutions depending on conditions such as pH and ionic strength (Feddersen & Thorp, 1993). Despite the various properties that CMC confers to foods, there are few studies on its application in restructured meat products, and it is mainly evaluated in foods such as sauces, jellies and other desserts for texture improvement, as well as in bakery products (Gibiński et al., 2006).

The inclusion of CMC (0, 0.3, 0.5, 0.7, 1.0, 1.5 and 2%) in sausage formulations was evaluated by Schuh et al. (2013). CMC altered the structure of the meat matrix, sausages containing 1 to 2% CMC showed the lowest water loss values (3.7 to 2.7%, respectively), the authors also found lower firmness with 1 to 2% CMC compared to the control treatment. The authors associate this behavior with the concentration of the

added ingredient, the molecular nature and the structure of the product that can change unexpectedly.

In another study Jommark, Chantaratheothimakul & Ratana-Arporn (2021), evaluated the effect of partial or total replacement of phosphate mix (sodium tripolyphosphate and tetrasodium pyrophosphate) with CMC in low fat emulsions. The authors observed that partial replacement resulted in lower liquid losses from batters, similar to the treatment containing the phosphate mix at its maximum level (0.3%), and also obtained a higher yield with lower fat loss. The treatment with total replacement of the phosphate mix by CMC did not differ from the treatment with 0.3% of the mix, showing its capacity as a substitute for stabilizer in emulsified products. In sensory terms, the treatment with partial replacement was the closest in parameters, being equal to the treatment with 0.3% of mix.

4.1.2. Hydroxypropyl methylcellulose (HPMC)

Another widely studied cellulose derivative is HPMC, which is cellulose ether where the hydrogens and hydroxyl groups of the cellulose have been partially replaced by substituted alkyl or alkyl substituted groups to modify the characteristics of native cellulose (Pekel et al., 2004). It is a polysaccharide that has methyl groups (hydrophobic) and hydroxypropyl groups (hydrophilic), promoting a small surface activity (Akdeniz et al., 2006; Pérez et al., 2007).

HPMC can form gel when heated, but returns to its liquid consistency when cooled, being of great interest in products that go through the frying process, acting as a barrier, preventing water loss and reducing fat retention (Dziezak, 1991). This polysaccharide is soluble in water at low temperatures, but insoluble when hot. When the aqueous solution with HPMC is heated, a gel structure is formed, which occurs over a temperature range of 50 to 90 °C (Lopes da Silva & Rao, 2007; Nussinovitch, 1997; Salvador et al., 2005) suggested that HPMC gelling occurs mainly by hydrophobic interaction between molecules with methoxyl groups.

The use of HPMC (1%) in emulsified products promoted adequate CRA and cooking yield. One explanation is that the CMC surrounded the myofibrillar proteins

and was also attributed to a more concentrated matrix formation rather than successful hydrocolloid integration (Marchetti et al., 2014).

Its use in meat products has also been applied to PSE (pale, exudative and soft) meats, as shown in the study by Booren, Castell-Perez and Miller (2017). In this study it was evidenced that the use of 1% HPMC has the ability to form a gel matrix, trapping protein and water, in addition to demonstrating a potential in stabilizing the texture and palatability properties of the Meat System. In the same study, frankfurters were prepared with PSE meat, where they observed that the use of HPMC contributed to gel production in PSE pork similar in color, pH and texture to pork under normal conditions.

HPMC is also common in the evaluation of oleogels as a fat replacer. According to Oh et al. (2019), oleogel consisting of HPMC demonstrated higher firmness than beef tallow, and its replacement of tallow with oleogel contributed in improving steak attributes with lower cooking losses, with softer texture. Moreover, oleogel did not affect the sensory properties, showing its potential use as a fat substitute.

4.2. Carrageenan

Carrageenan is part of a group of natural polysaccharides obtained from red algae of the class Rhodophyceae, which can be extracted from seaweeds such as *Chondrus*, *Eucherma*, *Gigartina* and *Hpynea* (Falshaw et al., 2005). This polysaccharide has a high molecular weight, formed by repeated units of 1,3 β -D-galactopyranose linkages and 1,4- and 3,6-anhydro- α -D-galactopyranose linkages (Necas & Bartosikova, 2013).

Carrageenan can function as a thickener and gelling agent and can vary according to its type, concentration and processing temperature (Honorato, 2012). In the food industry, besides its properties already mentioned, carrageenan has a stabilizing capacity, being widely used as a binder in restructured products, such as burgers with fat reduction and helping to stabilize emulsions such as sausages (Campo et al., 2009). Specifically, its use is through dispersion in brine before the injection of the pieces or in the drum. The carrageenan is hydrated and the meat proteins are

solubilized through the brine. Upon heat treatment, the carrageenan will remain hydrated and continue to bind to water, but the protein will form a gelled network holding the carrageenan particles together, minimizing purge losses and improving yield along with product moisture (Blakemore & Harpell, 2010; McArdle & Hamill, 2011; Petracci et al., 2013).

Its use as an additive in meat products is directly linked to the production of ham, mortadella, pâtés, among others (Food Ingredients Brazil, 2010). Some studies use carrageenan in low-fat formulations in emulsified products, such as sausages, to promote better texture properties and gel formation (Cao et al., 2021; Marchetti et al., 2014) in beef gels (Pietrasik, 2003).

In addition to its use for technological purposes, carrageenan can be applied with the function of decreasing salt and phosphate contents, and is seen as a versatile and functional ingredient. In the study by Schutte et al. (2021), they simultaneously replaced at decreasing levels (0.70%, 0.53%, 0.35%, 0.18% and 0%) sodium tripolyphosphate (STPP) with increasing levels (0%, 0.1%, 0.2%, 0.3% and 0.4%) of iota type carrageenan (CR-iota) in ostrich ham. The authors report an increase in the cooking index, this increase in yield was associated with a decrease in STPP levels and simultaneously with CR-iota, this is explained by the gelling properties and higher water holding capacity. In addition, the treatments with maximum and minimum values of STPP and CR-iota showed significant differences for hardness, with higher values in the 0.0%STPP and 0.4%CR-iota treatments, due to the cohesive and firm gel-like structure formed during cooling. The treatment with the highest sensory acceptability was the one with intermediate values, thus concluding that the reduction of STPP to an acceptable level is 0.35%.

Furthermore, in another study, different levels of kappa-carrageenan were combined with other hydrocolloids in sausage formulations with reduced sodium content, the results obtained in the experimental conditions the k-carrageenan treatments combined with locust bean gum were more effective in retaining the added water, as improved textural properties (hardness and cohesion) and a slight impact on product color, attributed to treatments with higher cooking yield correlated with lower water release and darker, reddish color (García-García & Totosaus, 2008). However,

the use of carrageenan is one of the most used alternatives to obtain a firm product that is easier to slice, besides increasing the yield of the products and keeping them stable during storage.

Its use has also been evaluated in jerked beef. According to García et al. (2013), the inclusion of carrageenan promoted an increase in yield, besides improving product texture, without compromising microbiological stability and sensory acceptance.

4.3. Guar gum

Guar gum is a natural anionic plant guar polysaccharide obtained from the seeds of the water-soluble plant *Cyamopsis tetragonoloba* (L) (Prabaharan, 2011). It consists of linear chains with (1 4)- β - D - mannopyranosyl units with branched ends of α - D - galactopyranosyl units joined by linkages (1 6) (Thombare, Jha, Mishra, Siddiqui, 2016). This gum has one of the highest molecular weights of all water-soluble polysaccharides occurring in nature (Mudgil, Barak & Khatkar, 2014; Sharma et al., 2018; Thombare, Jha, Mishra, Siddiqui, 2016).

Guar gum is stable at high temperatures and forms dispersions with high viscosity and has been widely used as a stabilizing agent in various industrial applications (Kulicke et al., 1996). Its use in formulations at the level of 1g/100g contributes to the gelling and firmness of food products. In addition to these functional properties, guar gum is considered a great substitute in the development of fat-reduced products because it can promote a creamy mouthfeel, mimicking the characteristic properties of fats applied in meat products (Pearson, 1997).

Park et al. (2008) evaluated the use of guar gum (0.5 and 1.0%) to replace phosphate in pork sausages. Guar gum showed similar effect on water holding capacity and better performance with respect to cooking loss when compared to the control (0.5% phosphate). However, guar gum caused decrease in textural parameters, sensory acceptability and increase in oxidation, expressed as TBA value, compared to the control, which demonstrates the importance of phosphate to decrease lipid oxidation.

Demirci et al. (2014) evaluated the incorporation of guar gum (0.5, 1.0 and 1.5%) to improve the properties of meatballs. Guar gum improved water retention expressed as increased moisture content and decreased cooking loss for all concentrations evaluated. Hardness also increased for samples with 1.0 and 1.5% guar gum. Despite the sensory analysis, the meatballs with guar gum had good acceptance in the evaluated attributes, with the exception of flavor, which had lower scores than the control treatment.

Thus, as in previous work, the use of guar gum has resulted in benefits in other types of products, such as mutton gushtaba, a traditional dish from India. According to Rather et al. (2015), replacing the animal's own fat with guar gum levels ranging from 0.5% to 1.5% promoted in increased water retention in the product, in addition to reducing TBARS when the treatments were reduced in fat. In addition, there was a similar overall acceptance of the product with the addition of 0.5% guar gum compared to the high-fat control treatment.

4.4. Xanthan gum

The xanthan gum is widespread in the food industry, is an anionic polysaccharide obtained from the microorganism *Xanthomonas campestris*. Like other hydrocolloids, xanthan gum has been used in various food products for its ability to form gels and provide food stability (Saha & Bhattacharya, 2010; Xu et al., 2013). It improves sensory qualities, such as flavor release in the final product (Sikora et al., 2008).

Demirci et al. (2014) evaluated the effects of xanthan gum in meatballs. Xanthan gum reduced cooking loss and improved the firmness of the samples. The lowest concentration applied (0.5%) was effective in reducing cooking loss with no differences in texture and most sensory attributes compared to the control. Whiting (1984) showed that xanthan gum incorporated into salt-reduced meat emulsion improved cooking yield and gave the meat emulsion gel strength similar to the salt-reduced control.

Foegeding & Ramsey (1987) demonstrated that xanthan gum has a good ability to retain water in the meat emulsion, but impacts the gelling of proteins, which causes

lower values for texture and rheological parameters. Xanthan gum is a non-gelling hydrocolloid and therefore could not contribute to the solid texture of meat products after cooking, however, it forms high viscosity pseudoplastic solutions that are not affected by changes in temperature, pH or salt concentration (BeMiller, 2008). These attributes make xanthan gum an important hydrocolloid to evaluate in meat products.

The use of xanthan gum has been evaluated in low-sodium salted beef. Zhao et al. (2021) observed changes in salt absorption, losses during cooking, shear stress, color, and sensory analysis, evidencing the positive effect in low-salt meats, ranging from 2.0% to 2.8% salt added, and can be considered as a salt substitute, increasing the solubility of myofibrillar proteins in meat.

Another study, conducted by Kilincceker & Yilmaz (2016), observed improved effects on yield and diameter reduction in fried beef steaks.

Its use was also analyzed in meat analogues used in meatless sausages. However, its use showed significant effects on parameters such as water holding capacity, texture, and reduced cooking loss. In addition, its acceptance did not have significant improvement when compared to other ingredients, such as konjac and k-carrageenan (Majzoobi et al., 2017).

4.5. Chitosan

Chitosan is a polysaccharide derived from chitin, which is a linear polymer. It is easily found in exoskeletons of crustaceans and insects and can also be obtained through the use of fungi (Abdou et al., 2008; Elsabee & Abdou, 2013; João et al., 2017; Sakthivel & Dhakshinamoorthy, 2017). Due to its chemical structure, chitosan can be used in the production of nanoparticles, biodegradable films, and hydrogels (Ravi Kumar, 2000; Yuan et al., 2016). Similarly, chitosan is used as an emulsifier to produce stable water-in-oil emulsions, this biopolymer allows the formation of two types of oil-in-water and water within oil droplet type emulsions depending on the different degrees of deacetylation (Rodríguez, Albertengo & Agulló, 2002).

In the food industry, chitosan aids in food preservation with applications for shelf life extension, it also has film forming property for use as edible films or coatings, and is a potential microbial growth inhibitor (Hudson & Jenkins, 2001; No et al., 2007). This property is possible because chitosan has positive charges that interact with the anionic charges of the cell membrane of microorganisms, slowing their multiplication, thus increasing the shelf life of foods (Dutta et al., 2009).

In the study by Damian et al. (2005), the physicochemical and texture characteristics of sausages prepared with different levels of chitosan: 0.1%, 0.25% and 0.50% were evaluated. They observed that the chitosan contents did not differ from the control formulation or even from each other. However, there was a significant difference between the sample with 0.1% to the others in the parameters of firmness, gumminess and chewiness. On the other hand, in Ganilho's (2016) study, samples with chitosan addition (1.5g/kg) were evaluated. The mortadella formulated with chitosan obtained lower moisture content than the control formulation, but its pH was the highest, which may be conducive to the growth of microorganisms. Finally, the mortadella with chitosan presented higher cohesiveness than the other formulations.

Similarly, a study by Han et al. (2018) evaluated the physicochemical effects on meat emulsions with the inclusion of chitosan (2%). The authors reported that chitosan significantly reduced cooking loss, furthermore, it contributed to increased hardness in meat models as it can act as a binder, thus favoring the formation of a stronger network.

Another study focused on determining the effects of pH and chitosan levels on the physical characteristics of a meat model system, in this regard, they reported that chitosan increased emulsion stability at increasing pH values up to values of 5.87. Similarly, there was an increase in yield with increasing pH values, related at the same time with increasing chitosan levels, being higher in the acidic pH range (Kurt, 2010).

Its use has also been evaluated in fermented sausages, with the aim of inhibiting mold growth, where a noticeable reduction of mold on sausages and the wrap was observed at the end of maturation. Moreover, the microbiota of the sausage was not affected and the lipid oxidation rate was also reduced (Arslan & Soyer, 2018).

In addition to contributing to microbiological aspects, the use of chitosan is also performed with the aim of replacing sodium nitrite, a preservative widely used in meat products. Ozaki et al. (2020) observed increased water activity and reduced weight loss during the process, with no change in pH during maturation. Nevertheless, the sensory parameters were affected, with lower acceptance.

4.6. Starch

Starch is a storage carbohydrate in plants and also the major source of carbohydrates in human food. Starch consists of two types of molecules: amylose (linear polymer of α -D-glucose units linked by α -1,4 glycosidic bonds) and amylopectin (branched polymer of α -D-glucose units linked by α -1,4 and α -1,6 glycosidic bonds) (Singh et al., 2010).

Several types of starch are available for use in meat products from various plant sources; grains (wheat, corn), tubers (potato), roots (tapioca) and traditional use may have been based on geographical conditions rather than actual evaluation of the suitability of each type (Skrede, 1989). An important characteristic that distinguishes starches from other carbohydrates is their granule form, which is insoluble in cold water and can be dispersed and easily mixed and pumped. Their thickening ability is a result of cooking of the granule suspension (Fennema, 2010).

Starches are polysaccharides that offer a number of advantages in meat products as they act as thickeners, texture agents, stabilizers, and water binders (Nabeshima, 1998; Petracci, 2013). Tapioca, corn and potato starches are the most common starches used in the meat industry. Potato starch has low gelatinization temperature (60-65 °C), high water binding capacity and high viscosity; Cassava starch is commonly used to impart glossy, smooth texture and neutral flavor, and has high water holding capacity and does not require high temperatures to gelatinize (Labell, 2004).

The main limitation of natural starch is the retrogradation reaction caused by the interaction of amylose chains throughout storage, leaving less space that pushes water molecules out of the gel matrix (Joly & Anderstein, 2009). Retrogradation of starch can

be a limitation for cooked meat products during storage, especially those that are vacuum packed or sliced.

The use of modified starch or natural starch with low amylose content could overcome this limitation in meat products. However, modified starches are considered food additives that make them unfavorable for clean label products (Petracci et al., 2013). For restructured ham starch to be used up to 2%, this limitation is necessary because starch makes manufacturing cheaper and reduces the amount of meat raw material used in the formulation (Pardi et al., 1995).

Resconi et al. (2016a) showed that rice and potato starches improve the yield of restructured ham, a 50% reduction in phosphate content without an increase in cooking loss was possible when starch was added to the restructured ham formulation. However, the sensory scores were lower than the formulation without phosphate reduction.

4.7. Collagen fiber

Collagen makes up about a quarter of total animal protein, and is the main fibrous element of skin, bones, tendons, and cartilage. It is found in almost all organs and contributes to the overall structure of tissues (Senadheera, Dave & Shahidi, 2020). Collagenous connective tissue components can influence the nutritional quality of meat if used at above optimal levels (Bailey & Light, 1989).

Collagen fibers are the most common in connective tissue, after being heated with water for a long period, they form gelatin. They have good flexibility and strong mechanical properties (Bailey & Light, 1989). Collagen fiber is obtained from native collagen, which is extracted from the inner layers of the bovine hide. This fiber undergoes a chemical process (alkaline treatment with calcium hydroxide) followed by degreasing and drying at low temperatures (Prestes et al., 2013). According to Shimokomaki (1992), collagen can be applied in a variety of food applications due to its properties as an extender, water binding, emulsifier, texture enhancer, and nutritional value.

In the work of Schilling et al. (2003), the viability of porcine collagen in cured hams made with different levels of pale, tender and exudative pork (0, 50 and 100%). The use of porcine collagen in cured hams made with PSE meat increased water holding capacity and showed potential to improve the functionality characteristics of the protein. This study agrees with the study of Sadowska, Sikorski & Dobosz (1980), where they concluded that collagen can improve water binding through the interaction between collagen and myofibrillar proteins in meat. Similarly, Choe & Kim (2019) concluded that collagen can improve water binding, tenderness, and oxidative stability in marinated pork loin ham, however, these properties varied according to the type of collagen used.

The use of collagen fiber was evaluated in the work of Pereira et al. (2011), where sausages made with mechanically separated chicken meat were evaluated. There was an increase in collagen content, and when up to 1.0% was added, there was no effect on the final acceptance of the sausages.

5. Final considerations

Many strategies have been proposed for the reduction of sodium chloride and phosphates in meat products. However, the poor effectiveness in promoting high hydration of myofibrillar proteins, which are primarily responsible for the technological and sensory properties of meat products, is the most significant limitation for use of these substitutes. In addition, the importance of sodium chloride to reduce A_w and phosphate in water binding may compromise the shelf life of meat products, and finally, the unsavory or unusual taste promoted by some substitutes is the main limitation for sensory acceptance. And even if some strategies are successful from a technological point of view, sensory acceptance is a gap to employ them by industries. Nevertheless, considering the technological properties inherent in ingredients with hydrocolloid characteristics, these can potentially serve as one of the strategies for diminishing sodium and phosphate levels in meat products, contingent upon comprehensive research and analysis.

6. References

Abdou, E. S., Nagy, K. S. A., & Elsabee, M. Z. (2008). **Extraction and characterization of chitin and chitosan from local sources**. *Bioresource Technology*, 99(5), 1359–1367.

Aburto, N. J., Ziolkovska, A., Hooper, L., Elliott, P., Cappuccio, F. P., Meerpohl, J. J. **Effect of lower sodium intake on health: Systematic review and meta-analyses**. *British Medical Journal*. 2013;346: f1326. DOI: 10.1136/bmj.f1326.

Akdeniz, N., Sahin, S., Sumnu, G. (2006). **Functionality of batters containing different gums for deep-fat frying of carrot slices**. *Journal of Food Engineering*, 75(4), 522–526.

Alishahi, A. R., OJAGH, S. M., Shabanpour, B., & Izadi, S. (2017). **The use of chitosan and carboxy methyl cellulose to crispness enhancement of microwave-reheated fish nugget**.

Amini Sarteshnizi, R., Hosseini, H., Mousavi Khaneghah, A., & Karimi, N. **A review on application of hydrocolloids in meat and poultry products**. *International Food Research Journal*, 22(3), 2015.

Antman, E. M., Appel, L. J., Balentine, D., et al. **Stakeholder discussion to reduce population-wide sodium intake and decrease sodium in the food supply: a conference report from the American Heart Association sodium conference 2013 planning group**.

Arslan, Soyer. **Effects of chitosan as a surface fungus inhibitor on microbiological, physicochemical, oxidative and sensory characteristics of dry fermented sausages**. *Meat Science*. v. 145. 2018. p. 107-113.

Bailey, A. J.; Light, N. D. **The connective tissue of meat and meat products**. London: Elsevier, 1989. 356 p.

Barcenas, M. E., Rosell, C. M. **Effect of HPMC addition on the microstructure, quality and aging of wheat bread.** Food Hydrocolloid, 19 (2005), pp. 1037-1043.

Beck, P. H. B., Matiucci, M. A., Monge Neto, A. A., Feihmann, A. C. **Sodium chloride reduction in fresh sausages using salt encapsulated in carnauba wax.** Meat Science, v. 175, 2021.

BeMiller, J. N. (2008). **Hydrocolloids In Gluten-Free Cereal Products and Beverages** (pp. 203–215). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-012373739-7.50011-3>.

Benini, O., D'Alessandro, C., Gianfaldoni, D., Cupisti, A. **Extra-phosphate load from food additives in commonly eaten foods: a real and insidious danger for renal patients.** Journal of Renal Nutrition, v. 21, 2011.

Bhat, J.D. Morton, S.L. Mason, A.E.D.A. Bekhit. **Current and future prospects for the use of pulsed electric field in the meat industry.** Crit Rev Food Sci Nutr, 59 (2019), pp. 1660-1674.

Blakemore, W. R., & Harpell, A. R. (2010). **Carrageenan.** In A. Imeson (Ed.), Food stabilisers, thickeners and gelling agents (pp. 73–94). Wiley-Blackwell, Oxford, UK. <https://doi.org/10.1002/9781444314724.ch5>

Block, G. A., Klassen, P. S., Lazarus, J. M., Ofsthun, N., Lowrie, E. G., Chertow G. M. **Mineral metabolism, mortality, and morbidity in maintenance hemodialysis.** J Am Soc Nephrol 2004;15(8):2208-18.

Boada, L.A. Henríquez-Hernández, O.P. Luzardo. **The impact of red and processed meat consumption on cancer and other health outcomes: Epidemiological evidence.** Food and Chemical Toxicology, 92, 2016.

Bockman, R. S., Lane, J. M., Everett, S. **Bone consequences of high dietary phosphate.** Clinical Imaging, v. 34, p. 411-412, 2010.

Bombrum, L., Gatellier, P., Garlier, M., Kondjoyan, A. **The effects of low salt concentrations on the mechanism of adhesion between two pieces of pork semimembranosus muscle following tumbling and cooking.** *Meat Sci.*, 96, p. 5-13, 2014.

Booren, B. L., Castell-Perez, M. E., Miller, R. K. **Effect of meat enhancement solutions with hydroxypropyl methylcellulose and konjac flour on texture and quality attributes of pale, soft, and exudative pork.** *J Texture Stud.* 2017; 48:403–14.

Botez, O.V. Nistor, D.G. Andronoiu, G.D. Mocanu, I.O. Ghinea. **Meat product reformulation: Nutritional benefits and effects on human health.** *Functional Food - Improve Health through Adequate Food* (2017).

Brasil. **Resolução da diretoria colegiada – RDC nº 272, de 14 de março de 2019.** Diário Oficial da União de 18 de março de 2019.

Calvo, M. S., Park, Y. K. **Changing phosphorus content of the US diet: potential for adverse effects on bone.** *J Nutr.* 1996; 126 (suppl): 1168S – 80S.

Câmara, A. K. F. I., Vidal, V. A. S., Santos, M., Bernardinelli, O. D., Sabadini, E., & Pollonio, M. A. R. (2020). **Reducing phosphate in emulsified meat products by adding chia (*Salvia hispanica* L.) mucilage in powder or gel format: A clean label technological strategy.** *Meat Science*, 163, 108085. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108085>

Camino, N. A., Pérez, O. E., Sanchez, C. C., Rodriguez Patino, J. M., & Pilosof, A. M. R. (2009). **Hydroxypropylmethylcellulose surface activity at equilibrium and adsorption dynamics at the air–water and oil–water interfaces.** *Food Hydrocolloids*, 23(8), 2359–2368. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2009.06.013>

Campo, V. L., Kawano, D. F., Silva, D. B. da, & Carvalho, I. (2009). **Carrageenans: Biological properties, chemical modifications and structural analysis – A review.**

Carbohydrate Polymers, 77(2), 167–180.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2009.01.020>

Cao, C., Feng, Y., Kong, B., Xia, X., Liu, M., Chen, J., Zhang, F., & Liu, Q. (2021). **Textural and gel properties of frankfurters as influenced by various κ -carrageenan incorporation methods.** *Meat Science*, 176, 108483. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2021.108483>.

Carraro, C. I., Machado, R., Espindola, V. et al. **The effect of sodium reduction and the use of herbs and spices on the quality and safety of bologna sausage.** *Food Science Technology*, 2012.

Cavalheiro, C. P., Silva, M. C. A., Ruiz-Capillas, C., Herrero, A. M. **Chapter 17 - seed wastes and byproducts: reformulation of meat products.** *Valorization of Agri-Food Wastes and By-Products*, Academic Press, 2021.

Chemat, N. Rombaut, A. Meullemiestre, M. Turk, S. Perino, A.S. Fabiano-Tixier, M. Abert-Vian. **Review of green food processing techniques.** *Preservation, transformation, and extraction. Innov Food Sci Emerg Technol*, 41 (2017), pp. 357-377.

Chen, X., Tume, R. K., Xu, X., Zhou, G. **Solubilization of myofibrillar proteins in water or low ionic strength media: Classical techniques, basic principles, and novel functionalities.** *Crit Rev Food Sci Nutr*. 2017 Oct 13;57(15):3260-3280. doi: 10.1080/10408398.2015.1110111. PMID: 26647280.

Chobanian, G. L. Bakris, H.R. Black, W.C. Cushman, L.A. Green, J.L. Izzo Jr., D.W. Jones, B.J. Materson, S. Oparil, J.T. Wright Jr., E.J. Roccella. **The seventh report of the joint National Committee on Prevention, Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure: the JNC 7 report.** *JAMA*, 289 (19) (2003), pp. 2560-2572.

Choe, Jeehwan, Lee, J., Jo, K., Jo, C., Song, M., & Jung, S. (2018). **Application of winter mushroom powder as an alternative to phosphates in emulsion-type**

sausages. Meat Science, 143, 114–118.
<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.04.038>

Choe, Juhui, & Kim, H. Y. (2019). **Comparison of three commercial collagen mixtures: Quality characteristics of marinated pork loin ham.** Food Science of Animal Resources, 39(2), 345–353. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2019.e31>

Cichoski, C. Rampelotto, M.S. Silva, H.C. De Moura, N.N. Terra, R. Wagner, C.R. De Menezes, E.M.M. Flores, J.S. Barin. **Ultrasound-assisted post-packaging pasteurization of sausages.** Innov Food Sci Emerg Technol, 30 (2015), pp. 132-137.

Cogswell, M. E., Mugavero, K., Bowman, B. A., & Frieden, T. R. (2016). **Dietary Sodium and Cardiovascular Disease Risk — Measurement Matters.** New England Journal of Medicine, 375(6), 580–586. <https://doi.org/10.1056/nejmsb1607161>

Cohen, H. W., Hailpern, S. M., Fang, J., et al. **Sodium intake and mortality in the NHANES II follow-up study.** The American Journal of Medicine, 2006.

Colmenero, F. J. (1996). **Technologies for developing low-fat meat products.** Trends in Food Science & Technology, 7(2), 41–48.

Conley, M., Lioufas, N., Toussaint, N. D., Elder, G. J., Badve, S. V., Hawley, C. M., Pascoe, E. M., Pedagogos, E., Valks, A., & Campbell, K. L. (2020). **Dietary Phosphate Consumption in Australians With Stages 3b and 4 Chronic Kidney Disease.** Journal of Renal Nutrition, 1–9. <https://doi.org/10.1053/j.jrn.2020.02.007>.

Cook, Cutler, Obarzanek, et al. **Long term effects of dietary sodium reduction on cardiovascular disease outcomes: observational follow-up of the trials of hypertension prevention (TOHP).** BMJ, 334 (7599) (2007), pp. 885-888.

Cook, N. R., Appel, L. J., Whelton, P. K. **Sodium intake and all-cause mortality over 20 years in the trials of hypertension prevention.** *J Am Coll Cardiol.* 2016;68(15):1609-1617. doi:10.1016/j.jacc.2016.07.745.

Cook, N. R., He, F. J., MacGregor, G. A., Graudal, N. **Sodium and health-concordance and controversy** [published correction appears in BMJ. 2020 Jun 29;369:m2608. He, J [corrected to He, Feng J]]. BMJ. 2020;369:m2440. Published 2020 Jun 26. doi:10.1136/bmj.m2440.

Cox, S., & Abu-Ghannam, N. (2013). **Enhancement of the physicochemical and fibre content of beef patties with Himanthalia elongata seaweed**. *International Journal of Food Science and Technology*, 48(11), 2239–2249.

Damian, C. B., Francisco, L. H. de, Teixeira, E., & Espírito Santo, M. L. P. (2005). **Avaliação Físico-química e da Textura (Instrumental e Sensorial) de Salsichas Elaboradas com Diferentes Níveis de Quitosana-Poli-(α -1'14) N-Acetil-D-Glucosamina**.

De la Peña, J. Welti-Chanes, O. Martín-Belloso. **Novel Technologies to improve food safety and quality**. *Curr Opin Food Sci*, 30 (2019), pp. 1-7.

Demirci, Z. O., Yilmaz, I., & Demirci, A. Ş. (2014). **Effects of xanthan, guar, carrageenan and locust bean gum addition on physical, chemical and sensory properties of meatballs**. *Journal of Food Science and Technology*, 51(5), 936–942. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0588-5>

Desmond, E. (2006). **Reducing salt: A challenge for the meat industry**. *Meat Science*, 74(1), 188–196. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2006.04.014>

Dhingra, R., Sullivan, L. M., Fox, C. S., et al. **Relations of serum phosphorus and calcium levels to the incidence of cardiovascular disease in the community**. *Arch Intern Med*. 2007;167(9):879–885. doi:10.1001/archinte.167.9.879.

Ding, Y., Lin, H. W., Lin, Y. L., Yang, D. J., Yu, Y. S., Chen, J. W., Wang, S. Y., & Chen, Y. C. (2018). **Nutritional composition in the chia seed and its processing properties on restructured ham-like products**. *Journal of Food and Drug Analysis*, 26(1), 124–134. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2016.12.012>

Domínguez, R., Pateiro, M., Purriños, L., Munekata, P. E. S., Lorenzo, J. M. **Necessary considerations for sensory evaluation of meat products: Quality indicators of meat products.** Sensory Analysis for the Development of Meat Products, Woodhead Publishing, 2022.

Domínguez, R., Munekata, P. E., Pateiro, M., López-Fernández, O., Lorenzo, J. M. **Immobilization of oils using hydrogels as strategy to replace animal fats and improve the healthiness of meat products.** Curr. Opin. Food Sci., 37 (2021b), p. 135-144.

Dutta, P. K., Tripathi, S., Mehrotra, G. K., & Dutta, J. (2009). **Perspectives for chitosan based antimicrobial films in food applications.** Food Chemistry, 114(4), 1173–1182.

Dykes, G. A., Coorey, R., Ravensdale, J. T., Sarjit, A. **Phosphates.** L. Melton, F. Shahidi, P. Varelis (Eds.), Encyclopedia of food chemistry, Academic Press, Oxford (2019), pp. 218-224.

Dziezak, J. D. (1991). **A focus on gums.** Food Technology (Chicago), 45(3), 116–132.

EFSA. **Opinion of the scientific panel on dietetic products, nutrition and allergies on a request from the commission related to the tolerable upper intake level of sodium.** EFSA Journal. 2005;209:1-26. DOI: 10.2903/j.efsa.2005.209.

Elias, M.; Laranjo, M.; Agulheiro-Santos, A. C.; Potes, M. E. **The role of salt on food and human health.** Salt in the Earth, 2019.

Elsabee, M. Z., & Abdou, E. S. (2013). **Chitosan based edible films and coatings: A review.** Materials Science and Engineering: C, 33(4), 1819–1841. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.msec.2013.01.010>

Falshaw, R., Furneaux, R. H., & Stevenson, D. E. (2005). **Structural analysis of carrageenans from the red alga, Callophyllis hombroniana Mont. Kütz (Kallymeniaceae, Rhodophyta).** Carbohydrate Research, 340(6), 1149–1158. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.carres.2005.01.019>

FDA. **Sodium reduction**. U. S. Food & Drug Administration. Disponível em: <fda.gov/food/food-additives-petitions/sodium-reduction>. Acesso em: 05 mai. 2022.

Feddersen, R. L., & Thorp, S. N. (1993). **Chapter 20 - sodium carboxymethylcellulose** (R. O. Y. L. WHISTLER & J. N. B. T.-I. G. (Third E. BEMILLER (eds.); pp. 537–578). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-092654-4.50024-3>

Fellows, P. J. (2018). **Tecnologia do Processamento de Alimentos-: Princípios e Prática**. Artmed Editora.

Fennema, O. R.; Damodaran, S.; Parkin, K. L. **Química de Alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

Fernández-Ginés, Fernández-López, Sayas-Barberá, Pérez-Alvarez. **Meat products as functional foods: A review**. Concise Reviews/ Hypotheses in Food Science, 70 (2) (2005), pp. 37-43.

Ferreira. V. C. S., Martins, T. D. D., Batista, E. S. et al. **Physicochemical and microbiological parameters of dried salted pork meat with different sodium chloride levels**. Food Science Technology, 2013.

Foegeding, E. A., & Ramsey, S. R. (1987). **Rheological and Water-Holding Properties of Gelled Meat Batters Containing Iota Carrageenan, Kappa Carrageenan or Xanthan gum**. Journal of Food Science, 52(3), 549–553. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1987.tb06672.x>

Food Ingredients Brasil. **Estabilizantes**. 2010. Disponível em: <https://revistafi.com.br/upload_arquivos/201606/2016060273336001465322117.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2020.

Frohlich E.D. **Hemodynamic differences between black patients and white patients with essential hypertension**. State of the art lecture. *Hypertension*. 1990;15:675–680.

Ganesh, S. K., Stack, A. G., Levin, N. W., Hulbert-Shearon, T., Port, F. K. **Association of elevated serum PO(4), Ca × PO(4) product, and parathyroid hormone with cardiac mortality risk in chronic hemodialysis patients.** J Am Soc Nephrol 2001;12(10):2131-213

Ganilho, D. F. M. da S. (2016). **Otimização da qualidade da mortadela com adição de quitosana.**

García, C. E. R.; Yamashita, F.; Youssef, E. V.; Prudencio, S. H.; Shimokomaki, M. **Effect of carrageenan addition on the yield and functional properties of charque (jerked beef).** Food/Feed Science and Technology, 2013.

García-García, E., & Totosaus, A. (2008). **Low-fat sodium-reduced sausages: Effect of the interaction between locust bean gum, potato starch and κ-carrageenan by a mixture design approach.** Meat Science, 78(4), 406–413. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.07.003>

Geleijnse, J. M., Kok, F. J., Grobbee, D. E. (2003). **Blood pressure response to changes in sodium and potassium intake: a metaregression analysis of randomised trials.** J Hum Hypertens 17(7):471–480.

Gibiński, M., Kowalski, S., Sady, M., Krawontka, J., Tomasik, P., & Sikora, M. (2006). **Thickening of sweet and sour sauces with various polysaccharide combinations.** Journal of Food Engineering, 75(3), 407–414. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.04.054>

Glicksman, M. **Food hidrocoloyds.** v. 11, Boca Raton, Florida, 1983. 246p.

Glorieux, S.; Goemaere, O.; Steen, L.; Fraeye, I. **Phosphate Reduction in Emulsified Meat Products: Impact of Phosphate Type and Dosage on Quality Characteristics.** Food Technol. Biotechnol. 2017, 55, 390–397

Gomez-Guillén, C.; Borderias, A. J.; Montero, P. (1997). **Thermal gelation properties of two different composition sardine (*Sardina pilchardus*) muscles with addition of non-muscle and hydrocolloids.** Food Chemistry, 58, 81-87.

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*. 1996;42:37-48. DOI: 10.1016/0309-1740(95)00017-8.

Graudal, N., Jürgens, G., Baslund, B., Alderman, M. H. **Compared with usual sodium intake, low- and excessive-sodium diets are associated with increased mortality: a meta-analysis.** *American Journal of Hypertension*, v. 27, Issue 9, September 2014, Pages 1129–1137.

Grillo, A., Salvi, L., Coruzzi, P., Salvi, P., & Parati, G. (2019). **Sodium Intake and Hypertension.** *Nutrients*, 11(9), 1970.

Gutiérrez, J. B. **Jamón curado: aspectos científicos y tecnológicos - perspectivas desde la Unión Europea.** España: Díaz de Santos, 2008.

Gutiérrez, O. M. **Sodium- and Phosphorus-Based Food Additives: Persistent but Surmountable Hurdles in the Management of Nutrition in Chronic Kidney Disease.** *Advances in Chronic Kidney Disease*, v. 20, Issue 2, 2013.

Kim, H.Y., Lee, E. S., Jeong, J. Y., Choi, J. H., Choi, Y. S., Han, D. J., Lee, M. A., Kim, S. Y., Kim, C. J. **Effect of bamboo salt on the physicochemical properties of meat emulsion systems.** *Meat Sci.* 2010 Dec;86(4):960-5. doi: 10.1016/j.meatsci.2010.08.001. Epub 2010 Aug 18. PMID: 20826069.

Haddad, G. D. B. S., Moura, A. P. R., Fontes, P. R., Cunha, S. D. F. V., Ramos, A. D. L. S., Ramos, E. M. **The effects of sodium chloride and PSE meat on restructured cured-smoked pork loin quality: A response surface methodology study.** *Meat Science*, 137 (1) (2018), pp. 191-200.

Hamm, R., 1986. **Functional properties of the myofibrillar system and their measurements.** In: Bechtel, P.J. (Ed.), *Muscle as Food*. Academic Press, New York.

Han, M., Clausen, M. P., Christensen, M., Vossen, E., Van Hecke, T., & Bertram, H. C. (2018). **Enhancing the health potential of processed meat: the effect of chitosan or carboxymethyl cellulose enrichment on inherent microstructure,**

water mobility and oxidation in a meat-based food matrix. Food & Function, 9(7), 4017–4027.

He, G.A. MacGregor. **Reducing population salt intake worldwide: from evidence to implementation.** Prog. Cardiovasc. Dis., 52 (2010), pp. 363-382.

He, X., Lu, W., Sun, C., Khalesi, H., Mata, A., Andaleeb, R., & Fang, Y. (2021). **Cellulose and cellulose derivatives: Different colloidal states and food-related applications.** Carbohydrate Polymers, 255, 117334. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.117334>

Heck, R. T., Lorenzo, J. M., Dos Santos, B. A., Cichoski, A. J., Menezes, C. R., Campagnol, P. C. B. **Microencapsulation of healthier oils: an efficient strategy to improve the lipid profile of meat products.** Current Opinion in Food Science, v. 40, 2021.

Honorato, D. C. B. (2012). **Efeito da adição de hidrocolóides nas propriedades funcionais e avaliação de nuggets e marinados preparados com carnes PSE (pale, soft, exudative) de frango.** <http://www.bibliotecadigital.uel.br/document/?code=vtls000176101>

Hudson, S. M., & Jenkins, D. W. (2001). **Chitin and Chitosan.** In Encyclopedia of Polymer Science and Technology. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/0471440264>.

Hutton T. **Sodium technological functions of salt in the manufacturing of food and drink products.** British Food Journal. 2002;104:126-152. DOI: 10.1108/00070700210423635

Huttunen MM, Tillman I, Viljakainen HT, Tuukkanen J, Peng Z, Pekkinen M, Lamberg-Allardt CJ. **High dietary phosphate intake reduces bone strength in the growing rat skeleton.** J Bone Miner Res. 2007 Jan; 22(1):83-92.

Inguglia, E. S.; Zhang, Z.; Tiwari, B. K.; Kerry, J. P.; Burgess, C. M. **Salt Reduction Strategies in Processed Meat Products – A Review.** Trends Food Sci. Technol. 2017, 59, 70–78.

International Agency for Research on Cancer (2015). **IARC Monographs evaluate consumption of red meat and processed meat.** Available at www.iarc.fr/en/mediacentre/pr/2015/pdfs/pr240_E.pdf.

Jiménez-Colmenero, F., Carballo, J., & Cofrades, S. (2001). **Healthier meat and meat products: their role as functional foods.** *Meat Science*, 59, 5–13.

João, C. F. C., Echeverria, C., Velhinho, A., Silva, J. C., Godinho, M. H., & Borges, J. P. (2017). **Bio-inspired production of chitosan/chitin films from liquid crystalline suspensions.** *Carbohydrate Polymers*, 155, 372–381. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.carbC:\Users\magal\Downloads\202101945-CCQA-ITAL.pdfpol.2016.08.039>

Joly, G., & Anderstein, B. (2009). **Starches.** In *Ingredients in Meat Products: Properties, Functionality and Applications* (pp. 25–55). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-0-387-71327-4_2

Jommark, N., Chantarathemmakul, S., Ratana-arporn, P. **Effect of phosphates substitution with carboxymethyl cellulose and konjac glucomannan on quality characteristics of low-fat emulsion sausage.** *Journal of Food Processing and Preservation.* Institute of Food Science + Technology, 2021.

Kendrick, J., Kestenbaum, B., & Chonchol, M. (2011). **Phosphate and cardiovascular disease.** *Advances in chronic kidney disease*, 18(2), 113–119. <https://doi.org/10.1053/j.ackd.2010.12.003>.

Kilincceker, O.; Yilmaz, M. T. **Effects of different gums on some properties of fried beef patties.** *Carpathian Journal of Food Science and Technology*, 2016.

Kim, H. Y., Lee, E. S., Jeong, J. Y., Choi, J. H., Choi, Y. S., Han, D. J., Lee, M. A., Kim, S. Y. and Kim, C. J. (2010). **Effect of bamboo salt on the physicochemical properties of meat emulsion systems.** *Meat Sci.* 86:960–965.

Kim, T. K., Shim, J. Y., Hwang, K. E., Kim, Y. B., Sung, J. M., Paik, H. D., & Choi, Y. S. (2018). **Effect of hydrocolloids on the quality of restructured hams with duck skin**. *Poultry Science*, 97(12), 4442–4449. <https://doi.org/10.3382/ps/pey309>.

Kim, T. K., Yong, H. I., Jung, S., Kim, H. W., Choi, Y. S. **Effect of reducing sodium chloride based on the sensory properties of meat products and the improvement strategies employed: a review**. *J Anim Sci Technol*. 2021a;63(4):725-739. doi:10.5187/jast. 2021.e74.

Kim, T. K., Yong, H. I., Jung, S., Kim, H. W., Choi, Y. S. **Technologies for the production of meat products with a low sodium chloride content and improved quality characteristics: a review**. *Foods*. 2021;10:957. doi: 10.3390/foods10050957.

Krishnamurthy, G., Chang, H. S., Hultin, H. O., Feng, Y., Srinivasan, S. and Kelleher, S. D. (1996). **Solubility of chicken breast muscle proteins in solutions of low ionic strength**. *J. Agric. Food Chem*. 44(2):408–415.

Kulicke, D.; Eidam, F.; Kath, M.; Kix, A. H.; Kull. **Hydrocolloids and rheology: regulation of visco-elastic characteristics of waxy rice starch in mixtures with galactomannans**. *Starch/Starke*, 48 (1996), pp. 105-114.

Kurt, Ş. (2010). **Effects of pH and chitosan on beef emulsion properties**. *International Journal of Food Science & Technology*, 45(1), 140–146. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2009.02113.x>

Labell, F. **Modiefied tapioca starches provide smoother textures (Brief article)**. Disponível em: <http://www.findarticles.com/p/articles/mi_m3289/is_3_169/ai_61759522>. Acesso em: 23 jun. 2020.

Laranjo, M., Gomes, A., Agulheiro-Santos, A. C., Potes, M. E., Cabrita, M. J., Garcia, R., et al. **Impact of salt reduction on biogenic amines, fatty acids, microbiota, texture and sensory profile in traditional blood dry-cured sausages**. *FoodChem*. 2017;218:129–36.

Lee, C. H., Chin, K. B. **Evaluation of pork myofibrillar protein gel with pork skin gelatin on rheological properties at different salt concentrations.** *Food Sci Anim Resour.* 2019;**39**:576–84. doi: 10.5851/kosfa.2019.e48.

Lee, C. M.; Wu, M. M.; Okada, M. (1992). **Ingredient and formulation technology for surimi-based products.** In T. C. Lanier, & C. M. Lee (Eds.), *Surimi technology* (pp. 273e302). New York: Marcel Dekker.

Lopes da Silva, J. A., & Rao, M. A. (2007). **Rheological Behavior of Food Gels.** In *Rheology of Fluid and Semisolid Foods: Principles and Applications* (pp. 339–401). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-0-387-70930-7_6

Lajous, A. Bijon, G. Fagherazzi, E. Rossignol, M.C. Boutron-Ruault, F. Clavel-Chapelon. **Processed and unprocessed red meat consumption and hypertension in women.** *American Journal of Clinical Nutrition*, 100 (3) (2014).

Magalhães, I. M. C., Paglarini, C. de S., Vidal, V. A. S., & Pollonio, M. A. R. (2020). **Bamboo fiber improves the functional properties of reduced salt and phosphate-free Bologna sausage.** *Journal of Food Processing and Preservation*, 44(12), e14929. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14929>

Majzoobi, Talebanfar, Eskandari, Farahnaky. **Improving the quality of meat-free sausages using κ -carrageenan, konjac mannan and xanthan gum.** *Int. J. Food Sci. Technol.* 52 (5) (2017).

Maleki, G., & Milani, J. M. (2013). **Effect of guar gum, xanthan gum, CMC and HPMC on dough rheology and physical properties of Barbari bread.** *Food Science and Technology Research*, 19(3), 353–358.

Marchetti, L., Andrés, S. C., & Califano, A. N. (2014). **Low-fat meat sausages with fish oil: Optimization of milk proteins and carrageenan contents using response surface methodology.** *Meat Science*, 96(3), 1297–1303. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.11.004>.

Marco, E. R., Navarro, J. L., León, A. E., Steffolani, M. E. **Sodium chloride replacement by potassium chloride in bread: determination of sensorial potassium threshold and effect on dough properties and breadmaking quality.**

International Journal of Gastronomy and Food Science, v. 27, 2022.

Marketou M.E., Maragkoudakis S., Anastasiou I., Nakou H., Plataki M., Vardas P.E., Parthenakis F.I. **Salt-induced effects on microvascular function: a critical factor in hypertension mediated organ damage.** *J. Clin. Hypertens.* 2019;21:749–757.

Mateo, J., Caro, I., Kasiayan, S. et al. **Potential of pulse flours as partial meat replacers in heat-treated emulsion-type meat sausages.** *Frontier in Animal Science*, v. 2, 2021.

Matulis, R. J., McKeith, F. K., Sutherland, J. W., & Brewer, M. S. **Sensory characteristics of frankfurters as affected by fat, salt, and pH.** *Journal of Food Science*, 60, 42–47, 1995.

McArdle, R., & Hamill, R. (2011). 10 - **Utilization of hydrocolloids in processed meat systems.** In J. P. Kerry & J. F. B. T.-P. M. Kerry (Eds.), *Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition* (pp. 243–269). Woodhead Publishing. <https://doi.org/https://doi.org/10.1533/9780857092946.2.243>.

Meller, S., Zusman, R. M. **The hazy relationship between dietary sodium intake and cardiovascular mortality: the health abc study.** *American College of Cardiology*, 2016.

Mente, A.; O'Donnell, M.J.; Rangarajan, S.; McQueen, M.J.; Poirier, P.; Wielgosz, A.; Morrison, H.; Li, W.; Wang, X.; Di, C.; et al. **Association of urinary sodium and potassium excretion with blood pressure.** *N. Engl. J. Med.* 2014, 371, 601–611.

Messerli, F. H., Hofstetter, L., Syrogiannouli, L., Rexhaj, E., Siontis, G. C. M., Seiler, C., Bangalore, S. **Sodium intake, life expectancy, and all-cause mortality.** *Eur Heart J.* 2021 Jun 1;42(21):2103-2112. doi: 10.1093/eurheartj/ehaa947. PMID: 33351135; PMCID: PMC8169157.

Miller, I. J., & Bartoshuk, L. M. (1991). **Taste perception, taste bud distribution, and spatial relationships**. In T. V. Getchell, R. L. Doty, L. M. Bartoshuk, & J. B. Snow (Eds.), *Smell and taste in health disease* (pp. 205–233). New York: Raven Press.

Moe S, Drüeke T, Cunningham J, Goodman W, Martin K, Olgaard K, Ott S, Sprague S, Lameire N, Eknoyan G. **Definition, evaluation, and classification of renal osteodystrophy: a position statement from Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO)**. *Kidney Int.* 2006 Jun; 69(11):1945-53.

Monsalve-Atencio, R. Ospina-Millán, N., Contreras-Calderón, J. **Effect of addition of collagen and plasma as substitutes for mechanically deboned chicken meat on physicochemical and sensory properties of salchichón**. *LWT*, Volume 151, 2021.

Moorthi RN, Moe SM. **Recent advances in the noninvasive diagnosis of renal osteodystrophy**. *Kidney Int.* 2013 Nov; 84(5):886-94.

Mudgil, D., Barak, S., Khatkar, B. S. **Guar gum: processing, properties and food applications - a review**. *J. Food Sci. Technol.*, 51 (2014), pp. 409-418.

Nabeshima, H. E. **Amidos modificados em produtos cárneos de baixo teor de gordura**. *Higiene Alimentar, São Paulo*, v. 12, n. 54, p. 36-41, 1998.

National Academies of Sciences Engineering and Medicine. **Dietary reference intakes for sodium and potassium**. National Academies Press, 2019.

Necas, J., & Bartosikova, L. (2013). **Carrageenan: a review**. *Veterinari Medicina*, 58(4).

No, H. K., Meyers, S. P., Prinyawiwatkul, W., & Xu, Z. (2007). **Applications of Chitosan for Improvement of Quality and Shelf Life of Foods: A Review**. *Journal of Food Science*, 72(5), R87–R100. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00383.x>

Nussinovitch, A. (1997). **Cellulose derivatives**. In Hydrocolloid Applications: Gum technology in the food and other industries (pp. 105–124). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-6385-3_6.

O'Donnell, M.; Mente, A.; Rangarajan, S.; McQueen, M.J.; Wang, X.; Liu, L.; Yan, H.; Lee, S.F.; Mony, P.; Devanath, A.; et al. **Urinary sodium and potassium excretion, mortality, and cardiovascular events**. N. Engl. J. Med. 2014, 371, 612–623.

O'Flynn, C. C., Cruz-Romero, M. C., Troy, D. J., Mullen, A. M., & Kerry, J. P. (2014). **The application of high-pressure treatment in the reduction of phosphate levels in breakfast sausages**. Meat Science, 96(1), 633–639. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.08.028>

Oh, Lee, Lee, Lee. **Feasibility of hydroxypropyl methylcellulose oleogel as an animal fat replacer for meat patties**. Food Research International, v. 122, 2019, p. 566-572.

Olmedilla-Alonso, F. Jiménez-Colmenero, F.J. Sánchez-Muniz. **Development and assessment of healthy properties of meat and meat products designed as functional foods**. Meat Science, 2013.

Owusu-Ansah, P., Besiwah, E. K., Bonah, E., Amagloh, F. K. **Non-meat ingredients in meat products: a scoping review**. Applied Food Research, v. 2, 2022.

Ozaki, Munekata, Lopes, Nascimento, Pateiro, Lorenzo, Pollonio. **Using chitosan and radish powder to improve stability of fermented cooked sausages**. Meat Science, v. 167, 2020.

Öztürk-Kerimoğlu, B., & Serdaroğlu, M. (2019). **Powder/gelled inulin and sodium carbonate as novel phosphate replacers in restructured chicken steaks**. Journal of Food Processing and Preservation, 43(12), 43. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14243>

Strazzullo, L. D'Elia, N.B. Kandala, F.P. Cappuccio. **Salt intake, stroke, and cardiovascular disease: meta-analysis of prospective studies**. BMJ, 339 (2009), pp. 1-9.

Pahwa, A., Kaur, A., Puri, R. **Influence of hydrocolloids on the quality of major flat breads: a review.** J Food Process Pres (2016), pp. 1-9.

Pardi, M.C.; Santos, I.F.; Souza, E.R.; Pardi, H.S. **Ciência, higiene e tecnologia da carne.** Goiânia: CEGRAF-UFG / Niterói: EDUFF, 1995.

Park, K.-S., Choi, Y.-I., Lee, S.-H., Kim, C.-H., & Auh, J. H. (2008). **Effect of kappa-Carrageenan and Guar Gum as a Substitute for Inorganic Polyphosphate on Pork Sausages.** Food Science and Biotechnology | Korea Science, 17(4), 794–798. <https://www.koreascience.or.kr/article/JAKO200833338360877.page>

Pateiro, M., Munekata, P. E. S., Cittadini, A., Domínguez, R., Lorenzo, J. M. **Metallic-based salt substitutes to reduce sodium content in meat products.** Current Opinion in Food Science, v. 38, 2021.

Pearce, K.L., Rosenvold, K., Andersen, H.J., Hopkins, D.L., 2011. **Water distribution and mobility in meat during the conversion of muscle to meat and ageing and the impacts on fresh meat quality attributes e a review.** Meat Science 89, 111e124.

Pearson, A. M., Gillett, T. A. **Processed meats.** (3rd ed.), Chapman and Hall, Inc, New York (1997).

Pedro, D., Lorenzo, J. M., Saldaña, E., Heck, R. T., Dos Santos, B. A., Cichoski, A. J., Campagnol, P. C. B. **Sodium reformulation and its impact on oxidative stability and sensory quality of dry-cured rabbit legs.** Meat Science, v. 177, 2021.

Pekel, N., Yoshii, F., Kume, T., & Güven, O. (2004). **Radiation crosslinking of biodegradable hydroxypropylmethylcellulose.** Carbohydrate Polymers, 55(2), 139–147. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2003.08.015>

Pereira, A. G. T., Ramos, E. M., Teixeira, G. T., Cardoso, G. P., Ramos, A. L. S., Fontes, P. R. **Effects of the addition of mechanically deboned poultry meat and collagen fibers on quality characteristics of frankfurter-type sausages.** Meat Science, v. 89, n. 4, 2011, p. 519-525.

Pereira, Vicente. **Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet.** *Meat Science*, 93 (3) (2013).

Pérez, O. E., Carrera-Sánchez, C., Rodríguez-Patino, J. M., & Pilosof, A. M. R. (2007). **Adsorption dynamics and surface activity at equilibrium of whey proteins and hydroxypropyl–methyl–cellulose mixtures at the air-water interface.** *Food Hydrocolloids*, 21(5), 794–803.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2006.11.013>

Pérez-Montes, A., Rangel-Vargas, E., Lorenzo, J. M., Romero, L., Santos, E. M. **Edible mushrooms as a novel trend in the development of healthier meat products.** *Current Opinion in Food Science*, v. 37, 2021.

Perez-Palacios, T., Salas, A., Muñoz, A., Ocaña, E. R. Antequera, T. **Sodium chloride determination in meat products: comparison of the official titration-based method with atomic absorption spectrometry.** *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 108, 2022.

Petracci, M., Bianchi, M., Mudalal, S., & Cavani, C. (2013). **Functional ingredients for poultry meat products.** In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 33, Issue 1, pp. 27–39). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.06.004>.

Pietrasik, Z. (2003). **Binding and textural properties of beef gels processed with κ-carrageenan, egg albumin and microbial transglutaminase.** *Meat Science*, 63(3), 317–324. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(02\)00088-8](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0309-1740(02)00088-8)

Pinton, M. B., Correa, L. P., Facchi, M. M. X., Heck, R. T., Leães, Y. S. V., Cichoski, A. J., Lorenzo, J. M., dos Santos, M., Pollonio, M. A. R., & Campagnol, P. C. B. (2019). **Ultrasound: A new approach to reduce phosphate content of meat emulsions.** *Meat Science*, 152(February), 88–95. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.02.010>

Pinton, M. B., dos Santos, B. A., Lorenzo, J. M., Cichoski, A. J., Boeira, C. P., & Campagnol, P. C. B. (2021). **Green technologies as a strategy to reduce NaCl and**

phosphate in meat products: an overview. In *Current Opinion in Food Science* (Vol. 40, pp. 1–5). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.03.011>

Powell, M. J., Sebranek, J. G., Prusa, K. J., & Tarté, R. (2019). **Evaluation of citrus fiber as a natural replacer of sodium phosphate in alternatively-cured all-pork Bologna sausage.** *Meat Science*, 157, 107883. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.107883>

Prabaharan, M. **Prospective of guar gum and its derivatives as controlled drug delivery systems.** *Int. J. Biol. Macromol.*, 49 (2011), pp. 117-124.

Prestes, R. C., Graboski, A., Roman, S. S., Kempka, A. P., Toniazzo, G., Demiate, I. M., & Di Luccio, M. (2013). **Effects of the addition of collagen and degree of comminution in the quality of chicken ham.** *Journal of Applied Poultry Research*, 22(4), 885–903. <https://doi.org/10.3382/japr.2013-00809>

Santarelli, F. Pierre, D.E. Corpet. **Processed meat and colorectal cancer: A review of epidemiologic and experimental evidence.** *Nutrition and Cancer*, 60 (2) (2008).

Rabadán, A., Álvarez-Ortí, M., Martínez, E., Pardo-Giménez, A., Zied, D. C., Pardo, J. E. **Effect of replacing traditional ingredients for oils and flours from nuts and seeds on the characteristics and consumer preferences of lamb meat burgers.** *LWT*, v.136, 2021.

Ranjbar, S., Movahhed, S., Nematti, N., & Sokotifar, R. (2012). **Evaluation of the effect of carboxy methyl cellulose on sensory properties of gluten-free cake.** *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 4(19), 3819–3821.

Rather, Sajad & Masoodi, F.A. & Akhter, Rehana & Gani, Adil & Wani, Sajad & Malik, Altaf. (2015). **Xanthan gum as a fat replacer in goshtaba-a traditional meat product of India: Effects on quality and oxidative stability.** *Journal of Food Science and Technology*. 52. 10.1007/s13197-015-1960-7.

Ravi Kumar, M. N. V. (2000). **A review of chitin and chitosan applications**. *Reactive and Functional Polymers*, 46(1), 1–27. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1381-5148\(00\)00038-9](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S1381-5148(00)00038-9).

Raybaudi-Massilia, R., Mosqueda-Melgar, J., Rosales-Oballos, Y., Citti de Petricone, R., Frágenas, N. N., Zambrano-Durán, A., Sayago, K., Lara, M., Urbina, G. **New alternative to reduce sodium chloride in meat products: sensory and microbiological evaluation**. *LWT*, v. 108, 2019.

Resconi, V. C., Keenan, D. F., Barahona, M., Guerrero, L., Kerry, J. P., Hamill, R. M. **Rice starch and fructo-oligosaccharides as substitutes for phosphate and dextrose in whole muscle cooked hams: sensory analysis and consumer preferences**. *LWT-Food Science and Technology*, 66 (2016a), pp. 284-292.

Resconi, V. C., Keenan, D. F., García, E., Allen, P., Kerry, J. P., Hamill, R. M. **The effects of potato and rice starch as substitutes for phosphate in and degree of comminution on the technological, instrumental and sensory characteristics of restructured ham**. *Meat Science*, v. 121, 2016b.

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.

Rodríguez, M.S. & Albertengo, L.A. & Agulló, E. (2002). **Emulsification capacity of chitosan**. *Carbohydrate Polymers*. 48. 271-276. 10.1016/S0144-8617(01)00258-2.

Rodriguez-Benot A, Martin-Malo A, Alvarez-Lara MA, Rodriguez M, Aljama P. **Mild hyperphosphatemia and mortality in hemodialysis patients**. *Am J Kidney Dis* 2005; 46(1):68-77.

Rust, P., Ekmekcioglu, C. **Impact of salt intake on the pathogenesis and treatment of hypertension**. *Adv Exp Med Biol*. 2017;956:61-84. doi: 10.1007/5584_2016_147. PMID: 27757935.

Ruusunen, M., Niemistö, M., & Puolanne, E. (2002). **Sodium reduction in cooked meat products by using commercial potassium phosphate mixtures** (Vol. 11). MTT Agrifood Research Finland. <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/453196>

Ruusunen, M.; Puolanne, E. (2005). **Reducing sodium intake from meat products**. *Meat Science*, 70(3), 531-541.

Sadowska, M.; Sikorski, Z. E.; Dobosz, M. (1980). **The influence of collagen on the rheological properties of meat homogenates**. *Lebensm – Wiss. U. – Technol*, 13(5): 232.

Saha, D.; Bhattacharya, S. (2010). **Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: a critical review**. *Journal of Food Science and Technology*, 47, 587–597.

Sakthivel, B., & Dhakshinamoorthy, A. (2017). **Chitosan as a reusable solid base catalyst for Knoevenagel condensation reaction**. *Journal of Colloid and Interface Science*, 485, 75–80. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jcis.2016.09.020>

Salvador, A., Sanz, T., & Fiszman, S. M. (2005). **Effect of the addition of different ingredients on the characteristics of a batter coating for fried seafood prepared without a pre-frying step**. *Food Hydrocolloids*, 19(4), 703–708. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2004.07.003>

Schilling, M. W., Mink, L. E., Gochenour, P. S., Marriott, N. G., Alvarado, C. Z. **Utilization of pork collagen for functionality improvement of boneless cured ham manufactured from pale, soft, and exudative pork**. *Meat Science*, 65 (2003), pp. 547-553.

Schuh, V., Allard, K., Herrmann, K., Gibis, M., Kohlus, R., & Weiss, J. (2013). **Impact of carboxymethyl cellulose (CMC) and microcrystalline cellulose (MCC) on functional characteristics of emulsified sausages**. *Meat Science*, 93(2), 240–247. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.08.025>

Schutte, S., Marais, J., Muller, M., & Hoffman, L. C. (2021). **Replacement of Sodium Tripolyphosphate with Iota Carrageenan in the Formulation of Restructured Ostrich Ham**. *Foods*, 10(3), 535. <https://www.mdpi.com/2304-8158/10/3/535>.

Scientific Advisory Committee on Nutrition. **Salt and health**. Stationery Office, 2003.

Senadheera, T. R. L., Dave, D., Shahidi, F. **Sea cucumber derived type I collagen: A comprehensive review**. *Marine Drugs*, 18 (2020), p. 471.

Sharma, G., Sharma, S., Kumar, A., Al-Muhtaseb, A. H., Naushad, M., Ghfar, A. A., Mola, G. T., Stadler, F. J. **Guar gum and its composites as potential materials for diverse applications: a review**. *Carbohydr. Polym.*, 199 (2018), pp. 534-545.

Shimokomaki, M. **Aproveitamento de subprodutos nas indústrias de carnes para a produção de colágeno e suas aplicações**. *Rev. Nac. Carne*, n. 16, v.187, p.32-34, 1992.

Shimokomaki, M.; Youssef, E. Y.; Terra, N. N. **Curing**. *Encyclopédia of Food Sciences and Nutrition*, 2.ed. St Louis, 2003. p. 1702-1707.

Sikora, E.; Cieslik, E.; Leszczynska, T.; Filipiak-Florkiwuacz, A.; Pisulewski, P. M. **The antioxidant activity of selected cruciferous vegetables subjected to aquathermal processing**. *Food Chemistry*, London, v. 107, p. 50-55, 2008.

Silva, D. H., Araujo, R. T. D. S. Rodrigues, M. M. Costa, J. O. Miranda, N. R. C. LiraAlencar, M.A.Á. Queiroz, M.G. Alencar, T.P.R. Oliveira, A.F. Neto, H.C. Bonfá, F.A.L. de Carvalho, G.C. Gois. **Reduction of sodium content in frozen goat sausage using different types of salt**. *Lwt - Food Sci. Technol.*, 135 (2021).

Silva, M. Voss, C.R. de Menezes, J.S. Barin, R. Wagner, P.C.B. Campagnol, A.J. Cichoski. **Is it possible to reduce the cooking time of mortadellas using ultrasound without affecting their oxidative and microbiological quality**. *Meat Sci*, 159 (2020), Article 107947.

Silva, S. L., Lorenzo, J. M.; Machado, J. M., Manfio, M.; Cichoski, A. J., Fries, L, M., et al. **Application of arginine and histidine to improve the technological and sensory properties of low-fat and low-sodium bologna-type sausages produced with high levels of KCl.** Meat Science, 159 (2020), p. 107939.

Singh, J., Dartois, A., & Kaur, L. (2010). **Starch digestibility in food matrix: a review.** In Trends in Food Science and Technology (Vol. 21, Issue 4, pp. 168–180). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2009.12.001>

Skrede, G. (1989). **Comparison of various types of starch when used in meat sausages.** Meat Science, 25(1), 21–36. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(89\)90063-6](https://doi.org/10.1016/0309-1740(89)90063-6).

Sousa, S. C., Fragoso, S. P., Penna, C. R., Arcanjo, N. M., Silva, F. A., Ferreira, V. C., et al. **Quality parameters of frankfurter-type sausages with partial replacement of fat by hydrolyzed collagen.** LWT-Food Science and Technology, 76 (76) (2017), p. 320-325.

Sousa, Sinara P. Fragoso, Cristiane R.A. Penna, Narciza M.O. Arcanjo, Fábio A.P. Silva, Valquíria C.S. Ferreira, Maria D.S. Barreto, Íris B.S. Araújo. **Quality parameters of frankfurter-type sausages with partial replacement of fat by hydrolyzed collagen.** LWT - Food Science and Technology, Volume 76, Part B, 2017, Pages 320-325.

Speroni, F., Szerman, N., Vaudagna, S. R. **High hydrostatic pressure processing of beef patties: effects of pressure level and sodium tripolyphosphate and sodium chloride concentrations on thermal and aggregative properties of proteins.** Innovative Food Science & Emerging Technologies, v. 23, 2014.

Stanley, R. E., Bower, C. G., Sullivan, G. A. **Influence of sodium chloride reduction and replacement with potassium chloride based salts on the sensory and physico-chemical characteristics of pork sausage patties.** Meat Science, v. 133, 2017.

Takeda, Hironori Yamamoto, Hisami Yamanaka-Okumura, Yutaka Taketani. **Increasing Dietary Phosphorus Intake from Food Additives: Potential for Negative Impact on Bone Health.** *Advances in Nutrition*, Volume 5, Issue 1, January 2014, Pages 92–97, <https://doi.org/10.3945/an.113.004002>.

Tentori F, Blayney M, Albert J, Gillespie B, Kerr P, Bommer J, et al. **Mortality risk for dialysis patients with different levels of serum calcium, phosphorus, and PTH: the Dialysis Outcomes and Practice Patterns Study (DOPPS).** *Am J Kidney Dis* 2008;52(3):519-30.

Thangavelu, K. P., Kerry, J. P., Tiwari, B. K., & McDonnell, C. K. (2019). **Novel processing technologies and ingredient strategies for the reduction of phosphate additives in processed meat.** In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 94, pp. 43–53). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.10.001>

Thombare, N., Jha, U., Mishra, S., Siddiqui, M. Z. **Guar gum as a promising starting material for diverse applications: a review.** *Int. J. Biol. Macromol.*, 88 (2016), pp. 361-372.

Tornberg, E. (2005). **Effects of heat on meat proteins—Implications on structure and quality of meat products.** *Meat Sci.* 70:493–508.

US Department of Health and Human Services, Department of Agriculture. **Dietary Guidelines Advisory Committee.** *Dietary guidelines for Americans, 2015-2020.* 8th ed DHSS, 2015.

W. Bedale, J.J. Sindelar, A.L. Milkowski. **Dietary nitrate and nitrite: Benefits, risks, and evolving perceptions.** *Meat Science*, 120 (2016).

Wald R, Sarnak M, Tighiouart H, Cheung A, Levey A, Eknoyan G, et al. **Disordered mineral metabolism in hemodialysis patients: an analysis of cumulative effects in the Hemodialysis (HEMO) Study.** *Am J Kidney Dis* 2008;52(3):531-40.

Ware, L. J., Charlton, K., Schutte, A. E., Cockeran, M., Naidoo, N., Kowal, P. **Associations between dietary salt, potassium and blood pressure in south african adults: who sage wave 2 salt & tobacco.** *Nutr Metab Cardiovasc Dis.* 2017 Sep;27(9):784-791. doi: 10.1016/j.numecd.2017.06.017. Epub 2017 Jul 8. PMID: 28800936.

Weinberger, M. H. **Salt sensitivity of blood pressure in humans.** *Hypertension.* 1996;27:481–490.

Wenjing, L. V., Can, C., Wang Z., Jiang J., Deng, B.A. **High serum phosphate and calcium-phosphate product is associated with cerebral small vascular disease in patients with stroke: a real-world study.** *Frontiers in Nutrition*, v.9,2022.

Whiting, R. C. (1984). **Addition of Phosphates, Proteins, and Gums to Reduced-Salt Frankfurter Batters.** *Journal of Food Science*, 49(5), 1355–1357. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1984.tb14989>.

WHO. **Guideline: Sodium intake for adults and children.** Geneva, World Health Organization (WHO), 1-8, 2012.

WHO. **Salt Reduction-Fact Sheets.** 2016. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/salt-reduction>

World Health Organization. **Salt Reduction.** (2020). Acesso em: 16 jan. 2022. Disponível em: < <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/salt-reduction>>.

Xiong, Y. L. and Brekke, C. J. (1991). **Protein extractability and thermally induced gelation properties of myofibrils isolated from pre-and postrigor chicken muscles.** *J. Food Sci.* 56(1):210–215.

Xu, M.; Li, D.; Li, B.; *et al.* (2013). Comparative study on molecular weight of konjac glucomannan by gel permeation chromatography lase light scattering refractive index and laser light scattering methods. *Journal of Spectroscopy*, **2013**, 1–4.

Yemenicioğlu, Farris, Turkyilmaz, Gulec. **A review of current and future food applications of natural hydrocolloids**. International Journal of Food Science and Technology, 55 (4) (2020), pp. 1389-1406, 10.1111/ijfs.14363.

Younis, K., Ahmad, S. **Waste utilization of apple pomace as a source of functional ingredient in buffalo meat sausage**. Cogent Food & Agriculture, 1 (1) (2015).

Yuan, G., Chen, X., & Li, D. (2016). **Chitosan films and coatings containing essential oils: The antioxidant and antimicrobial activity, and application in food systems**. Food Research International, 89, 117–128. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.10.004>

Zhang, F., Zhao, H., Cao, C., Kong, B., Xia, X., & Liu, Q. (2021). **Application of temperature-controlled ultrasound treatment and its potential to reduce phosphate content in frankfurter-type sausages by 50%**. Ultrasonics Sonochemistry, 71, 105379. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105379>

Zhang, N., Zhao, Y., Fan, D., Xiao, J., Cheng, K.-W., & Wang, M. (2020). **Inhibitory effects of some hydrocolloids on the formation of heterocyclic amines in roast beef**. Food Hydrocolloids, 108, 106073. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106073>.

Zhao, Wang, Li, Zhou. **Effect of xanthan gum on the quality of low sodium salted beef and property of myofibril proteins**. Food Science and Human Wellness, Volume 10, Issue 1, 2021, Pages 112-118.

Capítulo 2.

**UTILIZAÇÃO DE INGREDIENTES NÃO-CÁRNEOS COMO SUBSTITUTOS DE
FOSFATOS EM APRESUNTADO SEM PREJUÍZO DAS PROPRIEDADES
TECNOLÓGICAS**

MAGALHÃES, G. C., PAGLARINI, C. S., CÂMARA, A. K. F. I., 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 avaliar os impactos da substituição de tripolifosfato de sódio (STPP) (0,5%) por diferentes ingredientes não cárneos classificados como biopolímeros hidrocolóides de uso em alimentos (hidroxipropilmetilcelulose, carboximetilcelulose, carragena, goma guar, goma xantana, fibra de colágeno e quitosana) em produto cárneo suíno reestruturado definido como apresuntado, considerando-se níveis de adição permitidos pela legislação. Foram realizados dois tratamentos controle, com 0,5% e 0% de STPP, respectivamente. Os tratamentos contendo hidroxipropilmetilcelulose apresentaram altas perdas de líquido durante cozimento, o que ocasionou redução no teor de umidade. Por outro lado, o uso da goma xantana conferiu valores muito baixos para dureza, elasticidade, gomosidade e mastigabilidade em comparação ao tratamento com tripolifosfato de sódio. Os tratamentos contendo carragena e a fibra de colágeno obtiveram menores efeitos negativos quando comparados ao tratamento adicionado de fosfato. O tratamento com fibra de colágeno pode ser considerado o composto com maior potencial tecnológico para substituir STPP em apresuntado.

Palavras-chave: Hidrocolóides, produtos cárneos, redução de aditivos.

1. INTRODUÇÃO

Os produtos cárneos são amplamente consumidos por possuírem propriedades sensoriais desejáveis, além de conter vitaminas do complexo B, minerais como ferro e zinco e proteínas de alto valor biológico (Perez-Palacios et al., 2019). No entanto, devido a presença de alguns compostos em níveis elevados como gordura, sal e aditivos, o consumo excessivo desses alimentos tem sido associado a diversas doenças como obesidade, hipertensão e câncer (Saldaña et al., 2021).

Dentre os aditivos, os fosfatos têm sido alvo de estudos de reformulação e redução em produtos cárneos. Essa classe de aditivos tem propriedades muito importantes, dentre as quais se destacam a capacidade de retenção de água (CRA), com efeitos positivos sobre a textura e a redução da oxidação lipídica, associada ao sequestro de metais pró-oxidantes, tais como o ferro (Powell et al., 2019). Um dos fosfatos mais utilizados no processamento de produtos cárneos é o tripolifosfato de sódio. Assim como outros polifosfatos, este pode aumentar o pH, melhorando a capacidade de retenção de água devido a uma maior solubilização das proteínas miofibrilares, além de outras propriedades como redução das perdas por cocção e aumento da percepção de suculência (Chen et al., 2020; Dykes et al., 2019).

No entanto, apesar de suas propriedades tecnológicas como aditivo, muitos esforços têm sido empregados na busca de eficientes estratégias para reduzir seu teor ou substituí-lo completamente em produtos cárneos, para atender à atual e crescente demanda dos consumidores que buscam por produtos mais saudáveis, com apelos “clean label” (Roobab et al., 2021; Glorieux et al., 2017). Além disso, a elevada ingestão de fosfatos é particularmente prejudicial para pessoas com doenças renais crônicas, que não possuem a mesma capacidade de excreção destes compostos quando comparadas com as pessoas saudáveis (Benini, D'Alessandro, Gianfaldoni, & Cupisti, 2011), o que pode conduzir a outras doenças como calcificação e anormalidades vasculares (Vervloet et al., 2016). Uma concentração sérica de fosfato alta tem sido avaliada como um fator de predisposição para aterosclerose coronária na população em geral (Ritz, Hahn, Ketteler, Kuhlmann, & Mann, 2012; Isaka et al., 2021). Desta forma, os fosfatos presentes nos produtos cárneos podem ser motivos de preocupação e seu impacto na saúde deve ser considerado.

Os aditivos utilizados em produtos cárneos contribuem para fornecer uma imagem de produtos pouco saudáveis, sendo sua substituição parcial ou total por compostos naturais com funções similares aos aditivos sintéticos amplamente investigadas em muitos estudos na literatura científica, tais como sais substitutos, ervas, especiarias e ingredientes funcionais com propriedades extensoras (Câmara et al., 2020; Magalhães et al., 2020; Powell et al., 2019; Schilling et al., 2018).

Em produtos cárneos reestruturados, a substituição de fosfato se torna uma tarefa ainda mais complexa uma vez que o teor de água adicionado ao processamento é alto, sob a forma de salmouras (Brasil, 2000). Além disso, o fosfato atua de forma sinérgica com o NaCl, com maior extração de proteínas miofibrilares (Barbieri, Dallatana, Franceschini & Barbieri, 2013), proporcionando maior coesividade e elasticidade ao produto final, o que contribui para maior rendimento de fatias, forma frequentemente consumida de presuntos cozidos e apresuntados no Brasil.

Os produtos cárneos reestruturados como o apresuntado requerem o uso desse aditivo por contribuir nas características sensoriais do alimento, como cor e textura, além de reduzir as perdas por cocção, aumentando o rendimento (Aberle, Forrest, Gerrard & Mills, 200; Steen et al., 2020). Assim, sua redução parcial ou total pode promover uma série de defeitos ao produto final.

Neste contexto, a reformulação de produtos cárneos reestruturados é de extrema relevância, uma vez que se trata de um alimento com alto teor de proteínas de elevado valor biológico, baixo teor de gordura e fornece uma série de vitaminas e minerais, além de possuir custo baixo quando comparados com outros produtos reestruturados, como o presunto cozido. Portanto, a utilização do apresuntado nos estudos sobre substituição parcial ou total dos fosfatos, provavelmente tornaria a percepção negativa sobre os produtos cárneos menor, e seus benefícios seriam evidenciados, com menores riscos de desenvolvimento de doenças.

Desse modo, este trabalho teve como objetivo avaliar ingredientes não-cárneos (derivados de celulose, gomas, proteínas e fibra) com potencial de substituição de fosfatos em apresuntados, através da avaliação de suas propriedades funcionais,

como capacidade de retenção de água, além de perfil de textura e análises físico-químicas.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Matéria-prima, ingredientes e aditivos

A paleta suína (74% de umidade; 18,25% de proteína, 6,30% de lipídeos e 1,05% de cinzas) foi adquirida em comércio sob Inspeção Federal, situado em Campinas/SP. Após recebimento, foi realizada a limpeza dos cortes cárneos com remoção de aparas de colágeno e gordura, sempre um dia anterior ao processamento, seguida de moagem em picador de carnes (marca C.A.F., modelo 22STB), com disco de 5mm. Logo em seguida, a carne foi pesada de acordo com a formulação para cada apresuntado descrita na Tabela 1, acondicionada em embalagens à vácuo, selados e mantidos sob refrigeração, por no máximo 18 horas até momento do uso ($\pm 1 - 2$ °C).

Os ingredientes e aditivos não cárneos foram selecionados de acordo com suas fichas técnicas e estudo prévio, os quais demonstraram seu potencial de reter água em produtos cárneos. Foram adicionados aos tratamentos a fibra de colágeno (FCO), doada pela NovaProm, hidroxipropilmetilcelulose E4M (HPMC E4M) e hidroxipropilmetilcelulose F4M (HPMC F4M), cedidas pela DowDuPont. A carboximetilcelulose (CMC) foi doada pela empresa Kerry. A goma guar (GG) foi doada pela empresa Daxia. As gomas xantana (GX) e carragena (CA) foram gentilmente cedidas pela empresa CP Kelco. A quitosana foi adquirida diretamente de seu fornecedor, no estado de São Paulo, Brasil.

Também foram utilizados no processamento dos apresuntados, o cloreto de sódio (NaCl) adquirido em comércio local de Campinas, aditivos (tripolifosfato de sódio, eritorbato de sódio e nitrito de sódio), cedidos pela Kerry (Campinas/SP, Brasil) e o condimento especial para apresuntado contendo açúcar, realçador de sabor glutamato monossódico, especiarias e aromatizante natural, doado pela New Max (Americana/SP, Brasil).

2.1 Desenho experimental e tratamentos

Os tratamentos de apresuntado com os ingredientes não-cárneos (derivados de celulose, gomas, proteínas e fibras) e sem adição de fosfato foram preparados de acordo com a Tabela 1. Os níveis dos diferentes ingredientes foram definidos a partir de experimentos preliminares considerando-se os aspectos regulatórios definidos pela legislação brasileira (Brasil, 2019). Os ingredientes que não constam seus limites em legislação tiveram seus níveis definidos a partir de literatura científica e recomendação dos fabricantes.

Dois tratamentos controles FC1 e FC2 foram elaborados, com 0,5% e 0% de tripolifosfato de sódio (STPP), respectivamente. Oito tratamentos foram elaborados sem STPP e adição dos ingredientes não cárneos nas seguintes concentrações: 5 tratamentos (HPMC E4M, HPMC F4M, GG, GX e CMC) com 0,3% de adição dos compostos Hidroxipropilmetilcelulose E4M, Hidroxipropilmetilcelulose F4M, Goma guar, Goma xantana e Carboximetilcelulose, respectivamente. Um tratamento com adição de 1% de quitosana (QUI), outro com adição de 0,5% de carragena (CAR) e um com adição de 2,0% de fibra de colágeno (FCO). Os respectivos ingredientes e/ou aditivos também foram utilizados (%) em cada tratamento: carne suína, 60; condimento especial para presunto cozido, 0,5; eritorbato de sódio, 0,06; nitrito de sódio, 0,015; e cloreto de sódio, 2,0. Os tratamentos foram avaliados quanto às propriedades físico-químicas e tecnológicas. O experimento foi realizado em triplicada em dias de processamento diferentes.

Tabela 1. Teores dos derivados de celulose, gomas, proteínas e fibras utilizados nos tratamentos de apesuntados

Ingredientes	Tratamentos (%)									
	FC1	FC2	HPMC E4M	HPMC F4M	QUI	CAR	GG	FCO	GX	CMC
Água	37	37.5	37.2	37.2	36.5	36.5	37.2	35.5	37.2	37.2
Tripolifosfato de sódio	0.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hidroxipropilmetilcelulose E4M	-	-	0.3	-	-	-	-	-	-	-
Hidroxipropilmetilcelulose F4M	-	-	-	0.3	-	-	-	-	-	-
Quitosana	-	-	-	-	1.0	-	-	-	-	-
Carragena	-	-	-	-	-	0.5	-	-	-	-
Goma guar	-	-	-	-	-	-	0.3	-	-	-
Fibra de colágeno	-	-	-	-	-	-	-	2.0	-	-
Goma xantana	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3	-
Carboximetilcelulose	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.3

Os respectivos ingredientes e/ou aditivos também foram utilizados (%) para cada tratamento: carne de porco: 60; condimento especial para presunto cozido: 0,5; eritorbato de sódio: 0,06; nitrito de sódio: 0,015; e cloreto de sódio: 2,0.

2.2 Processamento dos apresuntados

Os apresuntados foram preparados na Planta Piloto de Carnes, localizada no Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTA) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), em Campinas – SP, Brasil. Além dos ingredientes e aditivos utilizados conforme Tabela 1. Foram adicionados para cada tratamento: carne de porco: 60%; condimento especial para presunto cozido: 0,5%; eritorbato de sódio: 0,06%; nitrito de sódio: 0,015% e cloreto de sódio: 2,0%.

Os apresuntados foram processados com adição das matérias-primas, ingredientes e aditivos em misturadora doméstica Oster Perform (modelo FPSTM 2711-57) com tigela de aço inox e batedor de raquete com controle de velocidade variando de 1 a 8, sendo 1 a velocidade mínima e 8, velocidade máxima. Os aditivos foram diluídos e adicionados à carne suína já com NaCl e metade do gelo. Progressivamente, à medida em que os ingredientes foram adicionados, a velocidade do equipamento aumentou, com a homogeneização realizada dessa maneira: três minutos na velocidade mínima (1), quatro minutos na velocidade 2, quatro minutos na velocidade média (4), dois minutos na velocidade 6 e dois minutos na velocidade máxima (8), totalizando 15 minutos. O restante do gelo foi adicionado ao batter aos 7 minutos de mistura.

Os batters foram acondicionados em embalagem a vácuo de nylon-polietileno e armazenados em câmara fria (± 5 °C) por 24 horas para melhor desenvolvimento da cura. Em seguida, os batters foram pesados para análise de rendimento após cozimento, colocados em fôrmas de apresuntado e prensados manualmente com a tampa para fechamento do sistema, simulando o processo industrial.

Após envase, os batters foram tratados termicamente em banho de cozimento encamisado com circulação (RSA/708, Brasil) com temperatura inicial de 60°C por 30 minutos. Logo após, a temperatura foi gradualmente aumentada a cada 10 minutos com variação de 5°C até atingir 72°C no interior do apresuntado. Logo após, os produtos cárneos foram resfriados em banho de gelo e acondicionados em câmara fria (± 5 °C) até o momento das análises. O processamento foi conduzido em triplicata, em dias diferentes.

2.3 Análises físico-químicas

As análises físico-químicas foram realizadas 5 (cinco) dias após tratamento térmico do primeiro lote. A preparação das amostras para a execução de todas as análises, com exceção do pH, consistiu na homogeneização em moinho de facas Restch GM 200, com velocidade de 3.000 rpm por 6 segundos, e em seguida acondicionadas em sacos plásticos codificados.

2.3.1 Determinação de pH e atividade de água (Aw)

A determinação do pH, no batter e nos apresuntados, foi realizada com pHmetro portátil MA 130 Mettler Toledo, com sonda de penetração, a qual foi inserida diretamente na amostra em diferentes locais. A atividade de água foi determinada com medidor de Aw Aqualab (DECAGON Inc., Pullman, USA). As análises foram realizadas em três repetições.

2.3.2 Determinação de composição centesimal

As determinações dos teores de umidade, proteína e cinzas dos apresuntados foram realizadas de acordo com a Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2007). Os lipídeos foram determinados de acordo com Bligh & Dyer (1959), através da extração a frio. As análises foram feitas em três repetições por tratamento.

2.3.3 Determinação de cor

A cor das amostras foi medida usando o espectrofotômetro CM-5 (Konica Minolta), operando com iluminante D65, ângulo de visão 10 °, e modo de calibração RSEX (levando em conta o brilho da amostra). Esta análise foi baseada no sistema de cor CIELAB, com L* (luminosidade), a* (eixo vermelho-verde) e b* (eixo amarelo-azul). As variáveis foram medidas nos batters e nos apresuntados, em temperatura ambiente (± 25 °C). O índice de brancura (W) foi calculado a partir de L*, a* e b*, conforme Equação 1. Os batters foram avaliados logo após processamento e os apresuntados após 3 dias de estocagem sob refrigeração, todos com três repetições.

$$W = 100 - [(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}]^{1/2} \quad (1)$$

2.3.4 Capacidade de retenção de água

A capacidade de retenção de água foi realizada segundo Lucherker et al. (2016), que consistiu em compressão da amostra ($\pm 1 \text{ cm}^2$), em texturômetro TA.XT.plus entre dois papéis-filtro qualitativos Unifil, os quais ficaram em dessecador por 24 horas. Os papéis foram pesados antes e após compressão. Esta análise foi realizada com seis repetições para cada tratamento.

2.3.5 Perfil instrumental de textura (TPA)

O perfil de textura foi determinado utilizando o analisador de textura TA-xT2i (Texture Technologies Corp. Scarsdale, NY). As amostras foram comprimidas a 30% do seu peso original, em temperatura ambiente. Foram utilizadas seis amostras por tratamento com dimensões padronizadas (20mm de diâmetro e 20 mm de altura). O probe P-35 foi utilizado (haste longa, de base normal). Os parâmetros texturais avaliados foram dureza (N), elasticidade (m), coesividade, gomosidade e mastigabilidade (Mendoza et al., 2001).

2.3.6 Microscopia eletrônica de varredura

A morfologia dos apresuntados foi obtida através do microscópio eletrônico de varredura de alto vácuo TM 3000 Tabletop Microscope (Hitachi High Technologies, Japão), com tensão de aceleração de 15kV no modo Analy. As amostras foram cortadas com dimensões de aproximadamente 1 cm^2 e 0,2 cm de espessura, sendo inserida diretamente no equipamento, sem tratamento prévio, em temperatura ambiente. As imagens foram feitas em triplicata para cada tratamento, com 250x de aumento.

2.3.7 Rendimento após cozimento

O rendimento após cozimento foi realizado de acordo com metodologia de Yotsuyanagi et al. (2016), que consistiu na determinação da diferença da pesagem do batter antes e após o cozimento e repouso sob refrigeração (± 5 °C), multiplicado por 100 para obtenção do resultado em porcentagem. Esta análise foi realizada em cada peça de cada tratamento de apresuntado.

2.3.8 Análise estatística

O processamento foi realizado em três repetições independentes com os mesmos ingredientes e formulações. Três amostras foram retiradas, no mínimo, para cada análise físico-química. Os resultados obtidos foram analisados usando análise de variância (ANOVA) com modelos lineares (GLM - Modelos Lineares Gerais), usando o Statsoft. Inc. versão 7 do software (TIBCO Software Inc., Califórnia, EUA) e expressos como a média e o desvio padrão de todos os dados. O teste de Tukey com nível de significância de 5% ($P \leq 0,05$) foi usado para determinar diferenças significativas entre os tratamentos, considerando os tratamentos como efeito fixo e a replicação do experimento como termo aleatório ($n = 3$).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Composição química, pH e A_w

A composição química dos diferentes tratamentos está apresentada na Tabela 2. De acordo com os resultados, a substituição de fosfato por goma xantana (GX) aumentou ($p \leq 0,05$) o teor de umidade no apresuntado em comparação aos outros tratamentos, exceto pelo tratamento com carragena, e uma redução do conteúdo de água foi notada em tratamentos com hidroxipropilmetilceluloses (HPMC E4M e HPMC F4M). Segundo Luvielmo & Scamparini (2009), a goma xantana é um produto higroscópico, ou seja, possui alta capacidade de absorver água, o que foi observado nos resultados reportados. Outros autores também observaram aumento no teor de água em produtos cárneos com adição de goma xantana (Kilincceker & Yilmaz et al., 2016; Rather et al., 2015). A redução do conteúdo de água em tratamentos com HPMC também foi vista por Marchetti et al. (2014) em um estudo sobre as propriedades de emulsões cárneas com baixo teor de lipídios formuladas com óleo de peixe e

diferentes ligantes. De acordo com os mesmos autores, a inclusão de HPMC reduziu a umidade e o rendimento devido às interações mais fracas entre a água e a rede proteica. Zhou et al. (2022) em sua revisão recente sobre aplicações de celulose modificada em produtos cárneos avaliaram que as interações eletrostáticas entre moléculas de proteína e celulose desempenham um papel decisivo nas propriedades dos sistemas cárneos e estudos mais sistemáticos devem ser realizados para elucidar estas interações. No que se refere à redução no teor de umidade no tratamento FCO, essa já era prevista devido a menor concentração de água adicionada na formulação (Tabela 1). Sousa et al. (2017) estudaram a substituição parcial da gordura em salsicha tipo Frankfurt por colágeno hidrolisado e observaram que a retirada da gordura levou a uma perda significativa da umidade e que o colágeno adicionado não conseguiu recuperar tais níveis.

O teor de proteínas também foi afetado pela substituição de fosfato, onde o tratamento contendo fibra de colágeno (FCO) apresentou aumento ($p \leq 0,05$) desse componente. De acordo com a empresa NovaProm, empresa fornecedora da fibra de colágeno, esse ingrediente apresenta alto teor de proteína, no mínimo 98%, o que poderia ter levado ao aumento em relação aos outros tratamentos analisados. Vários pesquisadores também relataram esse efeito em produtos cárneos com adição de colágeno (Sousa et al., 2017; Ham et al., 2016; Olanwanit & Rojanakorn, 2019). O tratamento contendo hidroxipropilmetilcelulose (HPMC E4M) também obteve alto teor de proteína, similar ao FCO. No entanto, esse valor pode estar relacionado com sua alta perda de líquido durante cozimento, resultando em baixo rendimento e alteração no teor de proteínas. Coma et al. (2003) observaram que a hidroxipropilmetilcelulose possui caráter hidrofóbico, resultando em perda de suas propriedades extensoras dependendo do teor de água adicionado.

Os tratamentos com hidroxipropilmetilcelulose (HPMC F4M) e goma xantana (GX) apresentaram redução ($p \leq 0,05$) no teor de lipídeos quando comparados ao apresentado controle sem fosfato (FC2). Acredita-se que a perda nesses tratamentos se deve a menor capacidade de retenção de gordura dos ingredientes adicionados. Demirci et al. (2014) investigaram o efeito da adição de diferentes níveis de goma xantana, goma guar, carragena e alfarroba nas propriedades físicas, químicas e sensoriais de almôndegas e também observaram redução do teor de lipídeos com

adição de goma xantana em diferentes níveis (0,5, 1,0 e 1,5%). Já Rather et al. (2015) não observaram diferença significativa na concentração de gordura em gushtaba, um produto cárneo tradicional da Índia, com adição de 0,5, 1,0 e 1,5% de goma xantana. Dessa forma, considera-se que esse ingrediente pode apresentar uma capacidade de retenção de água superior a gordura, porém, dependendo das características de processamento do produto cárneo e da matéria prima, os efeitos podem ser minimizados.

Quanto ao teor de cinzas dos apresentados, foi observada diferença entre os tratamentos controles, onde a exclusão de tripolifosfato de sódio da formulação (FC2) apresentou redução ($p \leq 0,05$) no teor de cinzas. Schutte et al. (2021) avaliaram o efeito da substituição do tripolifosfato de sódio por carragena tipo “iota” sobre as características de presunto de avestruz. Segundo esses autores, o conteúdo de cinzas dos produtos diminuiu com a redução dos níveis de tripolifosfato de sódio e pode ser justificado pela menor concentração de fósforo presente nas amostras. Além disso, no presente estudo, os tratamentos adicionados de quitosana (QUI) e carragena (CAR) apresentaram valores de cinzas significativamente maiores aos se comparar com o controle sem fosfato (FC2) e aos adicionados de hidroxipropilmetilceluloses (HPMC E4M e HPMC F4M), goma guar (GG) e fibra de colágeno (FCO). Outras pesquisas com a utilização carragena em produtos cárneos também refletiram em mudanças no teor de cinzas (Kim et al., 2020; Demirci et al., 2014). Já no que diz respeito à quitosana, esse efeito pode ser resultante de sua composição, onde consta em sua especificação técnica ditada pelo fabricante, a presença de 1,5% de cinzas totais, o que provavelmente poderá ter contribuído para esse resultado.

O pH é um atributo muito importante no desenvolvimento de produtos cárneos, pois tem influência sobre o comportamento das proteínas miofibrilares através de mudanças da força eletrostática repulsiva, entre os miofilamentos, e pode modificar a capacidade de retenção de água (Zhang et al., 2021). Na Tabela 2 estão dispostos os valores para pH do batter e apresentado. O tratamento que continha quitosana (QUI) apresentou maiores valores de pH (batter e produto) e diferiu ($p \leq 0,05$) dos demais tratamentos. Battisti & Campana-Filho (2008), quantificaram o teor de metais em quitinas comerciais (polímero utilizado na produção de quitosana), com valores altos para o íon cálcio em marcas comerciais, incluindo o fabricante que forneceu a

quitosana utilizada neste trabalho. Provavelmente, o conteúdo desse íon contribuiu para o aumento do pH. Em consonância com esses resultados, Jin et al. (2019) em um estudo sobre os efeitos da celulose e quitosana na substituição do sódio avaliaram as características físico-químicas e sensoriais de embutidos e observaram um aumento do pH com a inclusão de 3% de quitosana. Amaral et al. (2015) também verificaram essa mudança no pH em linguiça de porco com baixo teor de gordura à base de quitosana (2%) e consideraram esse aumento devido à natureza básica desse ingrediente, promovida pelos grupos amino presentes. Martins et al. (2019) avaliaram as alterações microbiológicas, físicas e químicas na qualidade da mortadela, as quais foram submetidas à adição de diferentes concentrações de quitosana (1, 2 e 3%) e também observaram aumento do pH nesses tratamentos.

Em relação à atividade de água (Tabela 2), a substituição de fosfato por hidrocolóides não influenciou ($p>0,05$) no teor de água livre dos apresuntados. A adição de fosfato em produtos cárneos promove mudanças no pH e elevação da força iônica, o que facilita a extração das proteínas miofibrilares e aumenta a capacidade de retenção de água (Glorieux et al., 2017). Dessa forma, sua exclusão nos produtos poderia diminuir a ligação com a água devido a redução da força iônica e aumentar o teor de água livre. Entretanto, não foram observadas diferenças ($p>0,05$) entre os controles. Acredita-se que, apesar dos efeitos provocados pela redução de fosfatos, os níveis de NaCl se mantiveram inalterados, o que poderia ter compensado os impactos sob a capacidade de retenção de água. A redução de fosfatos em produtos cárneos também não alterou a atividade de água em outros estudos (Vidal et al., 2020; Magalhães et al., 2020).

Tabela 2. Composição química, pH dos batters e apresentados e atividade de água

Tratamentos	Umidade	Proteína	Lipídeos	Cinzas	pH Batter	pH Produto	Aw
FC1	79,35 ±0,09 ^{bc}	14,68 ±0,05 ^{cd}	2,90 ±0,24 ^{ab}	3,30 ±0,08 ^{ab}	6,18 ±0,08 ^b	6,25 ±0,03 ^b	0,9803 ±0,01 ^a
FC2	79,41 ±0,17 ^{bc}	14,55 ±0,43 ^{cd}	3,50 ±0,03 ^a	2,91 ±0,06 ^c	5,98 ±0,06 ^b	6,22 ±0,02 ^b	0,9822 ±0,01 ^a
HPMC E4M	78,31 ±0,14 ^{de}	16,18 ±0,08 ^{ab}	2,76 ±0,36 ^{ab}	2,92 ±0,04 ^c	5,95 ±0,06 ^b	6,23 ±0,03 ^b	0,9831 ±0,01 ^a
HPMC F4M	78,20 ±0,10 ^{de}	15,52 ±0,06 ^{bc}	2,22 ±0,35 ^b	2,99 ±0,12 ^{bc}	6,05 ±0,04 ^b	6,27 ±0,03 ^b	0,9804 ±0,01 ^a
QUI	79,49 ±0,08 ^{bc}	14,54 ±0,13 ^{cd}	3,19 ±0,04 ^{ab}	3,40 ±0,04 ^a	6,68 ±0,07 ^a	6,74 ±0,03 ^a	0,9800 ±0,01 ^a
CAR	80,06 ±0,14 ^{ab}	13,33 ±0,09 ^e	3,05 ±0,02 ^{ab}	3,38 ±0,06 ^a	6,14 ±0,07 ^b	6,37 ±0,06 ^b	0,9801 ±0,01 ^a
GG	78,97 ±0,45 ^{cd}	14,33 ±0,41 ^{de}	3,60 ±0,24 ^a	2,96 ±0,02 ^c	5,95 ±0,08 ^b	6,21 ±0,04 ^b	0,9799 ±0,01 ^a
FCO	77,92 ±0,20 ^e	16,85 ±0,14 ^a	3,07 ±0,22 ^{ab}	3,01 ±0,10 ^{bc}	6,09 ±0,06 ^b	6,25 ±0,04 ^b	0,9795 ±0,01 ^a
GX	80,90 ±0,05 ^a	13,58 ±0,23 ^{de}	2,10 ±0,39 ^b	3,11 ±0,02 ^{abc}	5,96 ±0,07 ^b	6,20 ±0,04 ^b	0,9803 ±0,01 ^a
CMC	79,37 ±0,20 ^{bc}	14,29 ±0,28 ^{de}	3,54 ±0,01 ^a	3,23 ±0,05 ^{abc}	5,99 ±0,07 ^b	6,23 ±0,03 ^b	0,9798 ±0,01 ^a

* Valores representam a média ± desvio padrão. ^{a,b,c,d,e} na mesma coluna com mesmas letras não diferem significativamente com $p < 0.05$.

¹ Para denominações dos tratamentos, consulte a Tabela 1.

3.2 Capacidade de retenção de água e rendimento

A capacidade de retenção de água (CRA) em produto reestruturado é de grande relevância por haver altos teores de água adicionados à formulação e está diretamente relacionada à suculência de um alimento. Conforme mostrado na Figura 1, o tratamento contendo fibra de colágeno (FCO) obteve maior CRA ($p < 0,05$), sem diferença significativa entre todos os tratamentos para rendimento ($p > 0,05$). O formato na qual a fibra de colágeno se apresenta auxilia na capacidade de retenção de água no interior do alimento, proporcionando vantagens como extensor e ligante de água (Prabhu & Doerscher, 2000, Prabhu et al., 2004, Schilling et al., 2003, Tarté, 2009), além de sua formação de gel quando em temperaturas mais amenas, inibindo a saída de líquido do produto.

Os tratamentos contendo hidroxipropilmetilceluloses (HPMC E4M e HPMC F4M) e goma xantana (GX) não diferiram ($p > 0,05$) do tratamento controle com fosfato (FC1) para CRA. Enquanto a goma xantana possui uma alta capacidade de reter água, comprovada pelo seu alto rendimento após cozimento, as hidroxipropilmetilceluloses não conseguiram reter água após tratamento térmico pois, de acordo com Dziezak (1991) e Glicksman (1969), esses hidrocolóides perdem suas propriedades gelificantes quando resfriados. Tais perdas poderiam auxiliar a explicar os menores valores de rendimento obtidos por estes tratamentos ao se comparar com os demais. No entanto, provavelmente houve uma interação entre proteína e o hidrocolóide, o que contribuiu para uma maior resistência à saída de líquido do apresetado e valores de CRA semelhantes a FC1 e GX.

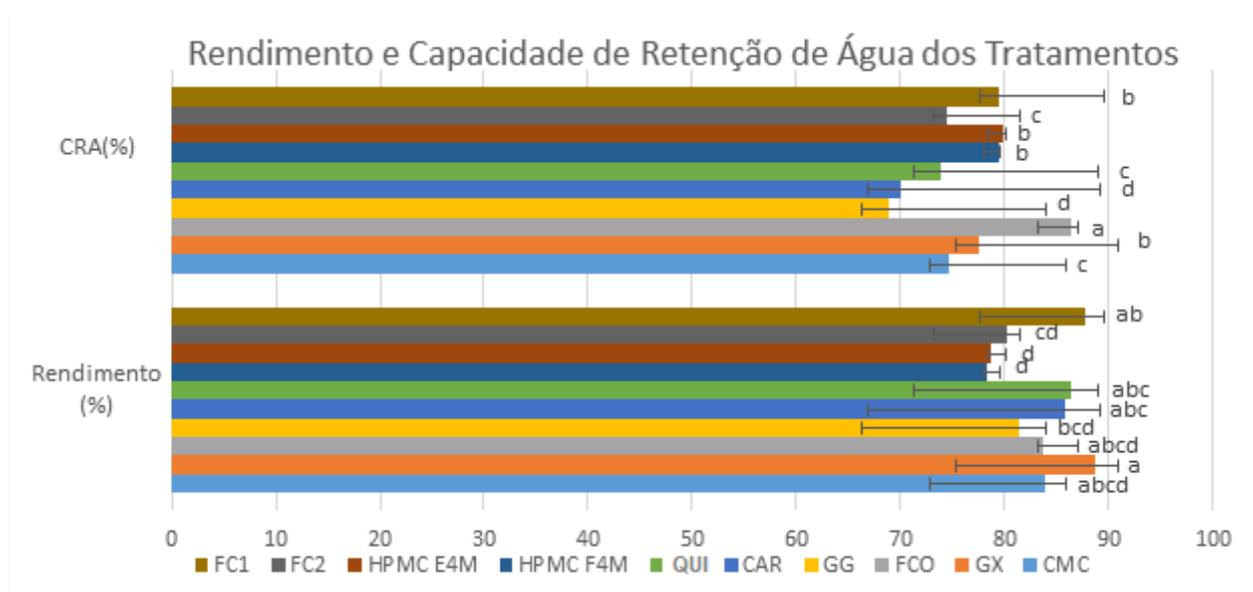


Figura 2. Rendimento e Capacidade de retenção de água dos tratamentos

¹ Para as denominações dos tratamentos, consulte a Tabela 1.

O tratamento contendo quitosana (QUI) obteve baixo valor para CRA, assim como os tratamentos sem fosfato (FC2) e com carboximetilcelulose (CMC) ($p > 0,05$). Apesar de fornecer um alto valor de pH ao produto final, o que é desejável para afastamento do ponto isoelétrico e aumento da extração das proteínas miofibrilares (Hamm, 1986, Offer & Knight, 1988), a quitosana possui solubilidade limitada em água, álcalis e solventes (Kumar, 2000). Essa limitação possivelmente contribuiu para uma dispersão ineficiente deste hidrocolóide, uma vez que o mesmo foi adicionado ao processo sem prévia diluição. Além disso, a formulação apresentava alto teor de água.

3.3 Análise objetiva de cor

A cor é um atributo fundamental a ser avaliado em produtos cárneos curados que tem como característica sua cor rósea. Na Tabela 3 estão apresentados os valores de índice de brancura (W), L^* , a^* e b^* dos batters e apresentados. Os batters com substituição de fosfato por hidroxipropilmetilceluloses (HPMC E4M e HPMC F4M) apresentaram redução ($p \leq 0,05$) do índice de brancura e L^* . Entretanto, um efeito contrário foi promovido pela goma guar, com aumento ($p \leq 0,05$) desses parâmetros. Na Figura 2, onde são apresentadas imagens para uma análise visual dos batters, é possível correlacioná-las com esses resultados, onde os tratamentos HPMC E4M e HPMC F4M podem ser percebidos como os mais escuros. Em relação aos

apresentados, o tratamento com carragena (CAR) resultou em menor ($p \leq 0,05$) índice de brancura e L^* , não diferindo apenas dos tratamentos HPMC F4M e CMC. Através da Figura 4 é possível observar que a carragena possui uma cor levemente amarelada, considerada a mais escura dentre os hidrocolóides avaliados, o que pode ter contribuído para menor luminosidade no produto final. Resultado contrário foi obtido por Kim et al. (2020) ao avaliarem o efeito da carragena sob as características de charque reestruturado semi-seco observaram aumento da luminosidade com adição de 0,3% deste ingrediente. Tais diferenças na coloração poderiam ocorrer devido as concentrações utilizadas, das características de processamento dos produtos, além das propriedades da própria carragena adicionada em diferentes estudos. Marchetti et al. (2013) selecionaram várias proteínas e hidrocolóides e investigaram seus efeitos em salsichas com baixo teor de gordura e óleo de peixe pré-emulsificado e observaram redução da luminosidade nos produtos com adição de 1% de HPMC.



Figura 3. Batters dos tratamentos realizados.

¹ Para denominações dos tratamentos, consulte a Tabela 1.

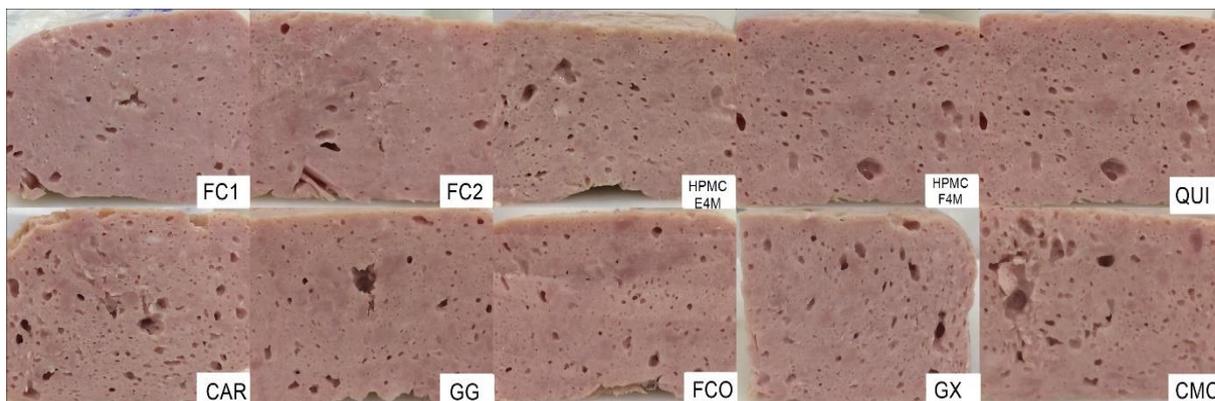


Figura 4. Tratamentos após cozimento

¹ Para denominações dos tratamentos, consulte a Tabela 1.



Figura 5. Hidrocolóides utilizados na reformulação dos apresetados.

¹ Para as denominações dos tratamentos, consulte a Tabela 1.

Para o parâmetro a^* , o qual determina a intensidade da cor vermelha, o apresetado adicionado de quitosana (QUI) apresentou redução ($p \leq 0,05$) em relação a todos os outros tratamentos estudados. Em consonância com esses resultados, Jin et al. (2019) em um estudo sobre a substituição de sódio em salsichas de porco, adicionaram 3% de quitosana e observaram redução no valor de a^* . Carvalho et al. (2020) também investigaram a inclusão de 3% de quitosana em salsicha de carne de peru e verificaram uma diminuição de a^* . Em relação à intensidade da cor amarela dos apresetados, o tratamento controle com fosfato (FC1) obteve menor valor para b^* , não diferindo apenas dos tratamentos FC2, HPMC E4M e GX ($p > 0,05$). Pematilleke et al. (2021) também observaram aumento de b^* com adição de 1% de CMC em hambúrgueres bovinos desenvolvidos para pessoas com dificuldades de deglutição. Além disso, algumas pesquisas também evidenciaram as mudanças na cor instrumental com a aplicação de HPMC, quitosana, carragena, fibra de colágeno em produtos cárneos (Demirci et al., 2014; Schutte et al., 2021; Kilincceker & Yilmaz et al., 2016; Ham et al., 2016).

Apesar dos baixos resultados para batter apresentados na Tabela 3 e observados na Figura 3, o uso de nitrito de sódio, responsável não somente pela segurança microbiológica do alimento, mas também agente de cura (Marco et al., 2006), combinado de eritorbato de sódio e maturação antes de cozimento contribuíram para apresetados com cura uniforme, sem significativa variação entre

os tratamentos, exceto a quitosana, especialmente quando observado o eixo a* ($p > 0,05$), de forma a manter a cor rósea característica deste reestruturado.

Tabela 3. Cor objetiva dos batters e apresentados

Tratamentos	W		L		a*		b*	
	Batter	Produto	Batter	Produto	Batter	Produto	Batter	Produto
FC1	64,87 ± 0,99 ^b	61,02 ± 0,36 ^{abc}	69,61 ± 1,01 ^b	63,52 ± 0,33 ^{abc}	4,23 ± 0,22 ^d	8,93 ± 0,07 ^a	17,06 ± 0,21 ^d	10,40 ± 0,23 ^c
FC2	61,05 ± 0,92 ^{bcd}	60,84 ± 0,02 ^{abc}	65,76 ± 0,96 ^{bcd}	63,44 ± 0,03 ^{abc}	5,31 ± 0,18 ^{bc}	9,37 ± 0,09 ^a	17,75 ± 0,14 ^{bcd}	10,48 ± 0,08 ^{bc}
HPMC E4M	52,78 ± 0,49 ^e	60,80 ± 0,16 ^{abc}	57,12 ± 0,56 ^e	63,77 ± 0,18 ^{abc}	7,45 ± 0,29 ^a	9,03 ± 0,26 ^a	18,27 ± 0,17 ^{bc}	11,48 ± 0,32 ^{abc}
HPMC F4M	52,40 ± 0,46 ^e	60,12 ± 0,25 ^{bcd}	56,97 ± 0,40 ^e	62,99 ± 0,25 ^{cd}	8,14 ± 0,35 ^a	9,22 ± 0,20 ^a	18,61 ± 0,26 ^{ab}	11,61 ± 0,19 ^{ab}
QUI	58,83 ± 0,37 ^{cd}	60,64 ± 0,16 ^{abc}	64,30 ± 0,37 ^{cd}	63,32 ± 0,15 ^{bc}	7,28 ± 0,12 ^a	7,27 ± 0,28 ^b	19,17 ± 0,13 ^a	12,20 ± 0,38 ^a
CAR	59,80 ± 1,30 ^{cd}	59,53 ± 0,29 ^d	64,71 ± 1,38 ^{cd}	62,22 ± 0,29 ^d	5,83 ± 0,21 ^b	8,61 ± 0,31 ^a	18,29 ± 0,19 ^{bc}	11,61 ± 0,37 ^{ab}
GG	70,87 ± 0,53 ^a	61,06 ± 0,15 ^{ab}	75,42 ± 0,50 ^a	63,97 ± 0,14 ^{ab}	2,61 ± 0,08 ^e	8,45 ± 0,17 ^a	15,40 ± 0,20 ^e	12,09 ± 0,19 ^a
FCO	58,44 ± 1,05 ^d	60,56 ± 0,15 ^{bc}	62,84 ± 1,20 ^d	63,36 ± 0,12 ^{abc}	5,79 ± 0,17 ^b	8,46 ± 0,18 ^a	17,59 ± 0,10 ^{cd}	11,87 ± 0,23 ^a
GX	60,91 ± 0,91 ^{bcd}	61,62 ± 0,24 ^a	65,52 ± 0,99 ^{bcd}	64,30 ± 0,26 ^a	5,20 ± 0,04 ^{bc}	8,52 ± 0,20 ^a	17,64 ± 0,14 ^{cd}	11,19 ± 0,25 ^{abc}
CMC	63,00 ± 1,38 ^{bc}	60,07 ± 0,12 ^{cd}	67,53 ± 1,46 ^{bc}	63,16 ± 0,15 ^{bcd}	4,67 ± 0,16 ^{cd}	9,36 ± 0,13 ^a	17,05 ± 0,28 ^d	12,22 ± 0,16 ^a

* Os valores representam a média ± desvio padrão. ^{a,b,c,d,e} na mesma coluna com as mesmas letras não diferem significativamente com P < 0.05.

¹ Para denominações dos tratamentos, consulte a Tabela 1.

3.4 Perfil instrumental de textura

A análise do perfil de textura (TPA) possui grande relevância para correlacionar as características texturais e a integridade estrutural da matriz cárnea com os atributos percebidos pelos consumidores (Chattopadhyay et al., 2019). Em um produto cárneo reestruturado, a textura deve ser detalhadamente avaliada já que a exclusão do tripolifosfato de sódio (STPP) pode acarretar em mudanças na estrutura dos apesuntados, conforme demonstram os resultados na Tabela 4. O tratamento FC2 sem adição de fosfato e ingredientes não-cárneos apresentou diminuição ($P < 0.05$) na firmeza, mastigabilidade, gomosidade e elasticidade em relação ao tratamento controle (FC1) com 0.5% de STPP. Isso possivelmente se deve ao fato do STPP promover uma eficaz extração das proteínas miofibrilares e aumentar as propriedades emulsificantes e gelificantes, aumentando a firmeza e a coesão estrutural dos produtos cárneos (Glorieux et al., 2017).

Tabela 4. Perfil de textura dos apesuntados com diferentes concentrações de derivados de celulose, gomas, proteínas e fibras

Tratamentos	Dureza	Elasticidade	Coesividade	Gomosidade	Mastigabilidade
FC1	7,04 ± 0,48 ^b	0,93 ± 0,01 ^a	0,82 ± 0,01 ^{ab}	5,78 ± 0,38 ^b	5,36 ± 0,35 ^b
FC2	4,98 ± 0,55 ^{cd}	0,88 ± 0,01 ^{bc}	0,81 ± 0,01 ^b	4,04 ± 0,44 ^{cd}	3,59 ± 0,40 ^c
HPMC E4M	6,30 ± 0,37 ^{bc}	0,86 ± 0,01 ^c	0,81 ± 0,01 ^b	5,10 ± 0,30 ^{bc}	4,40 ± 0,26 ^{bc}
HPMC F4M	5,63 ± 0,38 ^{bc}	0,85 ± 0,02 ^{cd}	0,81 ± 0,01 ^b	4,56 ± 0,29 ^{bc}	3,89 ± 0,29 ^c
QUI	5,29 ± 0,37 ^{bcd}	0,88 ± 0,07 ^{bc}	0,80 ± 0,01 ^b	4,26 ± 0,30 ^c	3,77 ± 0,27 ^c
CAR	6,24 ± 0,24 ^{bc}	0,87 ± 0,01 ^c	0,81 ± 0,01 ^b	5,06 ± 0,18 ^{bc}	4,39 ± 0,17 ^{bc}
GG	3,52 ± 0,37 ^{de}	0,82 ± 0,01 ^{de}	0,78 ± 0,01 ^c	2,76 ± 0,31 ^{de}	2,27 ± 0,26 ^d
FCO	8,99 ± 0,45 ^a	0,91 ± 0,01 ^{ab}	0,84 ± 0,01 ^a	7,54 ± 0,36 ^a	6,88 ± 0,32 ^a
GX	2,99 ± 0,32 ^e	0,79 ± 0,01 ^e	0,71 ± 0,01 ^d	2,15 ± 0,24 ^e	1,73 ± 0,21 ^d
CMC	2,84 ± 0,29 ^e	0,81 ± 0,01 ^{de}	0,77 ± 0,01 ^c	2,19 ± 0,23 ^e	1,79 ± 0,19 ^d

* Os valores representam a média ± desvio padrão. ^{a,b,c,d,e} na mesma coluna com as mesmas letras não diferem significativamente com $P < 0.05$.

¹ Para denominações de tratamentos, consulte a Tabela 1.

Neste estudo, os resultados do TPA (Tabela 4) mostraram que a carboximetilcelulose (CMC) e as gomas xantana e guar tiveram efeitos pronunciados em todos os parâmetros texturais, com valores significativamente menores ($P < 0.05$) quando comparados ao tratamento controle (FC1). A diminuição da firmeza e mastigabilidade, assim como da elasticidade, coesividade e gomosidade percebida nestes tratamentos (CMC, GG e GX), pode ser atribuída, segundo Han & Bertram (2017) e Andrès et al. (2006) a uma desestabilização do batter cárneo com a adição destes ingredientes, que após o aquecimento, não se converte em uma rede coesa de proteínas. A hipótese é que a adição destas fibras/hidrocolóides ao sistema cárneo tenha interferido de forma negativa na rede de gel proteína-água ou proteína-proteína, o que, por sua vez, diminuiu a força de gel e a firmeza dos produtos. Han & Bertram (2017) observaram diminuição significativa ($P < 0.05$) da firmeza em sistemas modelo cárneos com teor reduzido de gordura ao adicionarem 2% de carboximetilcelulose. Da mesma forma, Andrès et al. (2006) reportaram diminuição da firmeza e da mastigabilidade de salsichas de frango com redução de gordura e adição de gomas guar e xantana. Resconi et al. (2016) encontraram um aumento linear contínuo da firmeza em presuntos com fosfato adicionado até os níveis máximos estudados (0.3%).

Outro resultado que deve ser destacado é a influência exercida pela fibra de colágeno nas características de textura das amostras de apresuntado, com valores significativamente maiores ($P < 0.05$) para os atributos de firmeza, mastigabilidade e gomosidade em relação ao controle (FC1). A fibra de colágeno apresenta cadeias proteicas mais curtas e com maior exposição de grupos hidrofílicos, como resíduos de hidroxiprolina, o que possivelmente favoreceu a interação com água e, conseqüentemente, as propriedades gelificantes (Máximo & Cunha, 2010) do sistema cárneo. Ainda de acordo com Pereira et al. (2011), a fibra de colágeno possui capacidade de reter água através da matriz proteica, inchando ao entrar em contato com a água, o que confere textura e coesão, contribuindo para um produto final mais firme. Além disso, o nível de adição da fibra de colágeno, sendo o ingrediente com maior porcentagem utilizada na reformulação e seu formato de apresentação certamente favoreceu para uma

maior formação de gel, o que por sua vez aumentou a firmeza, mastigabilidade e gomosidade do produto.

Os tratamentos HPMC E4M e CAR tiveram um desempenho bastante satisfatório em relação às propriedades de textura uma vez que não diferiram ($P > 0.05$) do tratamento controle (FC1) em relação a todos os parâmetros, com exceção da elasticidade. Em nosso melhor conhecimento ainda não há estudos que avaliam o HPMC como ingrediente substituto de fosfatos em produtos cárneos. Contudo, Wang et al. (2021) investigaram o comportamento de gelificação e propriedades reológicas deste composto e relataram que o HPMC é um gel térmico, que em altas temperaturas, em nosso caso durante o cozimento do apresuntado, as interações entre grupos hidrofóbicos e entre os grupos hidroxila hidrofílicos são favorecidas, aumentando assim a rede tridimensional formada juntamente com a estrutura proteica, além da elevação da viscosidade. O fato de o HPMC E4M possuir um maior percentual de grupamentos hidroxila quando comparado com o HPMC F4M pode ter favorecido também uma maior interação com a água na matriz proteica das amostras de apresuntado.

3.5 Microestrutura Eletrônica de Varredura

A análise de microscopia eletrônica de varredura (MEV) foi realizada pelo método não destrutivo. Nessa análise foi possível fazer uma correlação entre matriz proteica, pH, perfil de textura e perdas no cozimento sendo possível avaliar o desempenho dos hidrocolóides e os efeitos da ausência do tripolifosfato de sódio nos apresuntados.

As micrografias dos apresuntados podem ser visualizadas na Figura 5. Segundo Magalhães et al. (2020), as áreas mais escuras neste tipo de análise não destrutiva possivelmente representam a água retida na matriz proteica.

No tratamento com tripolifosfato de sódio (FC1) é possível observar uma estrutura mais uniforme, assim como nos tratamentos adicionados de carragena

(CAR) e fibra de colágeno (FCO). Sabe-se que as proteínas miofibrilares são melhores extraídas quando o pH se encontra afastado do ponto isoelétrico da carne. Essa estrutura pode ser relacionada com os valores mais altos para dureza, elasticidade, coesividade, gomosidade e mastigabilidade. No caso da fibra de colágeno, é possível que a forma física do hidrocolóide tenha contribuído na ligação de água, o que resultou em altos valores para perfil de textura.

No tratamento sem fosfato (FC2), assim como nos tratamentos com HPMC E4M, GG, GX e CMC, foi notada a presença de espaços escuros, o que pode ser devido a uma capacidade de ligação ineficiente por parte dos hidrocolóides, com água fracamente ligada ao meio, conferindo uma textura menos desejada nesses tipos de produtos cárneos. Para o tratamento adicionado de fosfato (FC1), o alto valor de dureza provavelmente ocorreu pela coesão e eficiência na ligação da extração das proteínas miofibrilares, com poucos poros na micrografia. Para os tratamentos GG e GX, a baixa perda de líquido na estabilidade do batter evidencia o caráter de alta absorção de umidade das gomas.

A partir do baixo rendimento, é possível prever que o tratamento com HPMC F4M não foi capaz de ligar a água, promovendo uma facilidade na saída da mesma do interior do alimento. Entretanto, essa disponibilidade de água afetou os parâmetros de textura, semelhante ao tratamento sem fosfato (FC2). Já para o tratamento com quitosana (QUI) foi observada uma estrutura mais coesa, porém com alguns pontos escuros pontuais. A quitosana aumentou o pH do produto, o que contribuiu para um rendimento similar ao tratamento controle com fosfato (FC1) após cozimento. No entanto, seus baixos valores para TPA e CRA provavelmente ocorreram por não haver uma ação da quitosana sobre as proteínas miofibrilares similar ao tripolifosfato de sódio, resultando em um gel fraco, com baixa estabilidade.

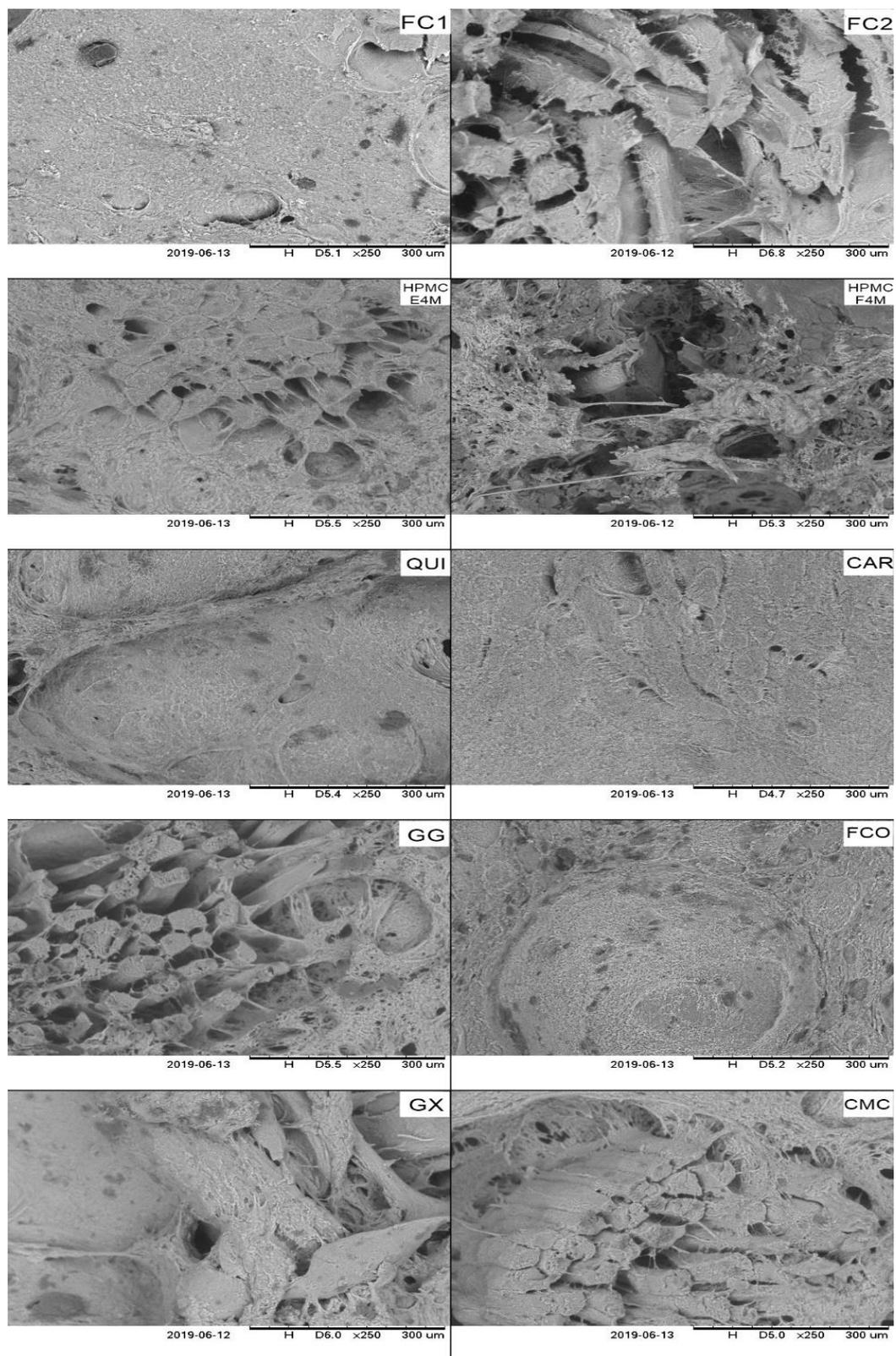


Figura 6. Micrografias dos apresentados com diferentes concentrações de derivados de celulose, gomas, proteínas e fibras. Para denominações dos tratamentos, consulte a Tabela 1.

4. CONCLUSÃO

A substituição do tripolifosfato de sódio pelos hidrocolóides causou alterações nos apresentados em relação aos parâmetros físicos e químicos. As gomas e derivados de celulose proporcionaram baixos desempenhos do ponto de vista estrutural. Por outro lado, a fibra de colágeno forneceu bons resultados para perfil de textura, capacidade de retenção de água e rendimento, considerando o alto teor de água na formulação e a quantidade do ingrediente utilizado. Os resultados obtidos indicam que, neste trabalho, o uso de derivados de celulose e gomas isolados não são os mais indicados para substituir o tripolifosfato de sódio, enquanto que a fibra de colágeno apresentou um conjunto de resultados mais próximos do tratamento controle, sendo mais indicada para este tipo de substituição. Todavia, é de extrema importância que os hidrocolóides continuem sendo estudados de formas combinadas e possivelmente com adição de agente extensor, como a fécula de mandioca que possui alta capacidade de retenção de água de forma a manter a água fortemente ligada ao produto cárneo mesmo após tratamento térmico e refrigeração.

5. AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi apoiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABERLE, E. D., FORREST, J. C., GERRARD, D. E., & MILLS, E. W. (2001). **Principles of meat science** (4th ed). Iowa, USA: Kendall/Hunt Publishing Company.

Amaral, D. S., Cardelle-Cobas, A., Nascimento, B. M., Madruga, M. S., & Pintado, M. M. (2015). **Development of a low fat fresh pork sausage based on Chitosan with health claims: impact on the quality, functionality and shelf-life**. *Food & Function*, 6(8), 2768-2778. <http://dx.doi.org/10.1039/>

Andrés, M.E. García, N.E. Zaritzky, A.N. Califano, **Storage stability of low-fat chicken sausages**, Journal of Food Engineering, Volume 72, Issue 4, 2006, Pages 311-319, ISSN 0260-8774, <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.08.043>.

AOAC (2007) **Official Methods of Analysis**. 18th Edition, Association of Official Analytical chemists, Gaithersburg.

BARBIERI, G., DALLATANA, F., FRANCESCHINI M., BARBIERI, G. **Salt reduction in cooked ham: Effect of tumbling and salt level on protein extraction and salt diffusion**. 59th international congress of meat science and technology, 18–23 Aug., Izmir, Turkey (2013).

BATTISTI, M. V.; CAMPANA-FILHO, S. P. **Obtenção e caracterização de α -quitina e quitosanas de cascas de *Macrobrachium rosebergii***. Quím. Nova, v. 31, n. 8, São Paulo, 2008.

BENINI, O., D'ALESSANDRO, C., GIANFALDONI, D., CUPISTI, A. **Extra-phosphate load from food additives in commonly eaten foods: A real and insidious danger for renal patients**. Journal of Renal Nutrition, 21 (4) (2011), pp. 303-308.

BLIGH, E.G.; DYER, W.J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v.37, p.911-914, 1959.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA**. Instrução Normativa nº 20 de 31 de Julho de 2000. Brasília, 02 de Janeiro de 2000.

BRASIL. **Resolução da Diretoria Colegiada – RDC Nº 272, de 14 de Março de 2019**. Brasília, 14 de Março de 2019.

CÂMARA, A. K. F. I., VIDAL, V. A. S., SANTOS, M., BERNARDINELLI, O. D., SABADINI, E., POLLONIO, M. A. R. **Reducing phosphate in emulsified meat**

products by adding chia (*Salvia hispanica L.*) mucilage in powder or gel format: a clean label technological strategy. Meat Science, 2020.

Carvalho, Larissa Tatero et al. **Use of Turkey Meat Affected by White Striping Myopathy for the Development of Low-Fat Cooked Sausage Enriched with Chitosan.** Foods. Basel: Mdpi, v. 9, n. 12, 14 p., 2020. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/209819>>.

Chattopadhyay K, Ajmad MJ, Layana P, Bushan NB. **Chitosan gel addition in pre-emulsified fish mince – effect on quality parameters of sausages under refrigerated storage.** LWT – Food Sci Technol. 2019;110:283-91. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.04.081>.

CHEN, F., ZHANG, M., YANG, C. **Application of ultrasound technology in processing of ready-to-eat fresh food: a review.** Ultrason Sonochem, 2020, 63: 104953.

COMA, V.; SEBTI, I.; PARDON, P.; PICHAVANT, F. H.; DESCHAMPS, A. **Film properties from crosslinking of cellulosic derivatives with a polyfunctional carboxylic acid.** Carbohydrate Polymers, v.51, p. 265-271, 2003.

Demirci, Z. O., Yilmaz, I., & Demirci, A. Ş. (2014). **Effects of xanthan, guar, carrageenan and locust bean gum addition on physical, chemical and sensory properties of meatballs.** Journal of Food Science and Technology, 51(5), 936–942. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0588-5>

DYKES, G. A., COOREY, R., RAVENSDALE, J. T., SARJIT, A. **Phosphates.** L. Melton, F. Shahidi, P. Varelis (Eds.), Encyclopedia of food chemistry, Academic Press, Oxford (2019), pp. 218-224.

DZIEZAK, J. D. **A focus on gums.** Food Technology, 45 (3) (1991), pp. 116-132.

GLICKSMAN, M. **Gum technology in the food industry.** (pp. 437–455). Academic Press, San Diego, CA (1969).

GLORIEUX, S., GOEMAERE, O., STEEN, L., FRAEYE, I. **Phosphate reduction in emulsified meat products: impact of phosphate type and dosage on quality characteristics.** *Food Technol. Biotechnol.*, 55 (3) 390-397 (2017).

HAM, Y. K.; HWANG, K.; KIM, H. W.; SONG, D. H.; KIM, Y. J.; CHOI, Y. S.; KIM, C. J. **Effects of fat replacement with a mixture of collagen and dietary fibre on small calibre fermented sausages.** *International Journal of Food Science and Technology*. V. 51, p. 96-104-2016.

HAMM, R. **Functional properties of the myofibrillar system and their measurements.** P.J. Bechtel (Ed.), *Muscle as food*, Academic Press, Florida (1986), pp. 164-167.

Han, M., & Bertram, H. C. (2017). **Designing healthier comminuted meat products: Effect of dietary fibers on water distribution and texture of a fat-reduced meat model system.** *Meat science*, 133, 159–165. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.07.001>.

Isaka Y, Hamano T, Fujii H, Tsujimoto Y, Koiwa F, Sakaguchi Y, Tanaka R, Tomiyama N, Tatsugami F, Teramukai S. **Optimal Phosphate Control Related to Coronary Artery Calcification in Dialysis Patients.** *J Am Soc Nephrol*. 2021 Mar;32(3):723-735. doi: 10.1681/ASN.2020050598. Epub 2021 Feb 5. PMID: 33547218; PMCID: PMC7920180.

Jin, S. K., Hur, S. J., & Yim, D. G. (2019). **Combined Effects of Sodium Substitution and Addition of Cellulose or Chitosan on Quality Properties of Pork Sausages.** *Food science of animal resources*, 39(4), 555–564. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2019.e36>

Kilincceker, O.; Yilmaz, M. T. **Effects of different gums on some properties of fried beef patties.** *Carpathian Journal of Food Science and Technology*, 2016.

Kim SM, Kim TK, Ku SK, Kim MJ, Jung S, Yong HI, Choi YS. **Quality characteristics of semi-dried restructured jerky: combined effects of duck**

skin gelatin and carrageenan. J Anim Sci Technol. 2020 Jul;62(4):553-564. doi: 10.5187/jast.2020.62.4.553. Epub 2020 Jul 31. PMID: 32803187; PMCID: PMC7416162.

KUMAR, M. N. V. R. **A review of chitin and chitosan applications.** Reactive & Functional Polymers, 46 (1) (2000), pp. 1-27.

Zhou, Wangang Zhang, Jingyu Wang, **Recent advances in the study of modified cellulose in meat products: Modification method of cellulose, meat quality improvement and safety concern,** Trends in Food Science & Technology, Volume 122, 2022, Pages 140-156, ISSN 0924-2244, <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.02.024>.

Steen, Ellen Neyrinck, Eveline De Mey, Annatachja De Grande, Danny Telleir, Katleen Raes, Hubert Paelinck, Ilse Fraeye, **Impact of raw ham quality and tumbling time on the technological properties of polyphosphate-free cooked ham,** Meat Science, Volume 164, 2020, 108093, ISSN 0309-1740, <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108093>.

LUCHERK, L. W.; T. G. O'Quinn, J. F. Legako, R. J. Rathmann, J. C. Brooks, and M. F. Miller. 2016. **Consumer and trained panel evaluation of beef strip steaks of varying marbling and enhancement levels cooked to three degrees of doneness.** Meat Sci: 122:145-154. Doi: 10.1016/j.meatsci.2016.08.005.

LUVIELMO, M. M.; SCAMPARINI, A. R. P. **Goma xantana: produção, recuperação, propriedades e aplicação.** Estudos tecnológicos – Vol. 5, n.1, p. 50-67, 2009.

MAGALHÃES, I. M. C., PAGLARINI, C. D., VIDAL, V. A. S., POLLONIO, M. A. R. **Bamboo fiber improves the functional properties of reduced salt and phosphate-free Bologna sausage.** Journal of Food Processing and Preservation, 2020.

Marchetti, L., Andrés, S. C., & Califano, A. N. (2013). **Low-fat meat sausages with fish oil: Optimization of milk proteins and carrageenan contents using response surface methodology**. *Meat Science*, 96(3), 1297–1303. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.11.004>.

MARCO, A., NAVARRO, J. L., FLORES, M. **The influence of nitrite and nitrate on microbial, chemical and sensory parameters of slow dry fermented sausage**. *Meat Science*, 73 (2006), pp. 660-673.

Martins, A.P., de Abreu Martins, H.H., Isidoro, S.R., Alcântara, J.P., Ramos, E.M. & Piccoli, R.H. (2019). **Changes in the quality of sliced mortadella sausages prepared using chitosan**. *Journal of Food Safety*, **39**, 12645.

Maximo GJ, Cunha RL. **Mechanical properties of collagen fiber and powder gels**. *J Texture Stud*. 2010;41(6):842-62

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., KNIGHT, P. **The structural basis of water-holding in meat**. R.A. Lawrie (Ed.), *Developments in Meat Science - 4*, Chapters 3–4, Elsevier Applied Science, London (1988), pp. 63-243.

Olanwanit, W. and T. Rojanakorn. **Effect of hydrolysed collagen and Man-sao powder mixture as a fat replacer on quality of Vienna sausages**. *international food research journal* 26 (2019): 1525-1533.

PEMATILLEKE, N., KAUR, M., WAI, C. T. R., ADHIKARI, B., TORLEY, P. J. **Effect of the addition of hydrocolloids on beef texture: targeted to the needs of people with dysphagia**. *Food Hydrocolloids*, v. 113, 2021.

PEREIRA, A.G.T., RAMOS, E.M., TEIXEIRA, J.T., CARDOSO, G.P.; RAMOS, A.L.S.; FONTES, P.R. **Effects of the addition of mechanically deboned**

poultry meat and collagen fibers on quality characteristics of frankfurter-type sausages. Meat Science. v.89, p.519-525. 2011.

PEREZ-PALACIOS, T, RUIZ-CARRASCAL, J., SOLOMANDO, J. C., ANTEQUERA, T. **Strategies for enrichment in ω -3 fatty acids aiming for healthier meat products.** Food Ver Int 2019, 35: 485-503.

POWELL, M. J., SEBRANEK, J. G., PRUSA, K. J., TARTÉ, R. **Evaluation of citrus fiber as a natural replacer of sodium phosphate in alternatively-cured all-pork Bologna sausage.** Meat Science, 2019, 157: 1-7.

PRABHU, G. A., DOERSCHER, D. R. **Collagen's new application.** Meat & poultry, Vol. 46, Sosland Publishing Co., Kansas City (2000), pp. 65-66;68-69.

PRABHU, G. A., DOERSCHER, D. R., HULL, D. H. **Utilization of pork collagen protein in emulsified and whole muscle meat products.** Journal of Food Science, 69 (2004), pp. C388-C389.

Rather, Sajad & Masoodi, F.A. & Akhter, Rehana & Gani, Adil & Wani, Sajad & Malik, Altaf. (2015). **Xanthan gum as a fat replacer in goshtaba-a traditional meat product of India: Effects on quality and oxidative stability.** Journal of Food Science and Technology. 52. 10.1007/s13197-015-1960-7.

Resconi, V. C., Keenan, D. F., García, E., Allen, P., Kerry, J. P., Hamill, R. M. **The effects of potato and rice starch as substitutes for phosphate in and degree of comminution on the technological, instrumental and sensory characteristics of restructured ham.** Meat Science, v. 121, 2016.

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

SALDAÑA, E., MERLO, T. C., PATINHO, I., RIOS-MERA, J. D., CONTRERAS-CASTILLO, C. J., SELANI, M. M. **Use of sensory Science for the development**

of healthier processed meat products: a critical opinion. *Curr. Opin. Food Sci*, 2021, 40:13-19.

SCHILLING M. V. C; MORRIS, C. S.; SMITH, B. S.; CAMPBELL Y. L. **Uso de alternativas ao fosfato para fabricar presunto embutido enformado.** **Disponível:** < <http://carnetec.com.br/Industry/News/Details/78537> >. 2018. Acesso em: 11 set. 2019.

SCHILLING, M.W., MINK, L.E., GOCHENOUR, P.S., MARRIOTT, N.G, ALVARADO, C.Z. **Utilization of pork collagen for functionality improvement of boneless cured ham manufactured from pale, soft, and exudative pork.** *Meat Science*, 65 (2003), pp. 547-553.

Schutte, S., Marais, J., Muller, M., & Hoffman, L. C. (2021). **Replacement of Sodium Tripolyphosphate with Iota Carrageenan in the Formulation of Restructured Ostrich Ham.** *Foods*, 10(3), 535. <https://www.mdpi.com/2304-8158/10/3/535>.

Sousa, S. C., Fragoso, S. P., Penna, C. R., Arcanjo, N. M., Silva, F. A., Ferreira, V. C., *et al.* **Quality parameters of frankfurter-type sausages with partial replacement of fat by hydrolyzed collagen.** *LWT-Food Science and Technology*, 76 (76) (2017), p. 320-325.

TARTÉ, R. **Meat-derived protein ingredients.** R. Tarté (Ed.), *Ingredients in meat products*, Springer, New York (2009), pp. 145-171.

Roobab, Abdul Waheed Khan, Jose M. Lorenzo, Rai Naveed Arshad, Bo-Ru Chen, Xin-An Zeng, Alaa El-Din Bekhit, Raheel Suleman, Rana Muhammad Aadil, **A systematic review of clean-label alternatives to synthetic additives in raw and processed meat with a special emphasis on high-pressure processing** (2018–2021), *Food Research International*, Volume 150, Part A, 2021, 110792, ISSN 0963-9969, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110792>.

VERVLOET, M.G., SEZER, S., MASSY, Z.A., et al. **The role of phosphate in kidney disease**. *Nat Rev Nephrol*, 13 (2016), pp. 27-38.

VIDAL, V. A., LORENZO, J. M., MUNEKATA, P. E., POLLONIO, M. A. R. **Challenges to reduce or replace NaCl by chloride salts in meat products made from whole pieces—a review**. *Crit Rev Food Sci Nutr* (2020), pp. 1-13.

Wang, Long Yu, Qingjie Sun, Fengwei Xie, **Hydroxypropyl methylcellulose and hydroxypropyl starch: Rheological and gelation effects on the phase structure of their mixed hydrocolloid system**, *Food Hydrocolloids*, Volume 115, 2021, 106598, ISSN 0268-005X, <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106598>.

YOTSUYANAGI, S. E. et al. **Technological, sensory and microbiological impacts of sodium reduction in frankfurters**. *Meat Science*, 2016.

ZHANG, F., ZHAO, H., CAO, C., KONG, B., XIA, X., LIU, Q. **Application of temperature-controlled ultrasound treatment and its potential to reduce phosphate content in frankfurter-type sausages by 50%**. *Ultrasonics Sonochemistry*, 2021.

Capítulo 3.

**SUBSTITUIÇÃO DE FOSFATO DE SÓDIO POR FOSFATO DE POTÁSSIO
COMO ESTABILIZANTES EM APRESUNTADO COM REDUÇÃO DE SÓDIO:
EFEITOS SOBRE AS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS**

MAGALHÃES, G. C., POLLONIO, M. A. R.

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

RESUMO

O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos da redução de cloreto de sódio em apresuntados com substituição do tripolifosfato de sódio por fosfatos de potássio em apresuntados comparando-os a tratamentos controles com 2% (FC1) e 1% (FC2) de cloreto de sódio (NaCl). Foram observadas diferenças do tratamento sem redução do NaCl (FC1) para pH, com maiores valores para rendimento, capacidade de retenção de água e dureza, elasticidade, coesividade, gomosidade e mastigabilidade quando comparado aos outros tratamentos. Os tratamentos contendo tripolifosfato de potássio (KTP) obtiveram baixos valores de rendimento associados à baixa capacidade de retenção de água. Por outro lado, as formulações adicionadas de pirofosfato tetrapotássico (KPP; KTP+KPP) caracterizaram-se por maior retenção de água e rendimento quando comparadas ao tripolifosfato de potássio. Na análise sensorial, os tratamentos com fosfatos de potássio resultaram em menores pontuações para sabor, com percepção de pouco sal no produto final reestruturado. Em contrapartida, a combinação dos fosfatos resultou em sabor próximo ao tratamento controle FC1, quando em comparação com os fosfatos analisados sozinhos, sendo uma possível alternativa para redução parcial de sódio combinada à redução total de fosfato de sódio em apresuntado.

Palavras-chave: Redução de sódio, redução de aditivo, fosfatos hipossódicos, produtos cárneos, apresuntado.

1. INTRODUÇÃO

O consumo de carne e produtos cárneos são parte essencial de uma dieta equilibrada, fornecendo compostos fundamentais para a nutrição humana (Herrero & Ruiz-Capillas, 2020). Também possuem proteínas de alto valor biológico, além de vitaminas e minerais (Lorenzo et al., 2018; Perez-Palacios, 2019). Contudo, os produtos cárneos têm sido correlacionados com algumas doenças crônicas não transmissíveis, tais como hipertensão, doenças cardiovasculares e câncer, devido a teores excessivos de gordura, aditivos e alguns ingredientes como o cloreto de sódio (NaCl).

O NaCl além de fornecer o elemento mineral sódio, o qual possui funções básicas como auxílio na transmissão dos impulsos nervosos e manutenção das células do corpo humano (Quilaqueo, 2015), é um componente extremamente necessário na indústria de alimentos, especialmente de produtos cárneos. Este possui propriedades como o aumento da capacidade de retenção de água, melhora na extração de proteínas miofibrilares e diminuição do teor de água disponível para ação dos microrganismos, além de contribuir no sabor, aroma, textura e cor (Desmond, 2006).

Todavia, seu consumo diário recomendado é de menos de 5 (cinco) gramas de NaCl, o equivalente a 2000mg de sódio (WHO, 2013), devido ao aumento do risco de desenvolvimento de doenças, como hipertensão arterial (HA), que constitui um fator de extrema importância no que se refere ao índice de óbitos por doenças cardiovasculares (Lewington, S. et al., 2002; O'Donnell, M. et al., 2010; Graudal, N., Hubeck-Graudal, T., Jurgens, G., 2011; Brown, I. et al., 2013). Além da hipertensão, a ingestão de NaCl em excesso também pode contribuir para doença renal crônica, hipertrofia ventricular, acidente vascular cerebral e até mesmo obesidade (He, F., Li, J., McGregor, G., 2013; Kim, Y. et al, 2014; Ma, Y., Fe, F., McGregor, G., 2015; Choi, Y. et al, 2016).

No processamento de produtos cárneos em geral, ocorre o aumento significativo do teor de sódio no produto final, em função do ingrediente NaCl

adicionado à formulação, seja por suas funções tecnológicas ou sensoriais (Inguglia et al., 2017).

Com essas considerações, uma série de estratégias vêm sendo estudadas, com o objetivo de, não só reduzir o teor de sódio em produtos cárneos (Cittadini et al., 2020), como também fornecer alimentos mais saudáveis, de acordo com o estilo de vida moderno dos consumidores (Teixeira & Rodrigues, 2021). Algumas estratégias vêm sendo avaliadas, como o uso de ultrassom e sais substitutos ao NaCl tais como CaCl_2 , KCl e MgCl_2 (Carvalho et al., 2014; Gullón et al., 2021; Inguglia et al., 2017; Lorenzo et al., 2015; Pinton et al., 2021; Vidal et al., 2020). Entretanto, a redução desse ingrediente é complexa uma vez que os alimentos reformulados podem não ser tão bem aceitos pelo público, sendo o NaCl diretamente relacionado aos aspectos sensoriais desejáveis, sem perdas em rendimento e com vida-de-prateleira estável (Domínguez et al., 206; Petit et al., 2019; Triki et al., 2017).

Apesar do grande número de pesquisas com objetivo de reduzir sódio a partir do NaCl, poucas investigam a redução combinada do sódio através de aditivos utilizados na formulação de produtos cárneos como o fosfato de sódio. Este último, classificado como estabilizante, tem papel de grande relevância na indústria de produtos cárneos.

Os fosfatos possuem uma série de funções em produtos cárneos como estabilizante de pH, aumento da capacidade de retenção de água, redução da perda de rendimento por cozimento, além de melhorar a textura e a qualidade sensorial (Dykes et al., 2019). Além disso, atua de forma sinérgica com o NaCl, ocasionando em melhora da extração e solubilização das proteínas miofibrilares da carne, com melhora na suculência (Baublits et al., 2005; Glorieux et al., 2017), e confere maior estabilidade do gel formado durante cozimento (Desmond, 2006; Powell et al., 2017).

Em produtos cárneos reestruturados, o uso de fosfatos de sódio e NaCl é decisivo para manter as propriedades funcionais relacionadas à estabilidade

física (capacidade de retenção de água e gordura) e propriedades sensoriais características. No entanto, o uso de fosfatos assim como o cloreto de sódio pode estar relacionado a doenças cardiovasculares e excesso de fósforo no sangue, o que pode contribuir para a piora no quadro de pacientes doentes renais crônicos (Cozzolino, Ciceri & Galassi, 2019). Como sua redução total é, na maioria das vezes, inviável, estratégias para reduzir o teor de sódio podem ser utilizadas através do uso de fosfatos de potássio, por exemplo (Tseng, Liu & Chen, 2000; Petersson et al., 2014; Resconi et al., 2016; Zhuang et al., 2016; Câmara et al., 2020).

Portanto, este trabalho avaliou o uso de dois fosfatos de potássio: tripolifosfato de potássio e pirofosfato tetrapotássico com a simultânea redução de cloreto de sódio, a fim de obter um produto com menor teor de sódio e avaliar suas propriedades funcionais, como capacidade de retenção de água, além de perfil de textura, análises físico-químicas e avaliação sensorial.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1. Matéria-prima, ingredientes e aditivos

A paleta de suíno (74% de umidade; 18,25% de proteína, 6,30% de lipídeos e 1,05% de cinzas) foi obtida em comércio local sob Inspeção Federal, em Campinas/SP. Após recebimento, foi realizada a limpeza dos cortes cárneos com remoção de tecido conjuntivo e gordura, um dia antes ao processamento, com moagem (marca C.A.F., modelo 22STB), com disco de moagem de 5mm. Em seguida, a carne foi pesada de acordo com a formulação para cada apesuntado descrita na Tabela 5, acondicionada em embalagem de vácuo, selados e mantidos sob refrigeração, por no máximo 18 horas até seu uso ($\pm 1 - 2$ °C).

Os fosfatos de potássio foram escolhidos através de avaliação de rótulos de apesuntados comerciais, além de consulta à legislação nacional para verificar sua permissão de uso em produtos cárneos, de acordo com a Resolução

da Diretoria Colegiada nº 272 (Brasil, 2019). Foram adicionados aos tratamentos tripolifosfato de potássio (KTP) e pirofosfato tetrapotássico (KPP), ambos doados pela Ashland, situada em Americana/SP. O cloreto de sódio (Lebre) foi adquirido em comércio local de Campinas, os aditivos (tripolifosfato de sódio, eritorbato de sódio e nitrito de sódio), cedidos pela Kerry (Campinas/SP) e o condimento especial para apresuntado, realçador de sabor glutamato monossódico, especiarias e aromatizante natural, doado pela NewMax (Americana/SP).

2.2. Desenho experimental e tratamentos

Foram processados apresuntados com suas variáveis sendo água/gelo, NaCl, tripolifosfato de sódio (STPP) e os fosfatos de potássio (KTP e KPP), como mostra a Tabela 5. A formulação dos apresuntados foi definida respeitando os limites de aditivos, de acordo com legislação brasileira, além de considerar o teor de água semelhante a apresuntado comercializado atualmente (30,5%) na formulação controle. Os outros tratamentos tiveram adicionados 1% de H₂O a fim de compensarem a redução do NaCl. Foram processados também, os tratamentos FC1 e FC2, com 2% e 1% de NaCl, e 0,5% e 0% de STPP, respectivamente. Os tratamentos foram avaliados quanto às propriedades físico-químicas, tecnológicas e sensoriais. O experimento foi realizado em triplicata em dias diferentes.

Tabela 5. Tratamentos de apresuntados avaliados com fosfatos de potássio

	FC1	FC2	KTP	KPP	KTP+KPP
			%		
H₂O	30,5	31,5	31,5	31,5	31,5
NaCl	2,0	1,0	1,0	1,0	1,0
STPP	0,5	0,5	-	-	-
KTP	-	-	0,5	-	0,25
KPP	-	-	-	0,5	0,25
TOTAL	100	100	100	100	100

H₂O: água gelada/gelo; NaCl: cloreto de sódio; STPP: tripolifosfato de sódio; KTP: tripolifosfato de potássio; KPP: pirofosfato tetrapotássico.

2.3. Processamento dos apresuntados

Os apresuntados foram elaborados na Planta Piloto de Carnes, no Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTA) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), em Campinas – SP. Os produtos foram processados com adição das matérias-primas, ingredientes e aditivos em misturadora doméstica Oster Perform (modelo FPSTM 2711-57) dotada de tigela e batedor de raquete, ambos de inox. A misturadora possui controle de velocidade que a qual varia de 1 a 8, sendo 1 a velocidade mínima e 8, velocidade máxima. Os aditivos foram diluídos e adicionados à carne suína já com NaCl e metade do gelo. Pouco a pouco, à medida em que os ingredientes foram adicionados ao batter, a velocidade do equipamento aumentou, com a homogeneização realizada da seguinte forma: três minutos na velocidade mínima (1), quatro minutos na velocidade 2, quatro minutos na velocidade média (4), dois minutos na velocidade 6 e dois minutos na velocidade máxima (8), com total de 15 minutos. O restante do gelo foi adicionado ao batter aos 7 minutos de mistura.

Os batters foram acondicionados em embalagens a vácuo de nylon-polietileno e armazenados em câmara fria (± 5 °C) por 24 horas para melhor promoção da cura. Logo após, os batters foram pesados para análise de rendimento após cozimento, colocados em forma própria de apresuntado e prensados manualmente com a tampa para fechamento, simulando processo industrial. O tratamento térmico ocorreu em banho de cozimento encamisado com circulação (RSA/708, Brasil) com temperatura inicial de 60°C por 30 minutos. Em seguida, a temperatura foi gradualmente aumentada a cada 10 minutos com variação de 5°C até atingir 75°C no interior das peças. Após cozimento, os produtos cárneos foram resfriados imediatamente em banho de gelo e armazenados em câmara fria (± 5 °C) até o momento das análises. Foram realizados cinco tratamentos em triplicata neste trabalho.

2.4. Análises físico-químicas

As análises físico-químicas foram realizadas na semana seguinte ao processamento, ou seja, 5 (cinco) dias após tratamento térmico da primeira replicata. Com exceção da determinação de pH, as amostras de apresuntados foram homogeneizadas em moinho de facas Restch GM 200, com velocidade de 3.000 rpm por 6 segundos, e em seguida acomodadas em sacos plásticos devidamente codificados para futuras análises.

2.4.1. Determinação de pH e atividade de água (Aw)

A determinação do pH foi realizada com pHmetro portátil MA 130 Mettler Toledo, com sonda de penetração, a qual foi inserida diretamente na amostra em diferentes locais. O pH foi feito tanto no batter quanto no apresuntado. A atividade de água foi determinada com medidor de Aw Aqualab (DECAGON Inc., Pullman, USA). Ambas as análises foram realizadas em três repetições.

2.4.2. Determinação de umidade, proteína e cinzas

Foram determinadas umidade e proteína de acordo com a Association of Analytical Chemists (AOAC, 2007). As análises de ambos foram feitas em três repetições por tratamento. Para determinação de cinzas, as análises foram realizadas em triplicata por tratamento.

2.4.3. Determinação de lipídeos

Esta análise foi realizada segundo Bligh & Dyer (1959), através da extração dos lipídeos sem uso de aquecimento. As análises foram feitas em triplicata por tratamento.

2.4.4. Determinação de sódio

Essas análises foram realizadas conforme metodologia do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008), com uso de fotômetro de chama Digimed DM6. As análises foram feitas em triplicata por tratamento.

2.4.5. Determinação de fosfato

A determinação de fosfato foi realizada segundo método do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008), por meio de espectrofotômetro com leitura a 420 nanômetros. Esta análise foi realizada em triplicata por tratamento.

2.4.6. Determinação da cor

A cor das amostras foi medida usando o espectrofotômetro CM-5 (Konica Minolta), operando com iluminante D65, ângulo de visão 10 °, e modo de calibração RSEX (levando em conta o brilho da amostra). Esta determinação foi baseada no sistema de cor CIELAB, com L* representando luminosidade, a* o eixo vermelho-verde e b* o eixo amarelo-azul. As variáveis foram medidas nos batters e nos apresuntados triturados, em temperatura ambiente (± 25 °C). O índice de brancura (W) foi calculado a partir de L*, a* e b*, conforme Equação 1. Os batters foram analisados logo após processamento e os apresuntados após 3 dias de refrigeração, com três repetições.

$$W = 100 - [(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}]^{1/2} \quad (1)$$

2.4.7. Determinação de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARs)

A estabilidade oxidativa dos apresuntados foi analisada com adaptações de acordo com o método de Bruna et al. (2001). Foi utilizado sulfanilamida, por se tratar de um produto curado, com nitrito de sódio (Tarladgis et al., 1960). A análise foi realizada com três repetições por tratamento.

2.4.8. Capacidade de retenção de água

A capacidade de retenção de água foi feita de acordo com metodologia de Lucherik et al. (2016), que consistiu em compressão da amostra (± 1 cm²), em texturômetro TA.XT.plus entre dois papéis-filtro qualitativos Unifil que ficaram em

dessecador por 24 horas. Os papéis foram pesados antes e após compressão. Esta análise foi realizada com seis repetições para cada apresentado.

2.4.9. Perfil instrumental de textura (TPA)

O perfil de textura foi determinado utilizando o analisador de textura TA-xT2i (Texture Technologies Corp. Scarsdale, NY). As amostras foram comprimidas a 30% do seu peso original. Foram utilizadas seis amostras com dimensões padronizadas (20mm de diâmetro e 20 mm de altura). O probe P-35 foi utilizado (haste longa, de base normal). As amostras foram analisadas em temperatura ambiente. Foram determinados: dureza (N/cm²), elasticidade (cm), coesividade (razão entre o total de energia necessária para a segunda compressão e o total de energia necessária para a primeira compressão: A2/A1), e mastigabilidade (N/cm) (Mendoza et al. 2001).

2.4.10. Microestrutura eletrônica de varredura

Para esta análise foi utilizado microscópio eletrônico de varredura TM 300 Tabletop Microscope (Hitachi Technologies, Japão), com aceleração de 15kV no modo Analy. As amostras foram cortadas com aproximadamente 1 cm² e 0,2 cm de espessura, sendo inserida diretamente no equipamento, sem tratamento prévio, em temperatura ambiente. As imagens foram feitas em triplicata para cada apresentado, com 250x de aumento.

2.4.11. Rendimento

O rendimento após cozimento foi realizado segundo Yotuyanagi et al. (2016), que consistiu da diferença da pesagem do batter antes do cozimento e da peça após o cozimento e repouso sob refrigeração (± 5 °C), multiplicado por 100 para obtenção do resultado em porcentagem. Esta análise foi realizada para cada apresentado, com o objetivo de avaliar a perda de líquidos dentro da embalagem durante o cozimento.

2.5. Avaliação sensorial

O estudo foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual de Campinas (SP, Brasil), com o número de protocolo nº 3.644.785. Após aprovação, os apresentados foram processados e armazenados em câmara fria (± 8 °C) até o momento de realização da análise sensorial. Antes da realização da análise sensorial, os produtos foram submetidos à análises microbiológicas para garantir a segurança dos provadores, de acordo com a RDC nº 12 (Brasil, 2001). Foram avaliados mesófilos aeróbios totais, coliformes a 45 °C, *Staphylococcus coagulase positiva*, clostrídios sulfito redutores a 46 °C e *Salmonella sp* (Silva et al., 2010; Salfinger & Tortorello, 2015).

Após avaliação da análise microbiológica foi realizado o teste de aceitação com escala hedônica estruturada de nove pontos, com atributos cor, aroma, sabor, textura e impressão global (Meilgaard, Civille & Carr, 1999). Foram recrutadas 100 pessoas, com idades entre 18 e 60 anos, de ambos os sexos. Os apresentados foram apresentados de forma monádica, em copos plásticos codificados com três dígitos, com ordem de apresentação balanceada de acordo com Macfie et al (1989). Após o teste de aceitação, os consumidores marcaram as características percebidas no produto de acordo com as questões CATA, o qual foi planejado de acordo com a metodologia de Ares et al. (2010) e Santos et al. (2015).

2.6. Análise estatística

Os resultados obtidos foram analisados usando análise de variância (ANOVA) com modelos lineares (GLM - Modelos Lineares Gerais), usando o Statsoft. Inc. versão 7 do software (TIBCO Software Inc., Califórnia, EUA). O teste de Tukey com nível de significância de 5% ($P \leq 0,05$) foi usado para determinar diferenças significativas entre os tratamentos.

No estudo das questões CATA foi realizada uma análise fatorial múltipla (MFA) utilizando o software XLSTAT (Versão 2018, Addinsoft, Paris, França) com o objetivo de identificar as relações entre os termos sensoriais e a aceitação global dos produtos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Composição química, pH, estabilidade do batter, A_w , perdas no cozimento, capacidade de retenção de água e estabilidade oxidativa

Os resultados da composição química e outras análises dos apesuntados estão apresentados na Tabela 6.

O tratamento controle sem redução de NaCl e adicionado de STPP (FC1) promoveu um aumento da umidade do apesuntado quando comparado ao tratamento com tripolifosfato de potássio (KTP) ($p < 0,05$). A adição conjunta de fosfato e NaCl contribui para a extração e solubilização das proteínas miofibrilares. O fosfato sem a adição de NaCl dificilmente é capaz de ativar as proteínas, sendo utilizado principalmente na dissociação do complexo actomiosina, mas com pouca capacidade de solubiliza-las (Feiner, 2006). Os resultados mostram que provavelmente, devido seu menor pH, o KTP provavelmente não foi capaz de promover efeito sinérgico suficiente com o NaCl, resultando em menor extração e solubilização das proteínas miofibrilares, o que resultou em menor rendimento em comparação ao STPP com 2% de NaCl ($p < 0,05$).

Foram encontrados maiores valores para proteína nos tratamentos com redução de sódio e STPP (FC2) e com tripolifosfato de potássio (KTP), sendo estes diferentes dos outros tratamentos ($p < 0,05$). Isso já era esperado considerando que os mesmos tiveram menores valores para umidade, o que conseqüentemente concentra outros compostos do alimento. Além disso, não houve mudança no nível de matéria-prima adicionada. Na determinação de lipídeos não houve diferença entre os tratamentos ($p > 0,05$), provavelmente por

não haver variação na formulação e não ter ocorrido perda de gordura durante o cozimento. O tratamento FC1 também promoveu um aumento no nível de cinzas ($p < 0,05$), o que era esperado, uma vez que os outros tratamentos tiveram redução de 50% de NaCl em suas reformulações.

Para os pHs, tanto no batter quanto no apresuntado, o tratamento contendo pirofosfato tetrapotássico (KPP) obteve maiores valores comparado aos outros tratamentos ($p < 0,05$). Segundo Lampila et al. (2002) e Long et al. (2011), o KPP possui pH que varia de 10 a 10,5, enquanto que o STPP e KTP possuem pH de 9,5 a 10,2. Possivelmente essa diferença do pH e também a simultânea redução do NaCl, o qual fornece átomos de cloro (Petit et al., 2019), promoveu o aumento no pH, e a adição de NaCl com o STPP diminuiu o pH do tratamento controle sem redução de NaCl antes e após tratamento térmico, sendo diferente de todos os tratamentos ($p < 0,05$). Isso também teve efeito sobre a A_w , sendo o tratamento controle sem redução de NaCl a menor A_w ($p < 0,05$). Neste caso, isso ocorreu devido a capacidade do NaCl de reduzir a disponibilidade de água, o que também contribui na redução de crescimento microbiano (Norrish, 1966; Varnam e Sutherland, 1998).

O tratamento contendo pirofosfato tetrapotássico (KPP) resultou em maior valor para TBARS quando comparado à combinação dos dois fosfatos de potássio (KTP + KPP) ($p < 0,05$). Ainda assim, de acordo com O'Neill, Galvin, Morrissey & Buckley (1998), valores de TBARS entre 0,5 a 2,0 mg/kg não afetam a qualidade sensorial do produto.

Tabela 6. Composição química, pH do batter e apresuntado, A_w e TBARS dos tratamentos

	Umidade (%)	Proteína (%)	Lipídeos (%)	Cinzas (%)	pH Batter	pH Produto	A_w	TBARS (mg MDA/kg)
FC1	78,30 (0,12) ^a	15,67 (0,10) ^b	2,94 0,01 ^a	3,12 (0,06) ^a	6,01 (0,01) ^c	6,31 (0,03) ^d	0,9791 (0,01) ^b	0,0597 (0,01) ^{ab}
FC2	78,08 (0,18) ^{ab}	17,02 (0,18) ^a	3,05 0,15 ^a	2,06 (0,06) ^b	6,14 (0,01) ^b	6,43 (0,02) ^c	0,9847 (0,01) ^a	0,0503 (0,01) ^{ab}
KTP	77,34 (0,28) ^b	17,59 (0,06) ^a	3,49 0,03 ^a	2,18 (0,02) ^b	6,17 (0,04) ^b	6,47 (0,03) ^{bc}	0,9877 (0,01) ^a	0,0499 (0,01) ^{ab}
KPP	78,53 (0,28) ^a	14,70 0,34 ^b	2,94 0,18 ^a	2,17 (0,03) ^b	6,33 (0,02) ^a	6,57 (0,01) ^a	0,9875 (0,01) ^a	0,0933 (0,01) ^a
KTP+KPP	78,20 (0,03) ^a	15,64 0,31 ^b	2,85 0,35 ^a	2,14 (0,04) ^b	6,23 (0,01) ^b	6,56 (0,01) ^{ab}	0,9878 (0,01) ^a	0,0385 (0,01) ^b

a-d: letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05$).

¹Para denominações dos tratamentos, consulte a Tabela 5.

O rendimento e capacidade de retenção de água estão apresentados na Figura 6. Não houve diferença significativa entre o tratamento controle FC1 e o tratamento contendo pirofosfato tetrapotássico (KTP) ($p > 0,05$). A extração de proteínas miofibrilares é intensificada quando há a adição de NaCl, que combinado de STPP, o qual possui pH de 9,5 a 10,2, contribui em maior extração das proteínas, o que beneficia a formação de um gel mais estável durante o cozimento e armazenamento (Bendall, 1954; Fernández-López et al., 2004; Huffman et al., 1981; Lampila and Godber, 2002; Moore et al., 1976; Shults and Wierbicki, 1973; Zayas, 1997). O mesmo não ocorreu para o tratamento contendo KTP, sendo o único diferente do tratamento sem redução de NaCl. Possivelmente, a redução do NaCl para este tipo de fosfato acabou por prejudicar o efeito sinérgico entre os compostos, resultando em menor rendimento no produto final. Por outro lado, o KPP, apesar de também não possuir sódio, possui um pH superior, sendo o mais alcalino dos fosfatos avaliados, além de possuir alta solubilidade em água (Lampila et al., 2002; Long et al., 2011), suprimindo a redução parcial do NaCl e total do fosfato de sódio.

Na análise de capacidade de retenção de água, assim como no rendimento, o tratamento FC1 promoveu perda de líquido semelhante ao pirofosfato tetrapotássico (KPP) ($p > 0,05$). Por outro lado, o tratamento contendo KTP promoveu uma maior liberação de líquido, semelhante apenas ao tratamento FC1. Provavelmente, o pH deste aditivo não atuou na dissociação do complexo actomiosina, pois o KTP possui menor pH em comparação aos outros aditivos avaliados. Além deste fator, também houve a redução de NaCl, o qual é crucial na extração da miosina para solubilização das proteínas e imobilização de água no alimento.

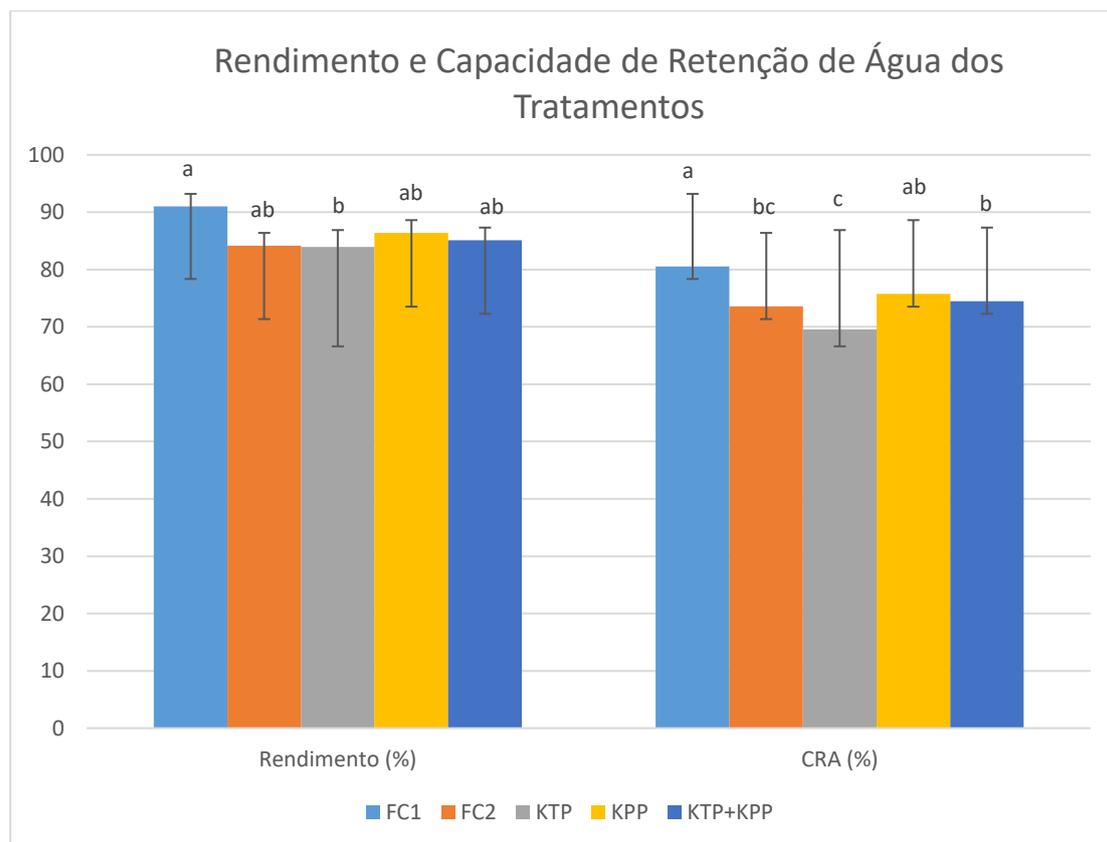


Figura 7. Rendimento e Capacidade de Retenção de água dos tratamentos.

a-c: letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05$).

¹ Para as denominações dos tratamentos, consulte a Tabela 5.

3.2. Determinação de sódio, potássio e fosfatos

O consumo excessivo de sódio (presente no NaCl) pode ocasionar em aumento do risco de desenvolvimento de hipertensão arterial e doenças cardiovasculares. É importante haver o consumo equilibrado entre o sódio para o correto funcionamento do organismo humano, com cerca de 2000mg de sódio e 3500mg de potássio por dia (WHO, 2013).

Na Tabela 7, estão apresentados os resultados dos teores de sódio, potássio e fosfatos. Os dois tratamentos controle (FC1 e FC2) resultaram em valores próximos para potássio ($p > 0,05$). Os valores encontrados estão de acordo com o esperado, uma vez que não houve adição de sais contendo potássio. Segundo reportado pelo Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, 2019), existem cerca de 258mg de potássio em 100g de carne suína. Já o tratamento contendo mix de fosfatos (KTP + KPP) obteve maior valor

para potássio, similar apenas ao tratamento contendo tripolifosfato de potássio (KTP) ($p > 0,05$). De acordo com Lampila et al. (2002) e Long et al. (2011), o KTP possui cinco átomos de potássio, enquanto o KPP possui 4 átomos do mesmo mineral. Provavelmente, a somatória colaborou em um leve aumento da concentração de potássio no produto final. Com exceção dos tratamentos com tripolifosfato de potássio (KTP) e o com mix de fosfatos (KTP + KPP) que não diferiram entre si, os mesmos diferiram dos outros tratamentos, assim como também os tratamentos FC1, FC2 e KPP diferiram entre si ($p < 0,05$). Ainda, na Tabela 7 os tratamentos controle (FC1 e FC2) não diferiram entre si para fosfatos ($p > 0,05$). No entanto, estes tratamentos diferiram quando comparados aos tratamentos contendo fosfatos de potássio de forma isolada (KTP e KPP) ou combinada (KTP + KPP) ($p < 0,05$). Lampila et al. (2002) também reportaram níveis de pentóxido de fósforo presente em vários fosfatos semelhantes aos encontrados neste trabalho, com cerca de 57,9% de P_2O_5 para STPP, 47,5% para KTP e 43% para KPP.

Tabela 7. Resultados do teor de sódio, potássio e fosfatos

	Sódio (mg/100g)	Potássio (mg/100g)	%F osfato (P_2O_5)
FC1	835,97 ± 0,08 _a	293,03 ± 2,73 _c	0,56 ± 0,01 _a
FC2	491,90 ± 0,08 _b	270,45 ± 3,07 _d	0,55 ± 0,01 _a
KTP	484,61 ± 2,31 _c	444,52 ± 3,30 _a	0,46 ± 0,01 _b
KPP	443,98 ± 0,31 _e	427,14 ± 1,49 _b	0,44 ± 0,01 _c
KTP+ KPP	479,22 ± 0,04 _d	447,13 ± 2,26 _a	0,45 ± 0,01 _{bc}

a-e: letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05$).

¹ Para denominações dos tratamentos, consulte a Tabela 5.

3.3. Análise objetiva de cor

A cor, assim como outras análises, tem importante papel na aceitação do público para novos produtos, ou produtos reformulados. Na Tabela 8 estão os resultados da cor objetiva para batter e produto final.

O tratamento controle sem redução de NaCl diferiu de todos os tratamentos para a coordenada a^* ($p < 0,05$). A presença de NaCl combinada do tripolifosfato de sódio certamente aumentou a extração das proteínas, inclusive

as sarcoplasmáticas. Essas, possuem mioglobina (Tornberg, 2005), que por sua vez são responsáveis por conferir cor em carnes e, combinadas de nitrito de sódio, promovem uma cor rósea em produtos curados após tratamento térmico (Cornforth & Jayasingh, 2004).

Também, o mesmo tratamento controle promoveu uma redução na luminosidade e índice de brancura, diferente dos outros tratamentos ($p < 0,05$). Horita et al. (2014) avaliaram a influência da redução de sódio em mortadela e observou que luminosidade e coordenada a^* também diferiram para a formulação controle (2% de NaCl) e formulação com redução de NaCl (1%). Barretto et al. (2018) também reportaram menores valores para índice de brancura em presuntos cozidos reestruturados. De acordo com os autores Ockerman, Plimpton, Cahill & Parrett (1978), a adição de NaCl afeta a luminosidade dos produtos, contribuindo para o escurecimento dos mesmos.

Tabela 8. Cor objetiva dos batters e apresuntados

	W		L*		a*		b*	
	Batter	Produto	Batter	Produto	Batter	Produto	Batter	Produto
FC1	58,52 (0,59) ^a	58,16 (0,54) ^b	63,16 (0,63) ^a	60,78 (0,46) ^b	6,22 (0,14) b	10,38 (0,20) ^a	17,99 (0,08) ^b	10,21 (0,24) ^a
FC2	53,76 (0,92) ^c	60,88 (0,46) ^a	58,15 (1,10) ^c	63,44 (0,44) ^a	7,16 (0,13) a	9,46 (0,16) ^b	18,23 (0,24) ^{ab}	10,19 (0,11) ^a
KTP	53,90 (0,39) ^c	60,79 (0,42) ^a	58,47 (0,34) ^c	63,38 (0,40) ^a	7,54 (0,36) a	9,53 (0,10) ^b	18,53 (0,14) ^{ab}	10,28 (0,09) ^a
KPP	56,66 (0,39) ^{ab}	60,52 (0,14) ^a	61,55 (0,41) ^{ab}	62,98 (0,14) ^a	7,08 (0,11) a	9,47 (0,07) ^b	18,69 (0,13) ^a	9,91 (0,07) ^a
KTP + KPP	54,72 (0,13) ^{bc}	60,80 (0,16) ^a	59,20 (0,20) ^{bc}	63,37 (0,16) ^a	7,48 (0,09) a	9,60 (0,08) ^b	18,42 (0,17) ^{ab}	10,12 (0,08) ^a

a-c: letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05$).

W: índice de brancura; L*: luminosidade; a*: eixo vermelho-verde; b*: eixo amarelo-azul;

¹ Para denominações dos tratamentos, consulte a Tabela 5.

3.4. Perfil instrumental de textura

A textura de um produto cárneo, particularmente, reestruturado, é extremamente relevante para os consumidores, os quais buscam características específicas como suculência e outros atributos. Os resultados do perfil de textura estão expressados na Tabela 9.

O tratamento sem redução de NaCl (FC1) obteve maiores valores para todos os atributos de textura ($p < 0,05$). Isso pode ser explicado pela presença no NaCl em nível de 2%, que junto com o STPP promoveu uma melhor extração de proteínas miofibrilares e também manteve o gel formado durante etapa de tratamento térmico mais estável (Ruusunen & Puolanne, 2005; Desmond, 2006; Inguglia, Zhang, Tiwari, Kerry, & Burgess, 2017). Além de uma maior estabilidade do gel, o NaCl também contribuiu para maiores valores de mastigabilidade e gomosidade, uma vez que é a formulação que contém maior teor de sólidos adicionado.

Para o parâmetro elasticidade e coesividade, o apresuntado sem redução de NaCl também diferiu de todos os tratamentos ($p < 0,05$), o que era esperado pelas propriedades conferidas pelo NaCl. O KTP promoveu um apresuntado menos elástico em comparação ao KPP ($p < 0,05$), o que indica que o KTP possui menor capacidade de voltar a sua condição inicial após aplicação de força sobre a amostra. Apesar disso, os valores foram bem próximos para todos os tratamentos nesses parâmetros. Em contrapartida, Trevisan et al. (2016) não observaram diferença significativa na elasticidade de hambúrgueres cozidos e congelados com redução de gordura e sal.

Os tratamentos controle com redução de NaCl e com fosfatos de potássio não diferiram entre si para os parâmetros de dureza, coesividade, gomosidade e mastigabilidade ($p > 0,05$). Ainda que diferentes do tratamento sem redução de NaCl, seus valores não tiveram grande variação.

Tabela 9. Perfil de textura dos tratamentos.

Dureza	Elasticidade	Coesividade	Gomosidade	Mastigabilidade
--------	--------------	-------------	------------	-----------------

FC1	11,47 ± 0,37 ^a	0,93 ± 0,01 ^a	0,84 ± 0,01 ^a	9,64 ± 0,34 ^a	9,03 ± 0,35 ^a
FC2	9,58 ± 0,46 ^b	0,89 ± 0,01 ^{bc}	0,79 ± 0,01 ^b	7,56 ± 0,35 ^b	6,75 ± 0,32 ^b
KTP	8,97 ± 0,45 ^b	0,87 ± 0,01 ^c	0,77 ± 0,01 ^b	6,95 ± 0,35 ^b	6,07 ± 0,32 ^b
KPP	8,78 ± 0,51 ^b	0,89 ± 0,01 ^b	0,80 ± 0,01 ^b	7,00 ± 0,40 ^b	6,27 ± 0,36 ^b
KTP+KPP	8,79 ± 0,35 ^b	0,89 ± 0,01 ^{bc}	0,78 ± 0,01 ^b	6,88 ± 0,28 ^b	6,14 ± 0,27 ^b

a-c: letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05$).

¹ Para denominações dos tratamentos, consulte a Tabela 5.

3.5. Características da microestrutura

As micrografias dos apresuntados são reportados na Figura 8. É possível observar que o tratamento sem redução de NaCl promoveu um apresuntado mais uniforme, com menos poros, o que provavelmente contribuiu na inibição de liberação de líquido durante armazenamento. Isso possivelmente ocorreu pelo alto teor de NaCl presente no tratamento controle sem redução de NaCl, que melhorou a extração das proteínas miofibrilares da matéria-prima e ocasionou em formação de um gel estável, impedindo a liberação de água, conforme observado nos resultados de rendimento e todos os parâmetros de textura, com maiores valores em comparação aos outros tratamentos avaliados.

O apresuntado com STPP e redução de NaCl evidenciou uma maior porosidade no alimento, com grandes pontos de água disponíveis por toda sua extensão. O mesmo ocorreu quando houve a adição do KTP e do KPP, separados. Provavelmente, a redução de NaCl prejudicou a extração e solubilização das proteínas miofibrilares, com menores valores para rendimento, o que pode ser visualizado também na micrografia, sem uma estrutura uniforme. Também, os pontos escuros demonstram a facilidade de liberação de água quando sob força exercida sobre as amostras, o que pôde ser observado com menores valores para dureza e capacidade de retenção de água, quando comparados com o tratamento adicionado de 2% de NaCl.

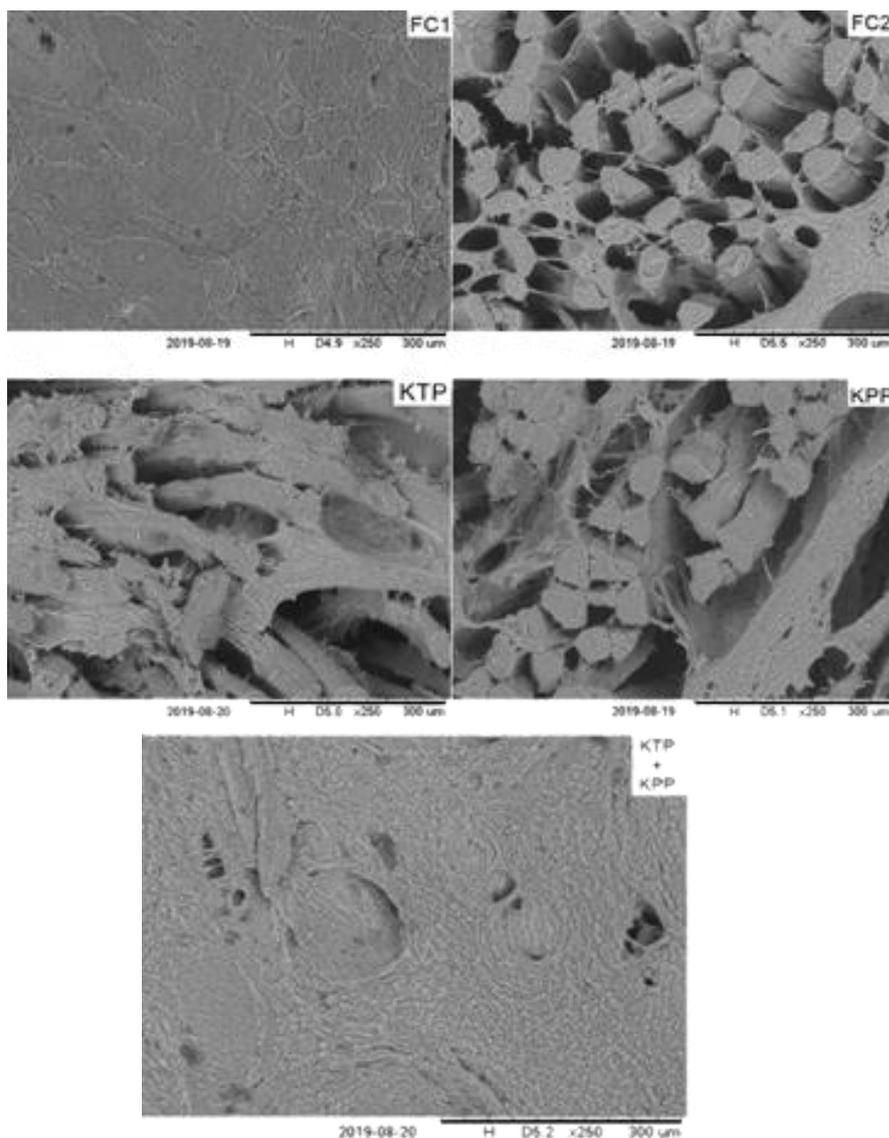


Figura 8. Microestrutura eletrônica de varredura dos tratamentos.

¹ Para as denominações dos tratamentos, consulte a Tabela 5.

De acordo com a micrografia obtida, o tratamento adicionado dos dois fosfatos de potássio (KTP + KPP) promoveu um apresuntado uniforme, assim como o tratamento sem redução de NaCl. Isso pode ter ocorrido pela perda de líquido durante cozimento, o que compactou levemente a amostra, com menos água disponível. Foi observado que o tratamento somente com KTP diminuiu o rendimento e capacidade de retenção de água dos apresuntados. Possivelmente, o uso do mesmo combinado de pirofosfato de potássio acabou prejudicando a dissociação do complexo actomiosina, com menos solubilização das proteínas miofibrilares e por consequência, maior formação de gel e aprisionamento da água no alimento.

3.6. Análise sensorial

Para essa análise, 100 provadores avaliaram os apresuntados, sendo 65% do sexo feminino e 35% de sexo masculino, com faixa etária entre 18 a 50 anos. É possível observar na Figura 9 o consumo frequente de apresuntado.

As amostras ficaram resfriadas em geladeira e embaladas com papel alumínio para não haver incidência da luz sobre os apresuntados, o que poderia prejudicar a avaliação de cor e aroma nos testes de aceitação e CATA.

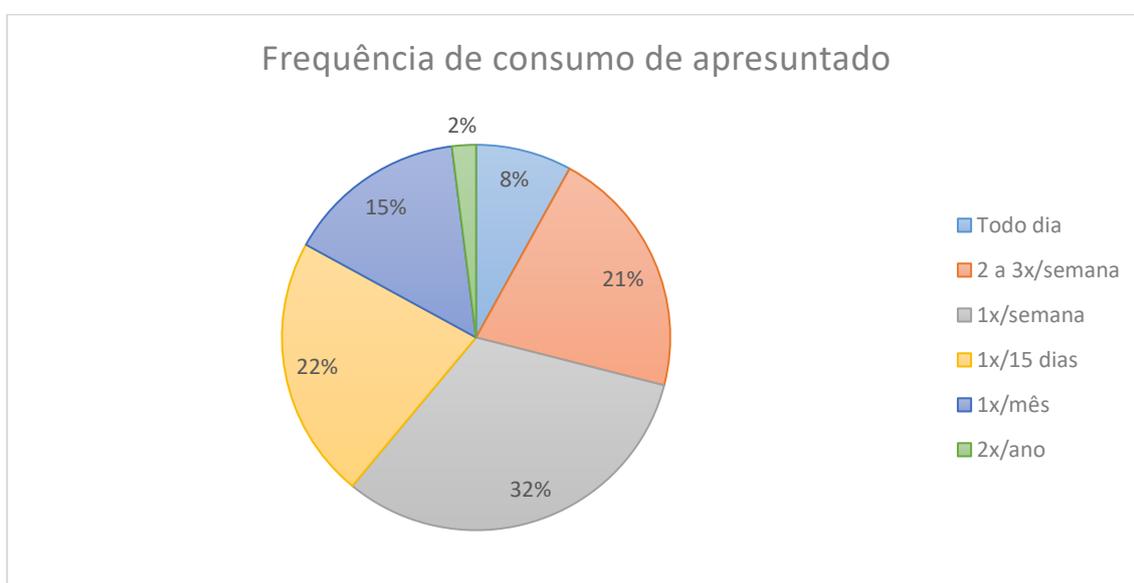


Figura 9. Frequência de consumo de apresuntado dos provadores.

a) Teste de aceitação

Os resultados de aceitação sensorial constam na Tabela 10. Para o atributo cor, o tratamento controle sem redução de NaCl (FC1) obteve menor valor ($p < 0,05$), diferindo de todos os outros tratamentos. Provavelmente, isso se deva ao escurecimento do apresuntado promovido pelo maior teor de NaCl. Todos os outros apresuntados obtiveram maiores valores, também pela redução de NaCl, que pode ser visualizado na micrografia, sendo os tratamentos com redução do sal, mais claros e menos opacos em comparação ao FC1.

No quesito sabor, o tratamento com fosfato de sódio combinado de 2% de NaCl (FC1) recebeu maior pontuação, diferente de KTP e KPP ($p < 0,05$). Por não haver canais iônicos específicos nas células receptoras na língua para o íon K^+ , a percepção do gosto salgado é prejudicada, ao contrário da molécula de sódio, que contém receptores na língua, facilitando sua percepção no paladar (Ruusunen, Tirkkonen e Puolanne, 2001). Provavelmente, a redução do NaCl nesses tratamentos foi mais percebida. Ao contrário, o sabor do tratamento com a junção dos fosfatos de potássio (KTP + KPP) não foi diferente do tratamento sem redução de NaCl (FC1), demonstrando que nestas condições, os fosfatos combinados diminuíram a percepção da redução de NaCl.

Tabela 10. Análise de aceitação dos tratamentos

	Cor	Aroma	Sabor	Textura	Aceitação Global
FC1	5,62 ± 0,19 _b	6,73 ± 0,14 _a	6,59 ± 0,16 _a	5,91 ± 0,20 _a	6,32 ± 0,16 ^a
FC2	6,65 ± 0,14 _a	6,66 ± 0,15 _a	6,35 ± 0,16 _{ab}	6,13 ± 0,18 _a	6,28 ± 0,15 ^a
KTP	6,28 ± 0,16 _a	6,61 ± 0,15 _a	5,72 ± 0,17 _{bc}	6,17 ± 0,17 _a	6,08 ± 0,15 ^{ab}
KPP	6,60 ± 0,14 _a	7,05 ± 0,14 _a	5,48 ± 0,18 _c	5,90 ± 0,17 _a	5,76 ± 0,17 ^b
KTP+KPP	6,42 ± 0,15 _a	7,01 ± 0,13 _a	5,93 ± 0,19 _{abc}	6,04 ± 0,20 _a	6,09 ± 0,17 ^{ab}

a-c: letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05$).

¹ Para denominações dos tratamentos, consulte a Tabela 5.

Para os atributos aroma e textura não houve diferença entre os tratamentos ($p > 0,05$). No trabalho de Carneiro et al., (2017) também não houve diferença em presuntos cozidos com substituição de cloreto de sódio por cloreto de potássio para os atributos de textura e aroma, o qual de acordo com os autores, provavelmente ocorreu pela propriedade na solubilização das proteínas miofibrilares, aumentando a hidratação, promovendo maior capacidade de retenção de água e, melhorando a textura do produto final. Apesar de diferença no rendimento após cozimento e CRA, os consumidores não chegaram a perceber grande diferença na textura dos apresuntados, mesmo que tenham descrito o apresuntado controle sem redução de NaCl, o mais poroso conforme Figura 10.

b) Teste CATA

Na Figura 10, é possível dividir os apresentados em três grupos, onde os provadores relacionaram o tratamento controle sem redução de NaCl (FC1) com os atributos: sal na medida, sabor condimentado, sabor de apresentado, suculento, textura porosa e cor pálida. Os atributos relacionados a sabor e suculência já eram esperados por haver maior teor de NaCl no respectivo tratamento. Entretanto, a textura e cor foram atributos inesperados, com menores pontuações. Provavelmente a textura deste tratamento foi comprometida no processamento, uma vez que foi utilizada uma batedeira doméstica e não um sistema à vácuo, o que pode ter contribuído para maior incorporação de ar no batter e conseqüentemente prejudicado a textura do produto final. Em relação à cor, os consumidores estão habituados a consumir este tipo de produto com adição de corantes, tal como carmim de cochonilha, e quando comparados com o apresentado realizado no trabalho, tiveram uma percepção de um produto cárneo mais descolorido. Além disso, a presença do NaCl deixou o apresentado com menor luminosidade, o que também pode ter contribuído para menor pontuação em comparação aos outros tratamentos. Todavia, o processo de cura foi bem conduzido, realizado da mesma forma para todos os tratamentos.

Os tratamentos com redução de NaCl (FC2) e com mix dos fosfatos hipossódicos (KTP + KPP), os quais fazem parte do terceiro grupo, foram relacionados a textura macia e sabor suave. Por outro lado, os tratamentos contendo KTP e KPP, que fazem parte do segundo grupo, foi evidenciada uma maior percepção da redução do NaCl, o que também foi possível observar na aceitação, com menores pontuações no quesito sabor. Delgado-Pando et al. (2018) observaram que a redução de sal em presunto cozido foi percebida pelos provadores, com alterações na textura, aroma e aceitação global. O mesmo ocorreu no trabalho de Vilar et al. (2020) com menor percepção do sabor do sal, suculência e maciez em linguças frankfurters. Por outro lado, Massilia et al. (2019) reportaram que os provadores não perceberam diferença de produtos como presunto cozido e peito de peru com redução de sal. No entanto, isso ocorreu pela adição de Soda - Lo®, o qual é são microesferas de sal, promovendo maior sabor de sal em menor quantidade.

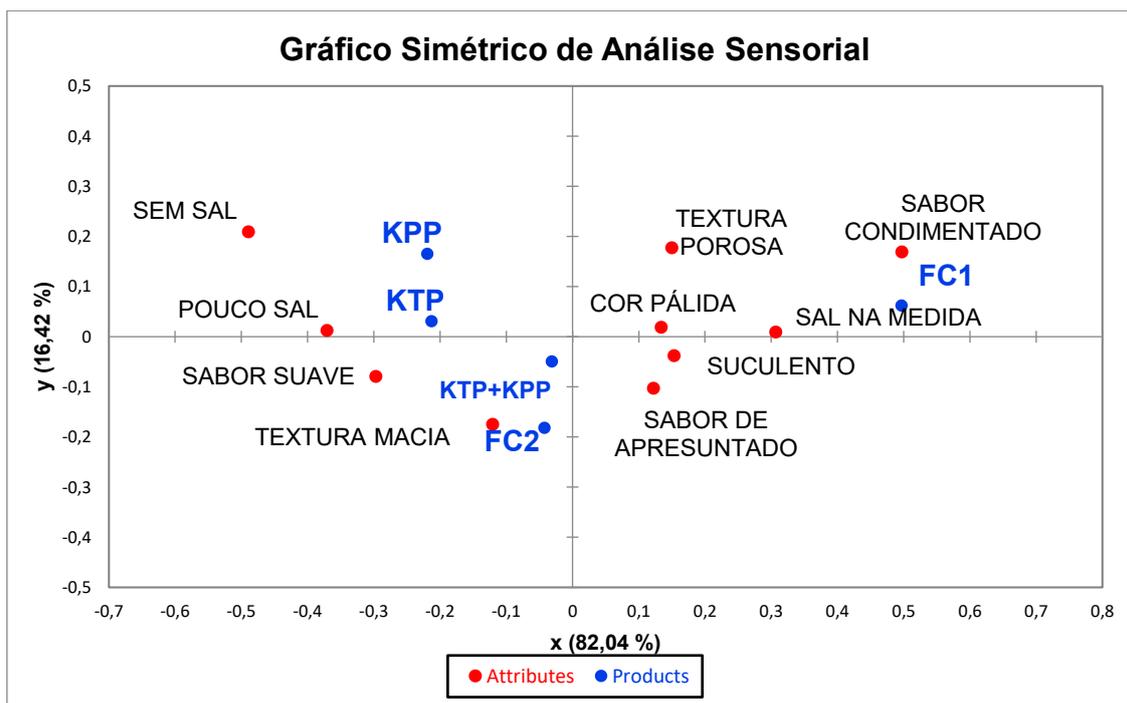


Figura 10. Tratamentos X Atributos sensoriais.

¹ Para as denominações dos tratamentos, consulte a Tabela 5.

4. CONCLUSÃO

A redução de cloreto de sódio e tripolifosfato de sódio afetou os parâmetros físico-químicos e sensoriais dos produtos cárneos avaliados. Os apresuntados com KTP ou KPP obtiveram menores pontuações para os parâmetros de aceitação. Por outro lado, quando os fosfatos de potássio foram utilizados em conjunto, a aceitação do apresuntado aumentou, com sabor mais próximo do tratamento controle com 2% de NaCl (FC1). Por fim, devem ser realizadas novas pesquisas para observar efeitos colaterais, como o crescimento de microrganismos durante a vida-de-prateleira e oxidação lipídica, além de atender aos padrões de identidade e qualidade dos produtos reformulados.

5. AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi apoiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOAC (2007) **Official Methods of Analysis**. 18th Edition, Association of Official Analytical chemists, Gaithersburg.

ARES, G.; BARREIRO, C.; DELIZA, R.; GIMÉNEZ, A. N. A.; GÁMBARO, A. **Application of a check-all-that-apply question to the development of chocolate milk desserts**. Journal of Sensory Studies, v. 25, p. 67-86, 2010.

BARRETTO, T. L., POLLONIO, M. A. R., TELIS-ROMERO, J., BARRETTO, A. C. S. **Improving sensory acceptance and physicochemical properties by ultrasound application to restructured cooked ham with salt (NaCl) reduction**. Meat Sci, 145 (2018), pp. 55-62.

BAUBLITS, R. T., POHLMAN, F. W., BROWN, A. H., JOHNSON, Z. B. **Effects of enhancement with varying phosphate types and concentrations, at two different pump rates on beef biceps femoris instrumental color characteristics**. Meat Science, 71 (2) (2005), pp. 264-276.

BENDALL JR (1954). **The swelling effect of polyphosphates on lean meat**. J. Sci. Food Agric. 5: 468-475.

BLIGH, E.G.; DYER, W.J. **A rapid method of total lipid extraction and purification**. Canadian Journal of Biochemistry and Physiology, v.37, p.911-914, 1959.

BRASIL. **Resolução-RDC nº 12, de 02 de Janeiro de 2001**. Brasília, 03 de agosto de 2001. Seção I.

BROWN, I. J.; DYER, A. R.; CHAN, Q.; COGSWELL, M. E.; UESHIMA, H.; STAMLER, J.; et al. **Estimating 24-h urinary sodium excretion from casual urinary sodium concentrations in western populations: The Intersalt Study**. Disponível em: <<https://doi.org/10.1093/aje/kwt066>>,2013.

BRUNA, J. M. et al. **Microbial and physico-chemical changes during the ripening of dry fermented sausages superficially inoculated with or having**

added na intracelular cell-free extract of *Penicillium aurantiogriseum*. Meat Science, v. 59, n. 1, p. 87-96, Set, 2001.

CÂMARA, A. K. F. I., VIDAL, V. A. S., SANTOS, M., BERNARDINELLI, O. D., SABADINI, E., POLLONIO, M. A. R. **Reducing phosphate in emulsified meat products by adding chia (*Salvia hispanica L.*) mucilage in powder or gel format: a clean label technological strategy.** Meat Science, 2020.

CARNEIRO, J. E. S.; CALIXTO, L. M.; MONTEIRO, M. S. M.; OLIVEIRA, T. F.; MARTIN, M. F. M. **Caracterização físico-química e análise sensorial de presuntos com redução no teor de sódio.** Revista Processos Químicos, 2017.

CARVALHO, C. B.; VITAL, A. C. P.; TONON, L. A. C.; PIERETTI, G. G.; MADRONA, G. S.; PRADO, I. N. **Análise sensorial de hambúrguer bovino com reduzido teor de sódio.** XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química, Florianópolis, 2014.

CHOI, Y.; LEE, J. E.; CHANG, Y.; KIM, M. K.; SUNG, E.; SHIN, H.; RYU, S. **Dietary sodium and potassium intake in relation to non-alcoholic fatty liver disease.** Br J Nutr 2016; 116(8): 1447-56. Disponível em: <<https://doi.org/10.1017/S0007114516003391>>.

CITTADINI, A., DOMÍNGUEZ, R., GÓMEZ, B., PATEIRO, M., PÉREZ-SANTAESCOLÁSTICA, C., LÓPEZ-FERNÁNDEZ, O., SARRIÉS, M. V., LORENZO, J. M. **Effect of NaCl replacement by other chloride salts on physicochemical parameters, proteolysis and lipolysis of dry-cured foal “cecina”.** J Food Sci Technol, 57 (2020), pp. 1628-1635.

CORNFORTH, D. P., JAYASINGH, P. 2004. **Colour and pigment.** In Encyclopedia of Meat Sciences. W. K. Jensen, C. Devine, and M. Dikeman, ed. Elsevier Ltd., Oxford, UK.

COZZOLINO, M., CICERI, P., GALASSI, A. **Hyperphosphatemia: A novel risk factor for mortality in chronic kidney disease.** *Annals of Translational Medicine*, 7 (3) (2019), p. 55.

DELGADO-PANDO, G., FISCHER, E., ALLEN, P., KERRY, J. P., O'SULLIVAN, M. G., HAMILL, R. M. **Salt content and minimum acceptable levels in whole-muscle cured meat products.** *Meat Science*, v. 139, 2018.

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

DOMÍNGUEZ, R., MUNEKATA, P. E., CITTADINI, A., LORENZO, J. M. **Effect of the partial NaCl substitution by other chloride salts on the volatile profile during the ripening of dry-cured lacón.** *Grasas y Aceites*, 67 (2016).

DYKES, G. A., COOREY, R., RAVENSDALE, J. T., SARJIT, A. **Phosphates.** L. Melton, F. Shahidi, P. Varelis (Eds.), *Encyclopedia of food chemistry*, Academic Press, Oxford (2019), pp. 218-224.

FEINER, G. **Meat products handbook - practical science and technology.** (1st ed.), Woodhead Publishing limited, Cambridge, England (2006).

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J., SAYAS-BARBERÁ, E., PÉREZ-ALVAREZ, J. A., ARANDACATALÁ, V. (2004). **Effect of sodium chloride, sodium tripolyphosphate and pH on color properties of pork meat.** *Color Res. Appl.* 29: 67-74.

GLORIEUX, S., GOEMAERE, O., STEEN, L., FRAEYE, I. **Phosphate reduction in emulsified meat products: Impact of phosphate type and dosage on quality characteristics.** *Food Technology and Biotechnology*, 55 (3) (2017), pp. 390-397, 10.17113/ftb.55.03.17.5089.

GRAUDAL, N. A.; HUBECK-GRAUDAL, T.; JURGENS, G. **Effects of low sodium diet versus high sodium diet on blood pressure, renin, aldosterone,**

catecholamines, cholesterol, and triglyceride. Cochrane Database Syst Rev. 2011.

GULLÓN, P., et al. **Inclusion of seaweeds as healthy approach to formulate new low-salt meat products.** Current Opinion in Food Science, 2021.

HE, F. J.; LI, J.; MACGREGOR, G. A. **Effect of longer term modest salt reduction on blood pressure: Cochrane systematic review and meta-analysis of randomized trials.** BMJ 2013; 346: f1325. Disponível em: <<https://doi.org/10.1136/bmj.f1325>>.

HERRERO, A. M., RUIZ-CAPILLAS. **Novel lipid materials based on gelling procedures as fat analogues in the development of healthier meat products.** Current Opinion in Food Science, 2021.

HORITA, C. N.; MESSIAS, V.C.; MORGANO, M.A.; HAYAKAWA, F. M.; POLLONIO, M. A. R. **Textural, micro structural and sensory properties of reduced sodium frankfurter sausages containing mechanically deboned poultry meat and blends of chloride salts.** Food Research International, v.66, p. 24-35, 2014.

HUFFMAN, D. L., CROSS, H. R., CAMPBELL, K. J., CORDRAY, J. C. (1981). **Effect of salt and tripolyphosphate on acceptability of flaked and formed hamburger patties.** J. Food Sci. 46: 34-36.

IAL. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos.** Instituto Adolfo Lutz, p. 1020. São Paulo, 2008.

INGUGLIA, E. S., ZHANG, Z., TIWARI, B. K., KERRY, J. P., BURGESS, C. **Salt reduction strategies in processed meat products: a review.** Trends Food Sci Technol, 59 (2017), p. 70-78.

KIM, Y. C.; KOO, H. S.; KIM, S.; CHIN, H. J. **Estimation of daily salt intake through a 24- hour urine collection in Pohang, Korea.** J Korean Med Sci 2014; 29(Supl. 2): S87-90.

LAMPILA, L. E., GODBER, J. P., LARRY BRANEN, P. M. D. A., SEPPO, SALMINEN, JOHN H. THORNGATE. **Food phosphates.** III (Eds.), Food additives (2nd ed.), Marcel Dekker Inc, New York (2002), pp. 809-898.

LEWINGTON S.; CLARKE R.; QIZIBASH N.; PETO R.; COLLINS R. Prospective Studies Collaboration. **Age-specific relevance of usual blood pressure to vascular mortality: a meta-analysis of individual data for one million adults in 61 prospective studies.** Lancet 2002; 360(9349): 1903-13.

LONG, N. H. B. S., GÁL, R., BUŇKA. **Use of phosphate in meat products.** African Journal of Biotechnology, 10 (86) (2011), pp. 19874-19882.

LORENZO, J. M., MUNEKATA, P. E. S., SANT'ANA, S., CARVALHO, R. B., BARBA, F. J., TOLDRÁ, F., MORA, L., TRINDADE, M. A. **Main characteristics of peanut skin and its role for the preservation of meat products.** Trends Food Sci Technol, 77 (2018), pp. 1-10.

LORENZO, J. M., BERMÚDEZ, R., DOMÍNGUEZ, R., GUIOTTO, A., FRANCO, D., PURRIÑOS, L. **Physicochemical and microbial changes during the manufacturing process of dry-cured lacón salted with potassium, calcium and magnesium chloride as a partial replacement for sodium chloride.** Food Control, 50 (2015), pp. 763-769.

LUCHERK, L. W.; T. G. O'Quinn, J. F. Legako, R. J. Rathmann, J. C. Brooks, and M. F. Miller. 2016. **Consumer and trained panel evaluation of beef strip steaks of varying marbling and enhancement levels cooked to three degrees of doneness.** Meat Sci: 122:145-154. Doi: 10.1016/j.meatsci.2016.08.005.

MA, Y.; FE, F. J.; MCGREGOR, G. A. **High salt intake**. Independent Risk Factor for Obesity? *Hypertension* 2015; 66(4): 843-9.

MACFIE, H. J.; BRATCHELL, N.; GREENHOFF, K.; VALLIS, L. V. **Designs to Balance the Effect of Order of Presentation and First-Order Carry-over Effects in Hall Tests**. *Journal of Sensory Studies*, v. 4, n. 2, p. 129-148, 1989.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Affective Tests**. In: (Ed.). *Sensory Evaluation Techniques*, Third Edition: CRC Press 1999.

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.

MOORE, S. L., THENO, D. M., ANDERSON, C. R., SCHMIDT, G. R. (1976). **Effect of salt, phosphate and some nonmeat proteins on binding strength and cook yield of a beef roll**. *J. Food Sci.* 41: 424-426.

NORRISH, R. S. (1966). **An equation for the activity coefficients and equilibrium relative humidities of water in confectionery syrups**. *International Journal of Food Science & Technology*, 1(1), 25– 39.

O'DONNELL, M. J.; XAVIER D.; LIU, L.; ZHANG, H.; CHIN, S. L.; RAO-MELACINI, P., et al. **Risk factors for ischaemic and intracerebral haemorrhagic stroke in 22 countries (the INTERSTROKE study): a case-control study**. *Lancet* 2010; 376(9735): 112-23.

OCKERMAN, H. W., PLIMPTON JR, R. F., CAHILL, V. R., & PARRETT, N. A. (1978). **Influence of short-term tumbling, salt and phosphate on cured canned pork**. *Journal of Food Science*, 43(3), 878– 881.

O'NEILL, L. M., GALVIN, K., MORRISSEY, P. A., & BUCKLEY, D. J. (1999). **Effect of carnosine, salt and dietary vitamin E on the oxidative stability of chicken meat**. *Meat Science*, 52(1), 89– 94.

PEREZ-PALACIOS, T., RUIZ-CARRASCAL, J., SOLOMANDO, J. C., ANTEQUERA, T. **Strategies for enrichment in ω -3 fatty acids aiming for healthier meat products.** Food Ver Int 2019, 35: 485-503.

PETERSSON, K., GODARD, O., ELIASSON, A. C., TORNBERG, E. **The effects of cereal additives in low-fat sausages and meatballs. Part 2: Rye bran, oat bran and barley fibre.** Meat Science, 96 (1) (2014), pp. 503-508.

PETIT, G., JURY, V., LAMBALLERIE, M., DURANTON, F., MARTIN, J. L. **Salt intake from processed meat products: benefits, risks and evolving practices.** Compr Rev Food Sci Food Saf, 18 (2019), pp. 1453-1473.

PINTON, M., SANTOS, B., LORENZO, J. M., CICHOSKI, A. J., BOEIRA, C., CAMPAGNOL, P. C. **Green technologies as a strategy to reduce NaCl and phosphate in meat products: an overview.** Curr Opin Food Sci, 40 (2021), pp. 1-5.

POWELL, J. M. **Physical and chemical effects of citrus fiber as a natural alternative to sodium tripolyphosphate in uncured all-pork bologna and oven-roasted Turkey breast.** Iowa State University (2017).

QUILAQUEO, M., DUIZER, L., AGUILERA, J. M. **The morphology of salt crystals affects the perception of saltiness.** Food Res Int, 76 (2015), pp. 675-681.

RAYBAUDI-MASSILIA, R., MOSQUEDA-MELGAR, J., ROSALES-OBALLOS, Y., CITTI DE PETRICONE, R., FRÁGENAS, N. N., ZAMBRANO-DURÁN, A., SAYAGO, K., LARA, M., URBINA, G. **New alternative to reduce sodium chloride in meat products: Sensory and microbiological evaluation.** LWT, v. 108, 2019.

RESCONI, V. C., KEENAN, D. F., BARAHONA, M., GUERRERO, L., KERRY, J. P., HAMILL, R. M. **Rice starch and fructo-oligosaccharides as substitutes for phosphate and dextrose in whole muscle cooked hams: sensory analysis**

and consumer preferences. LWT-Food Science and Technology, 66 (2016), pp. 284-292.

RUUSUNEN, M., TIRKKONEN, M. S., & PUOLANNE, E. (2001). **Saltiness of coarsely ground cooked ham with reduced salt content.** Agricultural and Food Science in Finland, 10, 27–32.

RUUSUNEN, M.; PUOLANNE, E. **Reducing sodium intake from meat products.** Meat Science, 70, n. 3, p. 531-541, 2005.

SALFINGER, Y.; TORTORELLO, M. L. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods.** 5th ed., American Public Health Association, Washington, D. C., 2015, 995p.

SANTOS, B. A. D.; CAMPAGNOL, P. C. B.; CRUZ, A. G. D.; GALVÃO, M. T. E. L.; MONTEIRO, R. A.; WAGNER, R.; POLLONIO, M. A. R. **Check all that apply and free listing to describe the sensory characteristics of low sodium dry fermented sausages: Comparison with trained panel.** Food Research International, n. 3, p. 725-734, 2015.

SHULTS, G. W., WIERBICKI, E. (1973). **Effects of sodium chloride and condensed phosphates on the water-holding capacity, pH and swelling of chicken muscle.** J. Food Sci. 38: 991-994.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V.C.A.; SILVEIRA, N.F.A. **Manual de Métodos de Análise Microbiológica de Alimentos.** 2. ed. São Paulo: Livraria Varela, 2010. 229p.

TARLADGIS, B.G.; WATTS, B.M.; YOUNATHAN, M.T. (1960). **A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods.** Journal of the American Oil Chemistry Society, v.37, p.44-48.

TEIXEIRA, A., RODRIGUES, S. **Consumer perceptions towards healthier meat products.** Current Opinion in Food Science, 2021.

TORNBERG, E. **Effects of heat on meat proteins – implications on structure and quality of meat products**. Meat Science, 70 (2005), pp. 493-508.

TREVISAN, Y. C.; BIS, C. V.; HENCK, J. M.; BARRETTO, A. C. S. **Efeito da adição de fibra de aveia sobre as propriedades físico-químicas de hambúrguer cozido e congelado com redução de gordura e sal**. Braz. J. Food Technol. V. 19, Campinas, 2016.

TRIKI, M., KHEMAKHEM, I., TRIGUI, I., BEN SALAH, R., JABALLI, S., RUIZ-CAPILLAS, C., AYADI, M. A., ATTIA, H., BESBES, S. **Free-sodium salts mixture and AlgySalt® use as NaCl substitutes in fresh and cooked meat products intended for the hypertensive population**. Meat Sci, 133 (2017), pp. 194-203.

TSENG, T., LIU, D., CHEN, M. **Evaluation of transglutaminase on the quality of low-salt chicken meat-balls**. Meat Science, 55 (2000), pp. 427-431.

USDA. **U. S. Departmente of Agriculture**. 2019. Disponível em: <<https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/168264/nutrients>>. Acesso em: 20 jan. 2020.

VARNAM, A. H.; SUTHERLAND, J. P. **Embutidos fermentados**. In: Carne y productos cárnicos. Zaragoza, Espanha: Editora Acribia, S.A., 1998.

VIDAL, V. A., LORENZO, J. M., MUNEKATA, P. E., POLLONIO, M. A. R. **Challenges to reduce or replace NaCl by chloride salts in meat products made from whole pieces—a review**. Crit Rev Food Sci Nutr (2020), pp. 1-13.

VILAR, E. G., OUYANG, H., O'SULLIVAN, M. G., KERRY, J. P., HAMILL, R. M., O'GRADY, M. N., MOHAMMED, H. O., KILCAWLEY, K. N. **Effect of salt reduction and inclusion of 1% edible seaweeds on the chemical, sensory and volatile component profile of reformulated frankfurters**. Meat Science, v. 161, 2020.

WHO. **WHO issues new guidance on dietary salt and potassium.** 2013. Disponível em: <https://www.who.int/mediacentre/news/notes/2013/salt_potassium_20130131/en/>. Acesso em: 18 jan. 2020.

YOTSUYANAGI, S. E. et al. **Technological, sensory and microbiological impacts of sodium reduction in frankfurters.** Meat Science, 2016.

ZAYAS, J. F. (1997). **Functionality of proteins in food.** Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.

ZHUANG, X., HAN, M., KANG, Z. L., WANG, K., BAI, Y., XU, X. L., et al. **Effects of the sugarcane dietary fiber and pre-emulsified sesame oil on low-fat meat batter physicochemical property, texture, and microstructure.** Meat Science, 113 (2016), pp. 107-115.

CAPÍTULO 4.
AVALIAÇÃO TECNOLÓGICA DE DIFERENTES EXTENSORES COMO
SUBSTITUTOS DE FOSFATOS EM PRODUTO CÁRNEO
REESTRUTURADO COM REDUÇÃO DE SÓDIO
MAGALHÃES, G. C., POLLONIO, M. A. R.

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

RESUMO

Esse trabalho teve por objetivo avaliar os efeitos da substituição do tripolifosfato de sódio por fibra de colágeno, amido de batata ou carragena, em apresetados com redução de 50% de cloreto de sódio. Foram realizados dois tratamentos controles, sendo um com 0,5% de tripolifosfato de sódio e 2% de cloreto de sódio (FC1), e outro com 1% de cloreto de sódio sem fosfato (FC2). Todos os tratamentos com agentes extensores (fibra de colágeno, amido de batata e carragena) resultaram em altas perdas de líquido e baixos valores para elasticidade e coesividade comparado com o tratamento controle com fosfato, exceto para o tratamento contendo a fibra de colágeno, com maior dureza e mastigabilidade, provavelmente por sua adição a 2% na formulação. Na avaliação sensorial, os apresetados reformulados com extensores não diferiram para cor e aroma em comparação ao tratamento FC1. Observou-se também que o tratamento adicionado de amido de batata obteve resultados próximos ao tratamento com tripolifosfato de sódio (FC1), sem diferença para aceitação global. Ainda assim, é necessário testar novas formulações e concentrações a fim de obter um produto cárneo considerado mais saudável pelo público, sem perda da textura e das propriedades sensoriais.

Palavras-chave: Substituição de fosfato, redução de sódio, hidrocolóides, produtos cárneos, apresetado.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, o consumo de carne suína ocorre majoritariamente através de produtos cárneos os quais possuem proteínas de alto valor biológico, altos teores de vitaminas do complexo B, além de possuir minerais essenciais ao organismo humano (Sarcinelli, Venturini & Silva, 2007; Islam, Khan, & Islam, 2017; Miller, 2017; Jesse & Gregory, 2017). Por outro lado, esse consumo também tem sido amplamente discutido e criticado, uma vez que os produtos cárneos possuem altos níveis de sódio, gordura e aditivos.

Dentre os aditivos utilizados no processamento de produtos cárneos, os fosfatos são extremamente importantes devido às funções tecnológicas desempenhadas. Esses estabilizantes, como são classificados, são capazes de aumentar a retenção de água através da atuação conjunta com o cloreto de sódio através da solubilização das proteínas miofibrilares, resultando em uma estabilidade eficaz do gel cárneo formado durante tratamento térmico. Além disso, possuem a capacidade de sequestrar íons metálicos, prevenindo a oxidação lipídica (JIN et al., 2012). Em contrapartida, seu consumo em demasia pode ser relacionado ao aumento do risco de desenvolvimento de doenças (MOSCA et al., 2021).

Parte das doenças associadas ao consumo de fosfato ocorrem pelo excesso no teor de fósforo presente nos estabilizantes como consequência do consumo de produtos com sua adição. Apesar de ser essencial em processos biológicos, sua ingestão desproporcional ao de teor de cálcio na dieta pode levar a um desequilíbrio desses minerais, podendo vir a prejudicar a estrutura óssea (SCHROFF et al., 2010; TAKEDA et al., 2013). Além do mais, o consumo do fósforo deve ser limitado para pacientes doentes renais crônicos (CARVALHO & CUPPARI, 2011; MARTÍN et al., 2020).

Com tais considerações, muitas pesquisas têm sido feitas com o objetivo de reformular produtos cárneos, com redução parcial ou total de ingredientes e aditivos ou até mesmo utilizar algumas técnicas, como no trabalho de PINTON et al. (2019). Os autores avaliaram o efeito do uso do ultrassom em emulsões cárneas reduzidas de fosfato. Foi observada uma redução no rendimento em tratamentos com redução de fosfato quando o ultrassom foi utilizado por 9

minutos, porém com aumento no rendimento ao usar o ultrassom por 18 minutos. No entanto, essa técnica foi percebida pelos consumidores caracterizando as emulsões com redução de 50% de fosfato como seco, com aroma fraco e ácido. ZHANG et al. (2021) também utilizaram o ultrassom com controle de temperatura como técnica na redução de 50% de fosfato em linguiças tipo frankfurter, com resultados interessantes para perda no cozimento e estabilidade de emulsão.

Outra alternativa amplamente estudada é o uso de ingredientes e/ou redução de aditivos com propriedades similares aos fosfatos, como redução dos fosfatos de sódio em salsicha (GLORIEUX et al., 2017), uso de mucilagem de chia em pó ou emulsão gel em mortadelas Bologna (CÂMARA et al., 2020), amido de arroz e fruto-oligossacarídeos em presuntos cozidos (RESCONI et al., 2015) e pó de cogumelo de inverno tratado com plasma aplicado em presunto cozido enlatado (JO et al., 2020). Ainda assim, estes estudos evidenciaram os efeitos negativos resultantes da retirada dos fosfatos nos produtos cárneos, com maior liberação de gordura, água e menor estabilidade dos mesmos.

Com base nesses estudos mencionados, fica claro o quão desafiador pode ser tentar reduzir esse tipo de aditivo na formulação de produtos cárneos, especialmente os reestruturados, os quais geralmente têm água adicionada em sua composição. No entanto, apesar do desafio, a busca por alternativas se faz cada vez mais necessária, uma vez que os consumidores buscam produtos com rótulos mais limpos, um conceito que vem sendo amplamente difundido nos dias atuais (ASIOLI et al., 2017).

Dentre os produtos cárneos reestruturados, o apresuntado é um dos produtos mais conhecidos e populares entre os consumidores (VÁLKOVÁ, SALÁKOVÁ, BUCHTOVÁ, & TREMLOVÁ, 2007), o que torna sua reformulação com redução de fosfatos uma excelente estratégia para promover apelos mais saudáveis que estimulem seu consumo (TEIXEIRA & RODRIGUES, 2020).

Considerando esse contexto, o presente estudo tem por objetivo substituir o tripolifosfato de sódio por agente extensores (fibra de colágeno, amido de batata ou carragena) e avaliar os efeitos nas propriedades físico-químicas, tecnológicas e sensoriais de produtos cárneos reestruturados, com redução de sódio.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

2.1 Matéria-prima, ingredientes e aditivos

A carne suína foi adquirida em comércio sob Inspeção Federal, localizado em Campinas/SP. Após recebimento, foi realizada a limpeza dos cortes cárneos com remoção do tecido conjuntivo e gordura, sempre um dia anterior ao processamento, seguida de moagem em picador de carnes (marca C.A.F., modelo 22STB), com disco de 5mm. Posteriormente, a carne foi pesada de acordo com a formulação para cada apresuntado descrita na Tabela 11, acondicionada em embalagens a vácuo, selados e mantidos sob refrigeração, por no máximo 18 horas até momento do uso ($\pm 1-2$ °C).

Os agentes extensores foram selecionados de acordo com suas fichas técnicas e estudos prévios, os quais demonstraram seu potencial na substituição do tripolifosfato de sódio. Foram avaliados: amido de batata *N-Hance* cedido pela Ingredion; carragena, doada pela CP Kelco; e a fibra de colágeno, doada pela NovaProm.

Também foram utilizados cloreto de sódio (NaCl) adquirido em comércio local de Campinas, aditivos (tripolifosfato de sódio, eritorbato de sódio e nitrito de sódio), cedidos pela Kerry (Campinas/SP) e o condimento especial para apresuntado contendo açúcar, realçador de sabor glutamato monossódico, especiarias e aromatizante natural, doado pela NewMax (Americana/SP).

2.2 Desenho experimental e tratamentos

Três tratamentos de apresuntados com redução parcial de cloreto de sódio (50%) e substituição de 100% do tripolifosfato de sódio (STPP) por agentes extensores foram preparados, conforme mostrado na Tabela 11. Os tratamentos elaborados com amido de batata, carragena e fibra de colágeno em substituição ao STPP foram designados, respectivamente como PS, CA e FCO. Dois tratamentos controles FC1 e FC2 foram elaborados, com 2% de NaCl e 0,5% de STPP e 1% de NaCl e 0% de STPP, respectivamente.

A formulação dos apresuntados foi definida respeitando os limites de aditivos, de acordo com legislação brasileira (Brasil, 2019), além de considerar

o teor de água semelhante a apresuntado comercializado atualmente (30,5%). A fibra de colágeno não possui limite de uso, sendo assim foi considerada a recomendação da empresa que cedeu a fibra e os resultados obtidos nos testes preliminares. Os tratamentos foram avaliados quanto às propriedades físico-químicas, tecnológicas e sensoriais. O experimento foi realizado em triplicata em dias diferentes.

Tabela 11. Tratamentos de apresuntados com redução parcial de cloreto de sódio e substituição total do tripolifosfato de sódio por agentes extensores

Ingredientes	Tratamentos (%)				
	FC1	FC2	AB	CA	FCO
Água	30,50	31,93	29,93	31,43	29,93
Cloreto de sódio	2,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Tripolifosfato de sódio	0,50	-	-	-	-
Amido de batata	-	-	2,00	-	-
Carragena	-	-	-	0,50	-
Fibra de colágeno	-	-	-	-	2,00

Os respectivos ingredientes e/ou aditivos também foram utilizados (%) para cada tratamento: carne de porco: 67; condimento especial para presunto cozido: 0,5; eritorbato de sódio: 0,05; e nitrito de sódio: 0,015.

2.3 Processamento dos apresuntados

Os apresuntados foram elaborados na Planta Piloto de Carnes, situada no Departamento de Tecnologia de Alimentos (DTA) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), em Campinas – SP. As matérias-primas, ingredientes e aditivos (previamente diluídos) foram homogeneizados em misturadora doméstica Oster Perform (modelo FPSTM 2711-57) com tigela e batedor de raquete de aço inox, durante 15 minutos com aumento gradual da velocidade.

Os batters foram acondicionados em embalagens a vácuo de nylon-polietileno e armazenados em câmara fria (± 5 °C) por 24 horas para desenvolvimento da cura. Posteriormente, os batters foram pesados para análise de rendimento após cozimento, colocados em fôrmas de apresuntado e

prensados manualmente com a tampa para fechamento do sistema, simulando o processo industrial. Os produtos foram submetidos à cocção em banho de cozimento encamisado com circulação (RSA/708, Brasil) com temperatura inicial de 60°C por 30 minutos, com aumento progressivo da temperatura a cada 10 minutos com variação de 5°C até atingir 72°C no interior do apresuntado. Em seguida, os apresuntados foram resfriados em banho de gelo e acondicionados em câmara fria (± 5 °C) até o momento das análises.

2.4 Composição centesimal, pH e atividade de água (Aw)

As determinações de umidade, proteínas, cinzas e sódio dos apresuntados foram realizadas de acordo com a metodologia descrita pela Association of Official Analytical Chemists (AOAC, 2007). O teor de lipídios foi mensurado seguindo o método de Bligh & Dyer (1959). A avaliação do teor de fosfato foi realizada segundo método espectrofotométrico do Instituto Adolfo Lutz (IAL, 2008), com leituras feitas a 420 nm. A determinação do pH foi realizada nos batters e apresuntados, com pHmetro portátil MA 130 Mettler Toledo, com sonda de penetração, a qual foi inserida diretamente nas amostras em diferentes locais. A atividade de água foi determinada com medidor de Aw Aqualab (DECAGON Inc., Pullman, USA). As análises foram realizadas em três repetições por tratamento.

2.5 Determinação da cor

A cor instrumental das amostras foi medida usando o espectrofotômetro CM-5 (Konica Minolta), operando com iluminante D65, ângulo de visão 10 °, e modo de calibração RSEX (levando em conta o brilho da amostra). Esta determinação foi baseada no sistema de cor CIELAB, com L* representando luminosidade, a* o eixo vermelho-verde e b* o eixo amarelo-azul. As variáveis foram medidas nos batters e nos apresuntados triturados, em temperatura ambiente (± 25 °C). O índice de brancura (W) foi calculado a partir de L*, a* e b*, conforme Equação 1. Os batters foram avaliados logo após processamento e os

apresentados após 3 dias de estocagem sob refrigeração, todos com três repetições.

$$W = 100 - [(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}]^{1/2} \quad (1)$$

2.6 Estabilidade do batter

A estabilidade do batter foi realizada imediatamente após finalização do processamento com adaptações do método de HUGHES, COFRADES & TROY (1997), que consistiu na centrifugação de 25g dos batters crus (3000rpm/2min) (Excelsa ® II 206-BL, Fanem®, Brasil) e posterior aquecimento em banho controlado até 70 °C/60 min. O líquido exsudado das amostras foi despejado em béquer de 50 mL, e, em seguida, pesado. A determinação da estabilidade foi obtida através da diferença do peso entre amostra inicial e líquido liberado na cocção, multiplicado por 100, com resultado em porcentagem. Foram realizadas três repetições por tratamento.

2.7 Capacidade de retenção de água

A capacidade de retenção de água (CRA) foi feita de acordo com LUCHERK et al. (2016), que consistiu em compressão da amostra (1 cm²) com velocidade de pré-teste de 3,7mm/segundo, tempo de compressão de 30 segundos e velocidade de pós-teste de 10mm/segundo, em texturômetro TA.XT.plus entre dois papéis-filtro qualitativos Unifil que ficaram em dessecador por 24 horas. Os papéis foram pesados antes e após compressão, com força de 78,45 N. Esta análise foi realizada com seis repetições para cada tratamento.

2.8 Perfil instrumental de textura (TPA)

O perfil de textura foi determinado utilizando o analisador de textura TA-xT2i (Texture Technologies Corp., Scarsdale, NY), com velocidades de pré-teste e pós-teste de 1,0mm/segundo e força de 0,98 N. As amostras foram comprimidas a 30% do seu peso original. Foram utilizadas seis amostras com

dimensões padronizadas (20mm de diâmetro e 20 mm de altura). O probe P-35 foi utilizado (haste longa, de base normal). As amostras foram analisadas em temperatura ambiente. Foram determinados: dureza (N/cm²), elasticidade (cm), coesividade, gomosidade e mastigabilidade (N/cm) (MENDOZA et al. 2001).

2.9 Microscopia Eletrônica de Varredura

Para esta análise foi utilizado microscópio eletrônico de varredura de alto vácuo TM 3000 Tabletop Microscope (Hitachi High Technologies, Japão), com aceleração de 15kV no modo Analy. As amostras foram cortadas com aproximadamente 1 cm² e 0,2 cm de espessura, sendo inserida diretamente no equipamento, sem tratamento prévio, em temperatura ambiente. As imagens foram feitas em triplicata para cada tratamento, com 250x de aumento.

2.10 Rendimento após a cocção

O rendimento após cozimento foi realizado segundo YOTSUYANAGI et al. (2016), que consistiu na determinação da diferença da pesagem do batter antes e após o cozimento e repouso de cada peça de apresuntado sob refrigeração (± 5 °C) em bandejas plásticas, multiplicado por 100.

2.11 Avaliação sensorial

O estudo foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Universidade Estadual de Campinas, SP, Brasil (CAAE- 3.644.785) e todos os participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido, concordando em participar voluntariamente dos testes sensoriais. Para essa avaliação, os apresuntados foram processados e armazenados em câmara fria (± 8 °C) até o momento de realização da análise sensorial. Antes da condução da análise sensorial, os produtos foram submetidos a análises microbiológicas para garantir a segurança dos provadores, de acordo com a RDC nº 12 (BRASIL,

2001). Foram avaliados mesófilos aeróbios totais, coliformes a 45 °C, *Staphylococcus coagulase positiva*, clostrídios sulfito redutores a 46 °C e *Salmonella sp* (SILVA et al., 2010; SALFINGER & TORTORELLO, 2015).

Foi realizado um teste de aceitação com escala hedônica estruturada de nove pontos, com avaliação dos atributos cor, aroma, sabor, textura e impressão global (MEILGAARD, CIVILLE & CARR, 1999). Foram recrutadas 81 pessoas entre alunos e funcionários da Universidade Estadual de Campinas (Campinas, Brasil), com idades entre 18 e 60 anos, de ambos os sexos, consumidores de produtos cárneos. Os apresuntados foram apresentados de forma monádica, em copos plásticos codificados com três dígitos, com ordem de apresentação balanceada conforme descrito por MACFIE et al (1989). Após o teste de aceitação, os consumidores marcaram as características percebidas no produto de acordo com as questões CATA, o qual foi planejado de acordo com a metodologia de ARES et al. (2010) e SANTOS et al. (2015). O questionário foi elaborado com base em atributos comumente percebidos em produtos cárneos reestruturados, sendo escolhido 20 atributos

2.12 Análise estatística

Os resultados obtidos foram analisados usando análise de variância (ANOVA) com modelos lineares (GLM - Modelos Lineares Gerais), usando o Statsoft. Inc. versão 7 do software (TIBCO Software Inc., Califórnia, EUA) O teste de Tukey com nível de significância de 5% ($p \leq 0.05$) foi usado para determinar diferenças significativas entre os tratamentos.

No estudo das questões CATA foi realizada uma análise fatorial múltipla (MFA) utilizando o software XLSTAT (Versão 2018, Addinsoft, Paris, França) com o objetivo de identificar as relações entre os termos sensoriais e a aceitação global dos produtos.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Composição química, pH, Aw

Na Tabela 12 são apresentados os resultados da composição centesimal, pH dos produtos antes e após tratamento térmico e atividade de água.

Tabela 12. Composição química, pH e aw dos apresuntados com reduzido teor de sódio e substituição total do tripolifosfato de sódio por agentes extensores

Parametro	¹ FC1	FC2	AB	CA	FCO
Umidade (%)	79.33 ±0.12 ^a	77.38 ±0.04 ^c	76.64 ±0.03 ^d	78.04 ±0.11 ^b	75.65 ±0.13 ^e
Proteína (%)	14.67 ±0.12 ^c	15.86 ±0.24 ^b	13.56 ±0.10 ^d	15.15 ±0.20 ^c	17.85 ±0.03 ^a
Lipídeos (%)	2.95 ±0.01 ^b	3.78 ±0.06 ^a	3.32 ±0.09 ^{ab}	3.74 ±0.08 ^a	3.73 ±0.30 ^a
Cinzas (%)	3.12 ±0.06 ^a	1.65 ±0.04 ^{bc}	1.34 ±0.16 ^c	1.95 ±0.01 ^b	1.86 ±0.04 ^b
Sódio (mg/100g)	801.28 ± 0.54 ^a	388.55 ± 0.79 ^d	390.11 ± 0.64 ^d	393.56 ± 0.10 ^c	397.84 ± 1.00 ^b
P ₂ O ₅ (%) ²	0.56 ± 0.01 ^a	0.25 ± 0.01 ^b	0.23 ± 0.01 ^b	0.25 ± 0.01 ^b	0.25 ± 0.02 ^b
pH Batter	6.01 ±0.01 ^b	6.19 ±0.03 ^a	6.26 ±0.03 ^a	5.96 ±0.01 ^b	5.92 ±0.05 ^b
pH Produto	6.31 ±0.03 ^b	6.22 ±0.01 ^c	6.20 ±0.01 ^c	6.39 ±0.01 ^a	6.41 ±0.01 ^a
Aw	0.979 ±0.01 ^c	0.992 ±0.01 ^a	0.992 ±0.01 ^a	0.990 ±0.01 ^b	0.989 ±0.01 ^b

^{a-e}: letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa ($p \leq 0.05$). Todos os valores são expressos como médias \pm desvio padrão. ¹ Para denominação dos tratamentos, ver Tabela 11. ²P₂O₅ Pentóxido de fósforo.

Em tratamentos sem a adição de fosfato (FC2) e com substituição por extensores (AB, FCO e CA) apresentaram uma redução ($p \leq 0.05$) no teor de umidade dos apresuntados, possivelmente pela ausência do tripolifosfato de sódio, responsável por promover um aumento na capacidade de retenção de água. Da mesma forma, Öztürk-Kerimoğlu & Serdaroğlu (2019) também observaram redução no teor de umidade em carnes reestruturadas de frango em tratamentos sem adição de tripolifosfato de sódio. Além disso, outros estudos também verificaram o efeito produzido pela retirada de fosfato ou sódio em produtos cárneos (Pietrasik et al., 2017; Schutte et al., 2021).

Em relação ao teor proteico, um aumento ($p \leq 0.05$) foi observado com a substituição de fosfato por fibra de colágeno. Efeito contrário foi observado pela adição de amido de batata, onde se constatou a redução ($p \leq 0.05$) na concentração de proteínas. Em consonância com esses resultados, Sousa et al. (2017) também observou aumento no teor de proteínas com a substituição de

gordura por colágeno hidrolisado em salsichas. Este efeito é resultante de uma alta concentração de proteínas na fibra de colágeno e, no amido de batata, o inverso aconteceria devido o maior teor de carboidratos.

No que se refere a concentração de lipídeos, a inclusão de amido de batata (AB), fibra de colágeno (FCO) e carragena (CA) não diferiram ($p > 0.05$) do controle sem adição de fosfato (FC2). Dessa forma, demonstrou que a substituição de fosfato pelos extensores avaliados não causou alteração do teor de gordura. Outros estudos também não observaram impacto do amido de batata ([Fernández-Martín et al., 2000](#)) e carragena (Kim et al., 2020; Schutte et al., 2021) em produtos cárneos.

Ainda no que tange a composição centesimal dos apresuntados, a retirada do fosfato e/ou a substituição por amido de batata, fibra de colágeno e carragena, ocasionou uma redução ($p \leq 0.05$) do conteúdo de cinzas. Öztürk-Kerimoğlu & Serdaroğlu (2019) avaliaram as qualidades físicas, químicas, microestruturais, microbiológicas e sensoriais de bifes de frango reestruturados sem fosfato reformulados com inulina e carbonato de sódio. De acordo com esses autores, a amostra controle com adição de fosfato apresentou o maior teor de cinzas, justificado por seu maior teor de inorgânico derivado do sal fosfato. Outros estudos também observaram esse efeito na redução do conteúdo mineral fixo de produtos cárneos (Magalhães et al., 2020; Schutte et al., 2021).

A adição da fibra de colágeno e carragena resultaram em menores ($p \leq 0.05$) valores para aw, quando comparados com o amido de batata. Isso pode ser explicado através das propriedades funcionais desses extensores, como a maior capacidade de formação de gel do colágeno (Gómez-Guillén et al., 2011), que diminui a disponibilidade da água no apresuntado e da carragena com seu poder de ligar água no substrato e reduzir a proporção de água livre no produto (Cao et al., 2021).

No batter, os tratamentos sem adição de fosfato (FC2) e com amido de batata (AB) resultaram em maiores valores para o pH. Sabe-se que o tripolifosfato de sódio possui a capacidade de aumentar o pH da matriz cárnea, o que contribui para o aumento da capacidade de retenção de água (Zhang et al., 2021). Isso é explicado pelo distanciamento do ponto isoelétrico das proteínas miofibrilares, favorecendo uma maior solubilização e, portanto,

melhorando as propriedades funcionais. Igualmente, seu uso combinado ao NaCl também promove um aumento da força iônica e favorece a extração das proteínas miofibrilares (GLORIEUX et al., 2017). Ademais, os ingredientes e aditivos utilizados nos apresuntados sem fosfato (FC2) ou com amido de batata (AB) não possuem as mesmas propriedades que o NaCl e STPP, o que resultou em altas perdas de líquido no batter e menor capacidade de retenção de água (CRA). Nos apresuntados, os tratamentos com a fibra de colágeno (FCO) e a carragena (CA) obtiveram maiores ($p \leq 0.05$) valores de pH. Provavelmente isso ocorreu, não só pelo pH dos agentes extensores, mas também pelo efeito sinérgico com o NaCl. PIETRASIK & GAUDETTE (2014) reportaram valores de pH entre 6,29 a 6,42 em apresuntados cozidos reestruturados tratados com substitutos de sal e realçadores de sabor. Também, BARRETTO et al (2020) encontraram valores próximos (6,33 a 6,37) em produtos reestruturados com redução de sódio tratados pelo método de ultrassom. Em consonância com os resultados obtidos neste estudo, Kilincer & Yilmaz (2017) avaliaram as características de salsichas com baixo teor de gordura e emulsões produzidas pela adição de diferentes hidrocolóides e observaram aumento no valor de pH com inclusão de K-carragena e λ -carragena. Kim et al. (2020) também verificaram o aumento do pH com adição de 0.3% de carragena em um produto cárneo reestruturado semi-seco.

Os resultados para teor de sódio (Na), cloreto de sódio (NaCl) e fosfato são demonstrados na Tabela 12. Em relação à concentração de sódio e cloreto de sódio, foram observadas diferenças significativas entre todos os tratamentos quando comparado ao apresuntado com fosfato (FC1) ($p \leq 0.05$). Isso já era de fato esperado por haver maior teor de NaCl e STPP adicionados. Outras pesquisas também observaram diminuição no teor de sódio com a redução dos níveis de fosfato de sódio (Magalhães et al., 2020) e NaCl em produtos cárneos (Barretto et al., 2018; Öztürk-Kerimoğlu & Serdaroğlu, 2019).

Os tratamentos com adição de amido de batata e o controle sem fosfato (FC2) não diferiram entre si ($p > 0,05$), com menores valores, o que era previsto no produto sem adição de estabilizantes, por não haver a adição de nenhum outro ingrediente ou aditivo contendo sódio em sua composição.

Em apresuntados tradicionais comercializados atualmente no Brasil, o teor de sódio em sua composição varia de 800 a 1.500mg de sódio por 100g de amostra. No entanto, esses produtos possuem uma série de outros ingredientes e aditivos, o que reduz o conteúdo de sódio final.

No trabalho de CONTADO et al. (2015), os autores avaliaram o uso de farinha e extrato de frutanos de yacon visando a obtenção de apresuntados com melhor qualidade nutricional e maior teor de fibras alimentares. Foi observado um teor de sódio relativamente alto, a 4% para todos os tratamentos, indicando o uso de muitos ingredientes e aditivos compostos deste mineral no estudo dos autores citados.

Os resultados para concentração de fosfato eram esperados considerando que são encontrados naturalmente em carnes (USDA, 2019), além de não ter sido feita a adição de fosfatos sintéticos nos tratamentos, exceto para o tratamento FC1, o que resultou em diferença ($p \leq 0.05$) entre todos os apresuntados.

3.2 Estabilidade do batter, capacidade de retenção de água e rendimento

Na Figura 11 são reportados os valores para estabilidade do batter, capacidade de retenção de água e rendimento

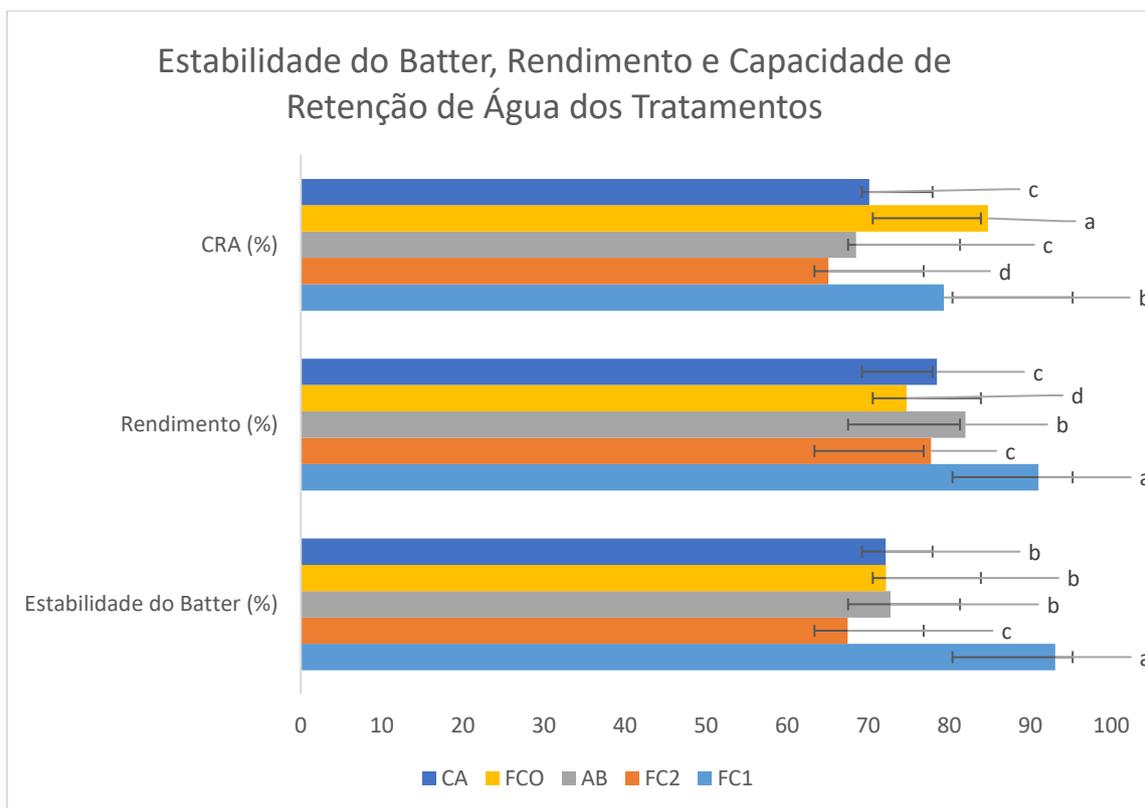


Figura 11. Estabilidade do batter, rendimento e capacidade de retenção de água dos tratamentos. ^{a-d}: letras diferentes para mesma análise indicam diferença significativa ($p \leq 0.05$). Para denominações dos tratamentos, ver Tabela 11.

Também, segundo o fabricante, o amido de batata utilizado tem uma temperatura baixa para sua gelatinização (60 °C), o que durante o cozimento pode ter contribuído na diminuição da capacidade de retenção de água no apresetado. Provavelmente, a maior disponibilidade de água nos tratamentos contribuiu para maior liberação de líquido quando comprimidos, obtendo menores valores para CRA, com exceção da fibra de colágeno, com mais resistência à liberação em comparação a todos os outros tratamentos ($p \leq 0.05$). A fibra de colágeno sofre desnaturação proteica quando submetida a temperaturas acima de 65 °C (Purslow, 2018), o que possivelmente afetou sua capacidade de reter o líquido durante cozimento. No entanto, após resfriamento e refrigeração, sua propriedade gelificante contribuiu para maior resistência à saída de líquido do apresetado em comparação aos outros tratamentos ($p \leq 0.05$).

3.3 Análise objetiva de cor

A cor de um produto é um determinante para seu consumo com aceitação, especialmente em produtos cárneos. O apresuntado possui cor rósea clara típica, característica resultante do processo de cura através do uso do nitrito de sódio (HAMMES, 2012). A utilização de ingredientes não-cárneos como estes utilizados no presente estudo pode influenciar a cor final dos produtos reformulados. Na Tabela 13, estão apresentados os resultados de cor objetiva para os batters e para os produtos prontos para consumo. Nos batters, foi possível observar que o apresuntado com fosfato (FC1) diferiu de todos os tratamentos para brancura (W) e luminosidade ($p \leq 0.05$). Em relação aos apresuntados, foi possível observar que o tratamento FC1 também diferiu de todos os outros tratamentos para luminosidade e índice de brancura (W), porém, com valores mais baixos ($p \leq 0.05$). Dessa forma, acredita-se que o tripolifosfato e a redução de NaCl impactam na cor dos produtos cárneos. PIETRASIK & GAUDETTE (2014) e BARRETTO et al (2018) também reportaram maiores valores para luminosidade em produtos cárneos com redução de NaCl. Segundo OCKERMAN, PLIMPTON, CAHILL & PARRETT (1978), a adição de NaCl contribui para o escurecimento dos produtos. Além disso, o tratamento térmico, combinado ao nitrito de sódio e teores mais altos de NaCl contribuem para uma maior promoção da cor rósea, com maiores valores para o eixo vermelho-verde (FRAQUEZA & PATARATA, 2020). Efeito contrário foi observado nos tratamentos sem adição de fosfato (FC2) e com amido de batata (AB), que apresentaram aumento ($p \leq 0.05$) nesses parâmetros. O efeito sobre a cor dos apresuntados coincide com a maior aw (Tabela 12) nesses tratamentos, o que pode ser explicado pela maior incidência da luz através da água.

Para a coordenada a^* , os batters referentes aos tratamentos com adição de fosfato (FC1) e fibra de colágeno (FCO) apresentaram redução ($p \leq 0.05$). Já o amido de batata foi responsável pelo aumento ($p \leq 0.05$) da intensidade da cor vermelha. Em relação aos apresuntados, foi observado aumento no valor de a^* nos tratamentos FC1 e FCO. A remoção do fosfato e de 50% da concentração de NaCl (FC2) e o tratamento com amido de batata apresentaram redução ($p \leq 0.05$) do valor do eixo vermelho-verde. Tais tratamentos também apresentaram maior atividade de água, o que pode ter levado a uma diluição de componentes responsáveis pela cor, principalmente, a mioglobina. Outros

estudos também observaram redução na intensidade da cor vermelha em produtos cárneos com redução de fosfato (Magalhães et al., 2020) e NaCl (Barretto et al., 2018).

A intensidade da cor amarela (b^*) dos batters foi reduzida ($p \leq 0.05$) com a substituição de fosfato por fibra de colágeno (FCO). Entretanto, esse mesmo tratamento resultou em maior valor para a coordenada b^* ($p \leq 0.05$) no produto final. Esse aumento no valor b^* observado no apresuntado pode ser explicado pela cor da fibra, a qual varia de branco a creme, além de ter sido utilizada ao nível de 2% e possuir aspecto de fibra seca. Ainda assim, a fibra não prejudicou o processo de cura, sendo semelhante ao tratamento com tripolifosfato de sódio (FC1) para a coordenada a^* . Sousa et al. (2017) também observaram aumento no valor de b^* com a substituição de 75% da gordura por colágeno hidrolisado em salsichas. Similar ao presente estudo, Prestes et al. (2013) avaliaram o efeito da adição de uma mistura de colágeno (fibra de colágeno e pó de fibra de colágeno) e o grau de cominuição da carne sobre as características químicas, físicas, estruturais e sensoriais do presunto de frango. Segundo os mesmos autores, a fibra de colágeno promoveu o aumento no parâmetro b^* e uma redução na luminosidade, resultando em um produto mais opaco.

Tabela 13. Cor objetiva dos batters e apresuntados com reduzido teor de sódio e substituição total do tripolifosfato de sódio por agentes extensores

Tratamentos	W		L		a*		b*	
	Batter	Produto	Batter	Produto	Batter	Produto	Batter	Produto
¹ FC1	58.52 ±0.59 ^a	58.16 ±0.54 ^d	63.16 ±0.63 ^a	60.78 ±0.46 ^d	6.22 ±0.14 ^c	10.38 ±0.20 ^a	17.99 ±0.08 ^a	10.21 ±0.24 ^d
FC2	53.09 ±0.59 ^b	65.60 ±0.14 ^a	57.06 ±0.77 ^{bc}	68.34 ±0.13 ^a	8.00 ±0.19 ^b	8.48 ±0.04 ^c	17.02 ±0.29 ^b	10.45 ±0.04 ^{cd}
OS	52.50 ±0.40 ^{bc}	64.49 ±0.05 ^{ab}	57.09 ±0.42 ^b	67.32 ±0.04 ^a	9.02 ±0.15 ^a	8.65 ±0.04 ^{bc}	18.27 ±0.16 ^a	10.89 ±0.05 ^{bc}
CA	51.25 ±0.22 ^c	63.26 ±0.07 ^b	55.07 ±0.20 ^c	66.23 ±0.06 ^b	7.62 ±0.16 ^b	8.99 ±0.04 ^b	17.31 ±0.10 ^b	11.34 ±0.08 ^b
FCO	52.74 ±0.22 ^{bc}	59.78 ±0.42 ^c	56.06 ±0.21 ^{bc}	63.01 ±0.37 ^c	6.29 ±0.13 ^c	10.15 ±0.14 ^a	16.22 ±0.07 ^c	12.08 ±0.15 ^a

^{a-d}: letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ($p \leq 0.05$). Todos os valores são expressos como médias \pm desvio padrão. W: índice de brancura; L*: luminosidade; a*: eixo vermelho-verde; b*: eixo amarelo-azul. ¹ Para denominações dos tratamentos, ver Tabela 11.

3.4 Perfil instrumental de textura (TPA)

As estratégias de reformulação utilizadas neste estudo para redução de fosfato tiveram efeitos significativos ($p < 0.05$) nas propriedades de textura dos apresentados (Tabela 14).

Todos os tratamentos diferiram significativamente ($p < 0.05$) do tratamento contendo fosfato (FC1) para os parâmetros do perfil de textura avaliados. Os tratamentos sem fosfato (FC2) e com amido de batata (AB) apresentaram os menores valores ($p < 0.05$) para dureza, mastigabilidade, elasticidade e coesividade. É relevante destacar que todos os tratamentos sem fosfato, tiveram também redução significativa do cloreto de sódio (50%). Uma concentração de sal mínima de 2% é geralmente necessária na maioria das formulações de produtos cárneos para se garantir força iônica suficiente para a solubilização e extração das proteínas miofibrilares, fundamentais no fornecimento de textura adequada aos produtos e estabilidade para as emulsões cárneas (Verma & Banerjee, 2012). Similarmente aos resultados encontrados neste estudo, Barretto et al. (2018) observaram redução significativa da firmeza em presuntos cozidos com redução de até 30% de sódio ao se comparar com os produtos controle. A ausência de tripolifosfato de sódio (STPP) nos apresentados reformulados também fornece impactos diretos na textura dos produtos, uma vez que estes aditivos promovem uma maior extração das proteínas miofibrilares, demonstrando o seu papel essencial na ligação dos pedaços de carne em produtos cárneos reestruturados, como o apresentado (Dušek et al., 2003). Todos os tratamentos com ausência de fosfato, com exceção de FCO, foram significativamente ($p < 0.05$) menos firmes que o controle. Resconi et al. (2016) observaram aumento linear da firmeza com o aumento da concentração de fosfato em presuntos utilizando a metodologia de superfície de resposta.

Tabela 14. Perfil instrumental de textura dos apresentados com reduzido teor de sódio e substituição total do tripolifosfato de sódio por agentes extensores

Tratamentos	Dureza	Elasticidade	Coesividade	Gomosidade	Mastigabilidade
¹ FC1	11.47 ±0.38 ^b	0.94 ±0.01 ^a	0.84 ±0.01 ^a	9.64 ±0.34 ^b	9.03 ±0.35 ^b
FC2	3.66 ±0.27 ^d	0.79 ±0.01 ^c	0.75 ±0.01 ^c	2.74 ±0.20 ^d	2.17 ±0.17 ^d
AB	4.26 ±0.27 ^d	0.82 ±0.01 ^c	0.75 ±0.01 ^c	3.20 ±0.21 ^d	2.64 ±0.19 ^d
CA	8.02 ±0.47 ^c	0.82 ±0.01 ^c	0.72 ±0.01 ^d	5.73 ±0.31 ^c	4.71 ±0.27 ^c

FCO	15.36 ±0.71 ^a	0.88 ±0.01 ^b	0.79 ±0.01 ^b	12.08 ±0.51 ^a	10.68 ±0.49 ^a
-----	--------------------------	-------------------------	-------------------------	--------------------------	--------------------------

^{a-d}: letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ($p \leq 0.05$). ¹ Para denominações dos tratamentos, ver Tabela 11.

Além disso, os tratamentos sem STPP (FC2, PS, CA e FCO) foram menos elásticos e coesos ao se comparar com o controle. Os baixos valores para elasticidade e coesividade podem interferir de forma negativa na qualidade dos produtos cárneos, como o apresuntado, uma vez que podem resultar em uma propriedade de fatiabilidade ruim, com poucas fatias intactas (PINTON et al., 2019). SCHILLING et al. (2018) reportaram em seus estudos que os presuntos formulados com substituição de tripolifosfato de sódio por proteína do soro de leite e fibra de aveia com vinagre resultaram em um número menor de fatias intactas ao se comparar com o tratamento controle, além disso os presuntos elaborados sem fosfato tiveram o pior desempenho em relação à fatiabilidade.

Os resultados dos parâmetros de textura significativamente ($p < 0.05$) inferiores a FC1 encontrados no tratamento com amido de batata (PS) se devem possivelmente ao fato do amido se ligar fracamente aos sistemas cárneos ou à água livre presente, mecanismos de ligação demonstrados por Resconi et al. (2015) através de análises NMR realizadas em presuntos cozidos com fruto-oligossacarídeos (FOS) e amido de arroz como substitutos de fosfato. Além disso, uma hipótese que poderia auxiliar na compreensão dos resultados encontrados em nosso estudo é que os grânulos de amido de batata são relativamente grandes e, possivelmente, conforme observado por Li & Yeh (2002) não foram aprisionados na matriz proteica.

Por outro lado, a fibra de colágeno proporcionou maior firmeza e mastigabilidade aos apresuntados, com resultados significativamente maiores ($p < 0.05$) ao se comparar com todos os outros tratamentos. Mudanças nos parâmetros de textura em produtos cárneos são frequentemente associadas às diferenças na capacidade de retenção de água (Çarkcioğlu et al. 2016). As fibras de colágeno possuem uma série de propriedades funcionais, como capacidade de retenção de água, capacidade de emulsificação e gelificação (Máximo & Cunha, 2010), sendo capazes de reter a água eficazmente na matriz proteica, o que corrobora com os resultados obtidos. Além disso, como o colágeno influenciou o aumento da firmeza, pode consequentemente influenciar na mastigabilidade, com um requerimento de maior quantidade de energia para mastigar o produto (Sousa et al., 2017). PEREIRA et al (2011) reportaram diferenças significativas para dureza em salsichas tipo

frankfurter quando aplicada a fibra de colágeno. Hjelm et al. (2019) investigaram os efeitos da adição de farelo de centeio e colágeno como substitutos parciais de gordura em salsichas tipo Frankfurters e demonstraram que a inclusão do colágeno teve efeitos significativos nos atributos de textura medidos instrumentalmente.

3.5 Microscopia eletrônica de varredura

Foi possível observar na microestrutura (Figura 12) do tratamento com fosfato (FC1) que a água da matéria-prima cárnea adicionada foi fortemente ligada à matriz proteica, o que também pode ser observado através do seu rendimento, superior aos outros tratamentos. Possivelmente, isso ocorreu principalmente pela presença do NaCl e STPP, os quais têm capacidade de atuar de forma sinérgica no afastamento do ponto isoelétrico da carne suína, melhorando a extração das proteínas miofibrilares e conferindo um gel forte e estável após tratamento térmico, com maior retenção de água (XIONG & KUPSKI, 1999). A eficácia da atuação do fosfato em sistemas cárneos também pôde ser observada na avaliação microestrutural de mortadelas tipo Bolonha com redução deste aditivo e adição de mucilagem de chia em trabalho desenvolvido por Câmara et al. (2020).

Assim como o tratamento com fosfato (FC1), o tratamento com fibra de colágeno (FCO) resultou em uma micrografia similar, com pouquíssimos poros no apresuntado e maior nível de coesão. No apresuntado sem fosfatos (FC2), foi possível observar espaços grandes de água em comparação aos outros tratamentos. A partir dos resultados de rendimento dos apresuntados e perfil de textura, é possível prever que a água do tratamento FC2 não estivesse ligada de forma adequada ao produto, com a formação de um gel com estrutura frágil, o que conseqüentemente contribuiu para uma microestrutura com muitas porosidades, além da falta de uniformidade em sua topografia.

Os tratamentos com amido de batata (AB) e a carragena (CA) obtiveram micrografias semelhantes, com muitas cavidades distribuídas em todo o apresuntado. Ainda assim, o tratamento com amido de batata (AB) resultou em poros maiores que a carragena (CA), o que pode ter contribuído negativamente, com maior facilidade de perdas de líquido, o que comprometeu a textura dos produtos, conforme resultados demonstrados na avaliação instrumental de textura Li & Yeh (2002) também observaram uma rede proteica com vários espaços vazios na microestrutura de

presuntos cozidos com amido de batata, milho e arroz quando a temperatura de cozimento foi superior a 68 °C. Segundo estes autores os grânulos de amido são rompidos nesta temperatura e espaços vazios ocupam o lugar originalmente do grânulo, que não estavam intimamente ligados com a matriz proteica.

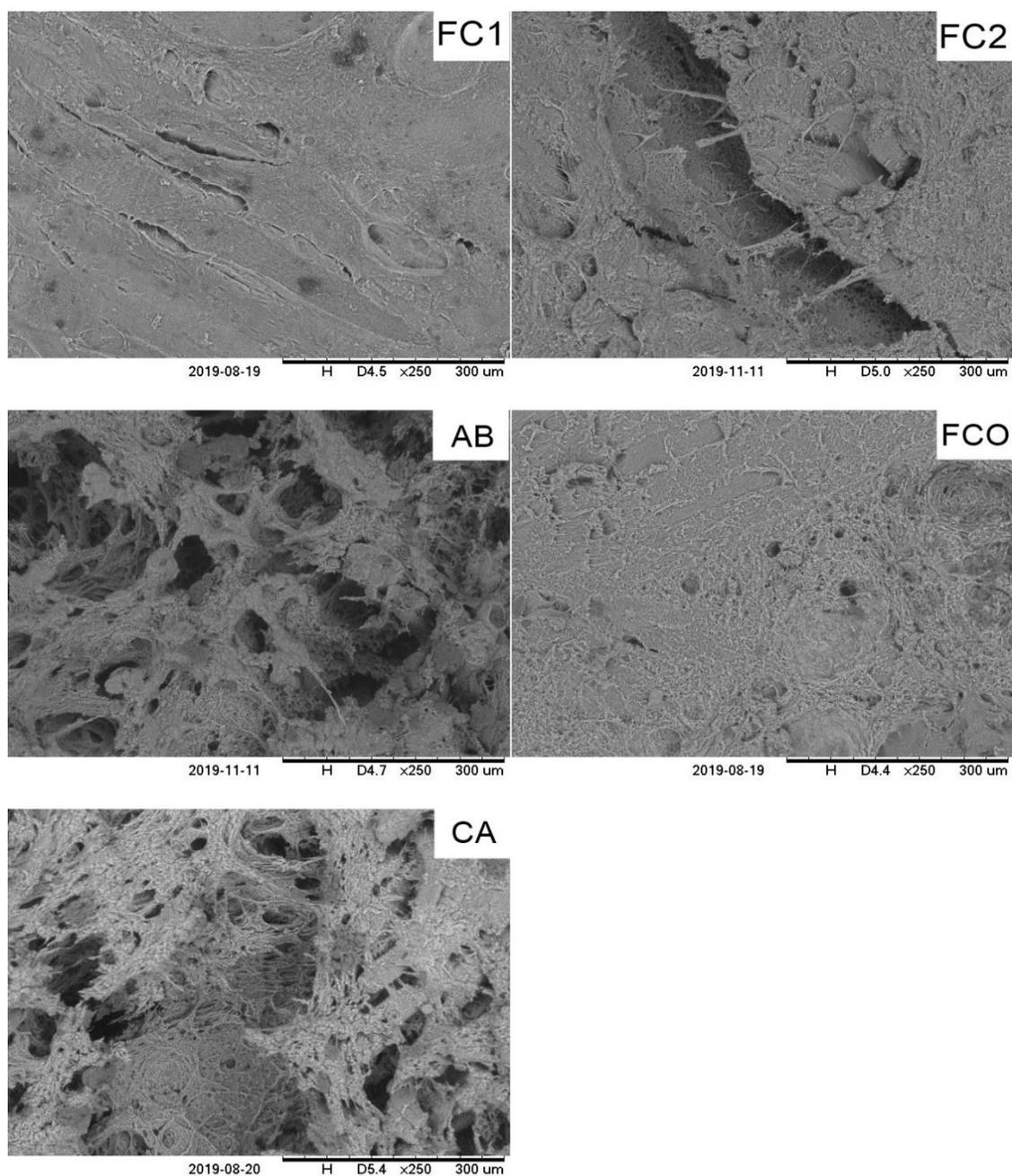


Figura 12. Micrografias dos produtos acabados

¹ Para denominações dos tratamentos, ver Tabela 11.

3.6 Análise sensorial

Nesta análise, 81 provadores avaliaram os apresuntados, sendo 65,4% público feminino e 34,6% do público masculino, com faixa etária entre 18 a 50 anos. É possível observar na Figura 13 a frequência de consumo de apresuntado para esses provadores. As amostras foram fatiadas, no máximo, 1 hora antes de serem servidas aos provadores e ficaram resfriadas em geladeira e embaladas com papel alumínio para não haver incidência da luz sobre os apresuntados, o que poderia prejudicar a avaliação de cor e aroma nos testes.

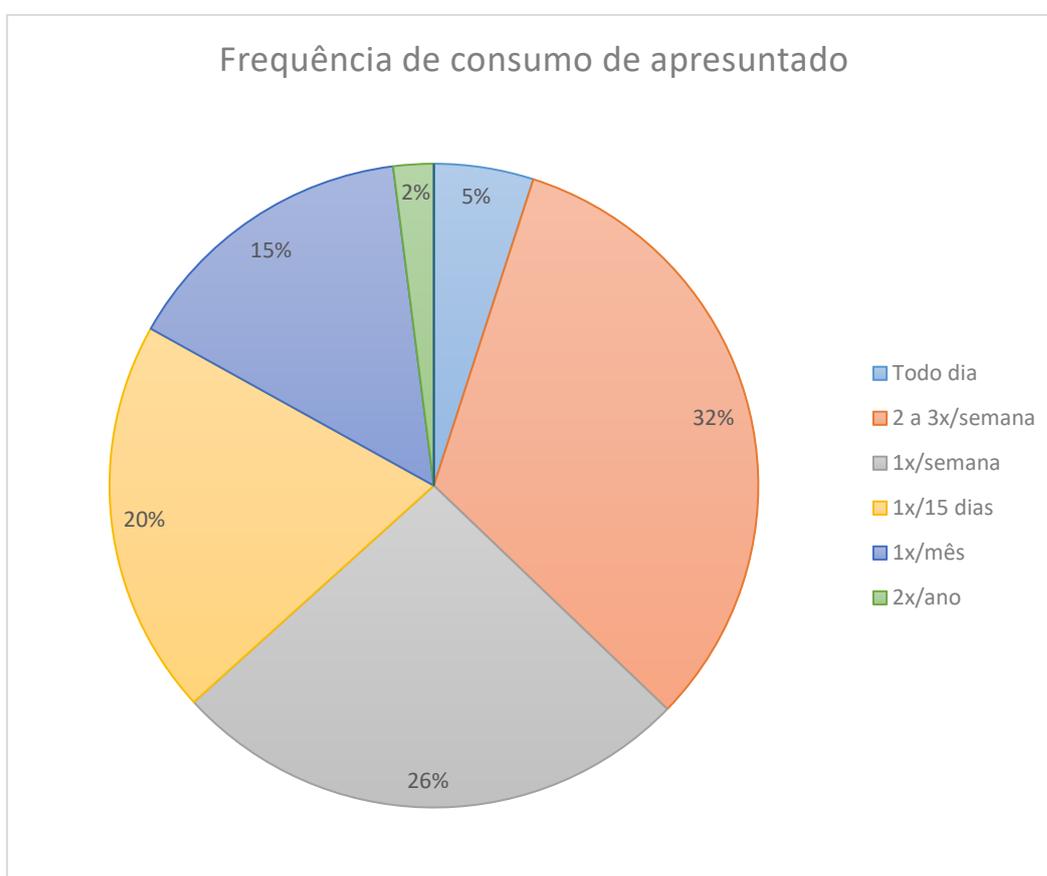


Figura 13. Frequência de consumo de apresuntado dos provadores.

Teste de aceitação

Na Tabela 15 são apresentados os resultados para análise de aceitação dos apresuntados. No quesito sabor, todos os tratamentos diferiram do tratamento com fosfato (FC1) ($p < 0,05$), o que já era de se esperar pela redução de NaCl. Sabe-se que o NaCl é responsável não só por outras características, mas também é responsável por conferir o salgado desejável em produtos cárneos curados (RUUSUNEN &

PUOLANNE, 2005). Para aroma, somente o tratamento sem tripolifosfato de sódio (FC2) teve menor pontuação, sendo diferente do apresetado com fosfato (FC1) e com carragena (CA) ($p < 0,05$), o que pode ser explicado pela total exclusão do STPP e redução do NaCl, sem haver nenhuma adição de outros ingredientes que pudessem vir a minimizar os efeitos indesejáveis.

Para o atributo cor não houve diferença entre os tratamentos ($p > 0,05$), indicando que a etapa de cura foi devidamente executada, proporcionando um apresetado com cor uniforme. Além disso, é possível afirmar que os hidrocolóides em seus níveis adicionados não influenciaram na ação do nitrito sobre o batter e não afetaram significativamente a cor rósea dos apresetados.

Resconi et al (2016) também não encontraram diferenças significativas na cor para presuntos cozidos adicionados de amido de batata. Além disso, observaram que diferença nas medições objetivas de cor não necessariamente resultam em diferença na aceitação da cor do produto.

Para o atributo textura, foi observado que os tratamentos sem fosfato (FC2) e com amido de batata (AB) receberam menores notas. Essa baixa pontuação pode ser relacionada aos menores valores obtidos para firmeza e mastigabilidade na avaliação instrumental de textura (TPA) para estes tratamentos. As imagens de microestrutura destes tratamentos (FC2 e PS) também corroboram com estes resultados. Em um produto cárneo, é importante sentir uma textura firme e que possua alguma resistência ao mastigar, o que provavelmente não ocorreu nesses apresetados.

Mesmo com pontuações diferentes para sabor e textura em comparação com o apresetado com fosfato (FC1), o tratamento com amido de batata (AB) não resultou em diferença significativa para a aceitação global ($p > 0,05$).

Tabela 15. Atributos de aceitação avaliados pelos provadores de apresetados

	Cor	Aroma	Sabor	Textura	Aceitação Global
FC1	5,49 ± 1,82 ^a	6,89 ± 1,22 ^a	6,83 ± 1,60 ^a	5,85 ± 2,19 ^a	6,26 ± 1,72 ^a
FC2	5,80 ± 1,68 ^a	6,17 ± 1,80 ^b	5,34 ± 1,94 ^b	4,44 ± 2,06 ^c	5,05 ± 1,82 ^b
AB	6,17 ± 1,79 ^a	6,76 ± 1,49 ^{ab}	5,59 ± 1,77 ^b	4,91 ± 2,07 ^{bc}	5,59 ± 1,69 ^{ab}
CA	6,15 ± 1,64 ^a	6,56 ± 1,41 ^a	5,18 ± 2,21 ^b	5,52 ± 1,78 ^{ab}	5,44 ± 1,72 ^b
FCO	6,15 ± 1,62 ^a	6,89 ± 1,49 ^{ab}	5,46 ± 1,75 ^b	5,14 ± 2,17 ^{abc}	5,44 ± 2,16 ^b

a-c: letras diferentes na mesma coluna indicam diferença significativa ($p < 0,05$).

¹ Para denominações dos tratamentos, ver Tabela 11.

3.4 Teste CATA

No teste Check All That Apply, é possível fazer uma relação entre tratamentos e atributos, sendo possível assim, interpretar melhor os resultados a respeito das características de cada apresuntado. Na Figura 14, são mostrados os atributos mais percebidos pelos consumidores para cada tratamento.

É possível observar que o tratamento com fosfato (FC1) obteve características que são esperadas em um apresuntado como suculência, sabor de apresuntado, sal na medida, textura firme e sabor condimentado. Isso já era esperado pela presença do NaCl que atua juntamente com o condimento utilizado e intensifica os sabores desejados, assim como o aroma. Por outro lado, a textura porosa foi algo muito percebido pelos provadores, provavelmente por haver uma maior incorporação de ar na massa no processo, o qual não foi feito a vácuo. Além disso, o tratamento controle com fosfato (FC1) não foi adicionado de nenhum extensor, o que levou a uma formulação muito desafiadora no que se refere à formação de gel e capacidade de retenção de água.

O tratamento sem fosfato (FC2) resultou em um dos apresuntados mais quebradiços e pálidos, além de possuir menor sabor condimentado e aroma de apresuntado em comparação aos outros tratamentos. A redução de NaCl e remoção de STPP comprometeu não só o sabor, mas também a textura e cor.

Os tratamentos com agentes extensores amido de batata (AB) e carragena (CA) obtiveram pontuações próximas, com maior percepção de problemas na textura, com sensação arenosa e textura quebradiça. ABERA et al (2019) reportaram valores de temperatura ideais para gelatinização do amido de batata, variando de 56,53 °C até 67,06 °C. Provavelmente, o tratamento térmico, cuja temperatura é bem superior a 67°C prejudicou a gelatinização do amido, tendo efeitos negativos para retenção de água e, conseqüentemente, na textura do apresuntado. Em relação à carragena, seu uso recomendado pelo fabricante é de uso como espessante e estabilizador, não como agente extensor.

O aroma de apresuntado foi bem percebido pelos provadores, assim como sabor suave. Os provadores não conseguiram distinguir perfeitamente a cor entre esses tratamentos, variando assim para cor de apresuntado e cor pálida, sendo o tratamento com a carragena (CA) mais afetada para este último atributo, quando comparado ao amido de batata (AB). Em trabalhos, como o de PAGLARINI et al. (2018), a adição de carragena em emulsões géis pode interferir na intensidade da cor,

promovendo emulsões mais escuras ou opacas quando comparado com outros tratamentos.

Por último, o tratamento com fibra de colágeno (FCO) foi relacionado com vários atributos negativos como a sensação de pouco sal ou sem sal e cor pálida. Além disso, foi pouco percebida a suculência neste tratamento, o que pode indicar que foi o apresuntado mais seco em comparação aos outros. De acordo o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Apresuntado (BRASIL, 2000), é permitido o uso de proteínas de origem animal, sendo seu uso limitado apenas por interferir nas propriedades sensoriais, segundo o fabricante, tendo recomendação de uso entre 0,5% a 2,5% no produto final.

Também, ainda avaliando a Figura 14, é possível observar que os tratamentos FC2, AB e CA se mantiveram no mesmo quadrante do gráfico, com características similares.

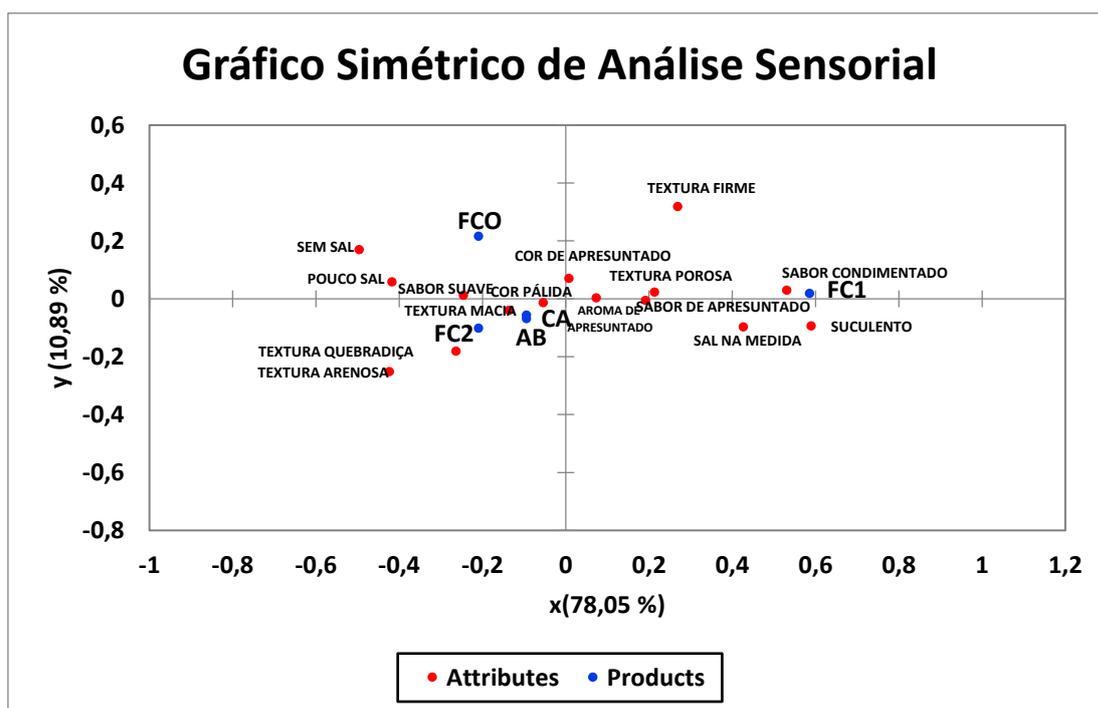


Figura 14. Tratamentos X Atributos percebidos. Para denominações dos tratamentos, ver Tabela 11.

4 CONCLUSÃO

A substituição do tripolifosfato de sódio combinada da redução de cloreto de sódio afetou os parâmetros físico-químicos e tecnológicos dos apresuntados reformulados. A carragena e a fibra de colágeno foram os agentes extensores menos aceitáveis pelos consumidores, com atributos menos característicos de apresuntados.

Por outro lado, o amido de batata mesmo com valores baixos para retenção de água e parâmetros de textura em comparação ao apesuntado com fosfato, resultou em atributos característicos de apesuntado pelos provadores, sem diferença significativa com o tratamento com fosfato para aceitação global. Finalmente, foi possível observar que os agentes extensores avaliados neste trabalho, não tiveram desempenho tecnológico satisfatório a ponto de suprimir os danos causados pela redução parcial do cloreto de sódio e redução total do tripolifosfato de sódio, devendo ser realizadas novas pesquisas a fim de obter produtos cárneos mais saudáveis, com apelo “clean label”, sem prejuízo em suas características já determinadas pelo padrão de identidade e qualidade.

5 AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi apoiado pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES).

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABERA, G., WOLDEYES, B., DESSALEGN DEMASH, H., MIYAKE, G. M. **Comparison of physicochemical properties of indigenous Ethiopian tuber crop (*Coccinia abyssinica*) starch with commercially available potato and wheat starches.** Int J. Biol. Macromol, 140: 43-48, 2019.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (2007). **Official methods of analysis.** 18th Edition, Association of Official Analytical chemists, Gaithersburg.

ARES, G.; BARREIRO, C.; DELIZA, R.; GIMÉNEZ, A. N. A.; GÁMBARO, A. **Application of a check-all-that-apply question to the development of chocolate milk desserts.** Journal of Sensory Studies, v. 25, p. 67-86, 2010.

ASIOLI, D.; WITZEL, J. A.; CAPUTO, V.; VECCHIO, R.; ANNUNZIATA, A.; NAES, T.; VARELA, P. **Making sense of the “clean label” trends: a review of consumer food choice behavior and discussion of industry implications.** Food Research International, v. 99, p. 58-71, 2017.

BARRETTO et al. **Impacto f ultrasound and potassium chloride on the physicochemical and sensory properties in low sodium restructured cooked ham.** Meat Science, 165, (2020).

BARRETTO, T. L., POLLONIO, M. A. R., TELIS-ROMERO, J., BARRETTO, A. C. S. (2018). **Improving sensory acceptance and physicochemical properties by ultrasound application to restructured cooked ham with salt (NaCl) reduction.** Meat Science, 145, 55-62.

BLIGH, E.G.; DYER, W.J. **A rapid method of total lipid extraction and purification.** Canadian Journal of Biochemistry and Physiology, v.37, p.911-914, 1959.

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA.** Instrução Normativa nº 20 de 31 de Julho de 2000. Brasília, 02 de Janeiro de 2000.

Brasil. RESOLUÇÃO DA DIRETORIA COLEGIADA - RDC Nº 272, DE 14 DE MARÇO DE 2019. **Estabelece os aditivos alimentares autorizados para uso em carnes e produtos cárneos.**

BRASIL. **Resolução-RDC nº 12, de 02 de Janeiro de 2001.** Brasília, 03 de agosto de 2001. Seção I.

CÂMARA, A. K. F. I., VIDAL, V. A. S., SANTOS, M., BERNARDINELLI, O. D., SABADINI, E., POLLONIO, M. A. R. **Reducing phosphate in emulsified meat products by adding chia (*Salvia hispanica L.*) mucilage in powder or gel format: a clean label technological strategy.** Meat Science, 2020.

Cao, Y.Y. Feng, B.H. Kong, X.F. Xia, M.Y. Liu, J.X. Chen, *et al.* **Textural and gel properties of frankfurters as influenced by various κ -carrageenan incorporation methods.** Meat Science, 176 (2021), p. 108483.

Çarkcioğlu, E., Rosenthal, A. J., & Candoğan, K. (2016). **Rheological and textural properties of sodium reduced salt soluble myofibrillar protein gels containing sodium tripolyphosphate**. *J. Textural Stud.* 47(3), 181–187.

CARVALHO, A. B.; CUPPARI, L. **Controle da hiperfosfatemia na DRC**. *Jornal Brasileiro de Nefrologia*. São Paulo, 2011.

CONTADO, E. W. N.; ROCHA, D. A.; QUEIROZ, E. R.; ABREU, C. M. P.; RAMOS, E. M. **Emprego da farinha e do extrato de frutanos de yacon na elaboração de apressuntados**. *Brazilian Journal of Food Technology*, v. 18, n. 1, Campinas Jan/Mar. 2015.

DUŠEK, M. et al. Isotachophoretic determination of added phosphate in meat products. **Meat Science**, v.65, n.2, p.765-769, 2003.

Jesse, I. Gregory. Vitamins. S. Damodaran (Ed.), **Fennema's food chemistry (5th ed.)**, CRC Press (2017), pp. 543-626, 10.1201/9781315372914-10.

Fernández-Martín, Fernando & Guerra, María & López, Elvira & Solas, María & Carballo, José & Jiménez-Colmenero, Francisco. (2000). **Characteristics of pressurised pork meat batters as affected by addition of plasma proteins, apple fibre and potato starch**. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 80. 1230 - 1236. 10.1002/1097-0010(200006)80:8<1230::AID-JSFA628>3.0.CO;2-T.

FRAQUEZA, M., PATARATA, L. **Fermented meat products: from the technology to the quality control**. A. Sankaranarayanan, N. Amaesan, D. Dhanasekaran (Eds.). *Fermented Food Products*, CRC Press (2020).

GLORIEUX, S., GOEMAERE, O., STEEN, L., FRAEYE, I. **Phosphate reduction in emulsified meat products: impact of phosphate type and dosage on quality characteristics**. *Food Technol. Biotchnol.*, 55 (3) 390-397 (2017).

GÓMEZ-GUILLÉN, M. C., GIMÉNEZ, B., LÓPEZ-CABALLERO, M. E., MONTERO, M. P. (2011). **Functional and bioactive properties of collagen and gelatin from alternative sources: a review.** *Food Hydrocolloids*, 25, 1813-1827.

[HAMMES](#), W.P. **Metabolism of nitrate in fermented meats: the characteristic feature of a specific group of fermented foods.** *Food Microbiol.*, 29 (2012), p. 151-156.

Hjelm, Line & Mielby, Line & Gregersen, Sandra & Eggers, Nina & Bertram, Hanne. (2018). **Partial substitution of fat with rye bran fibre in Frankfurter sausages – Bridging technological and sensory attributes through inclusion of collagenous protein.** *LWT*. 101. 10.1016/j.lwt.2018.11.055.

HUGHES, E., COFRADES, S., TROY, D. J. **Effects of fat level, oat fibre and carrageenan on frankfurters formulated with 5, 12 and 30% fat.** *Meat Science*, v. 45, 1997.

IAL – INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos.** Instituto Adolfo Lutz, p. 1020. São Paulo, 2008.

Islam, R., & Khan, Z.N. (2017). **Impact of Socio-economic Status on Academic Achievement Among the Senior Secondary School Students.** *Educational Quest: An International Journal of Education and Applied Social Sciences*, 8, 643-648.

JIN, G.; HE, L.; ZHANG, J.; YU, X.; WANG, J.; HUANG, F. **Effects of temperature and NaCl percentage on lipid oxidation in pork muscle and exploration of the controlling method using response surface methodology (RSM).** *Food Chemistry*, 131 (2012), pp. 817-825.

JO, K., LEE, S., JO, C., JEON, H. J., CHOE, J. H., CHOI, Y., JUNG, S. **Utility of winter mushroom treated by atmospheric non-thermal plasma as an alternative for synthetic nitrite and phosphate in ground ham.** *Meat Science*, 2020.

Kim SM, Kim TK, Ku SK, Kim MJ, Jung S, Yong HI, Choi YS. **Quality characteristics of semi-dried restructured jerky: combined effects of duck skin gelatin and**

carrageenan. J Anim Sci Technol. 2020 Jul;62(4):553-564. doi: 10.5187/jast.2020.62.4.553. Epub 2020 Jul 31. PMID: 32803187; PMCID: PMC7416162.

Li, A.I. Yeh. **Functions of starch in formation of starch/meat composite during heating.** J. Texture Stud., 33 (4) (2002), pp. 341-366.

LUCHERK, L. W.; T. G. O'Quinn, J. F. Legako, R. J. Rathmann, J. C. Brooks, and M. F. Miller. 2016. **Consumer and trained panel evaluation of beef strip steaks of varying marbling and enhancement levels cooked to three degrees of doneness.** Meat Sci: 122:145-154. Doi: 10.1016/j.meatsci.2016.08.005.

MACFIE, H. J.; BRATCHELL, N.; GREENHOFF, K.; VALLIS, L. V. **Designs to balance the effect of order of presentation and first-order carry-over effects in hall tests.** Journal of Sensory Studies, v. 4, n. 2, p. 129-148, 1989.

MAGALHÃES, I. M. C., PAGLARINI, C. D., VIDAL, V. A. S., POLLONIO, M. A. R. **Bamboo fiber improves the functional properties of reduced salt and phosphate-free Bologna sausage.** Journal of Food Processing and Preservation, 2020.

MARTÍN, A. G. et al. **Phosphate disorders and the clinical management of hypophosphatemia and hyperphosphatemia.** Endocrinología, Diabetes y Nutrición. 2020.

Maximo GJ, Cunha RL. **Mechanical properties of collagen fiber and powder gels.** J Texture Stud. 2010;41(6):842-62

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Affective tests.** In: (Ed.). Sensory Evaluation Techniques, Third Edition: CRC Press 1999.

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.

Miller, S. A. (2017). **Synthetic Meat. Patent.** US 2017/0253849 A1.

MOSCA, M., BERNARDOR, J., LEMOINE, S., BERTHOLET-THOMAS, A., BACCHETTA, J. **Rare diseases of phosphate and calcium metabolism: crossing glances between nephrology and endocrinology**. *Annales d'Endocrinologie*, v. 82, 2021.

OCKERMAN, H., W., PLIMPTON, R., F., JR., CAHILL, V., R., PARRETT, N., A. 1978. **Influence of short term tumbling, salt and phosphate on cured canned pork**. *J. Food Sci.* 4, 878.

Öztürk Kerimoğlu, B. & Serdaroğlu, M. (2020). **RESIDUAL NITRITE CONTENT OF HEAT-TREATED SUCUK AS AFFECTED BY CHARD POWDER INCORPORATION AND PROCESSING**. *Gıda*, 45 (4), 825-835. DOI: 10.15237/gida.GD20064.

PAGLARINI, C. S., et al. **Functional emulsion gels with potential application in meat products**. *Journal of Food Engineering*, v. 222, 2018.

PEREIRA, A.G.T.; RAMOS, E.M.; TEIXEIRA, J.T.; CARDOSO, G.P.; RAMOS, A.L.S.; FONTES, P.R. **Effects of the addition of mechanically deboned poultry meat and collagen fibers on quality characteristics of frankfurter-type sausages**. *Meat Science*. v.89, p.519-525. 2011.

Pietrasik, N.J. Gaudette, S.P. Johnston, **The impact of high hydrostatic pressure on the functionality and consumer acceptability of reduced sodium naturally cured wieners**, *Meat Science*, Volume 129, 2017, Pages 127-134, ISSN 0309-1740, <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.02.020>.

PIETRASIK, Z., GAUDETTE, N. J. (2014). **The impact of salt replacers and flavor enhancer on the processing characteristics and consumer acceptance of restructured cooked hams**. *Meat Science*, 96(3), 1164-1170.

PINTON, M. B. et al. **Ultrasound: a new approach to reduce phosphate content of meat emulsions**. *Meat Science*, 152, 88-95, 2019.

Prestes, R. C., Graboski, A., Roman, S. S., Kempka, A. P., Toniazzo, G., Demiate, I. M., & Di Luccio, M. (2013). **Effects of the addition of collagen and degree of comminution in the quality of chicken ham.** *Journal of Applied Poultry Research*, 22(4), 885–903. <https://doi.org/10.3382/japr.2013-00809>.

PURSLOW, P., P. (2018). **Contribution of collagen and connective tissue to cooked meat toughness; some paradigms reviewed.** *Meat Science*, 144, 127-134.

Resconi, V. C., Keenan, D. F., García, E., Allen, P., Kerry, J. P., Hamill, R. M. **The effects of potato and rice starch as substitutes for phosphate in and degree of comminution on the technological, instrumental and sensory characteristics of restructured ham.** *Meat Science*, v. 121, 2016.

RESCONI, V. C., KEENAN, D. F., GOUGH, S., DORAN, L., ALLEN, P., KERRY, J. P., HAMILL, R. M. **Response surface methodology analysis of rich starch and fructo-oligosaccharides as substitutes for phosphate and dextrose in whole muscle cooked hams.** *LWT – Food Science and Technology* (2015).

RUUSUNEN, M.; PUOLANNE, E. **Reducing sodium intake from meat products.** *Meat Science*,. 70, n. 3, p. 531-541, 2005.

SALFINGER, Y.; TORTORELLO, M. L. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods.** 5th ed., American Public Health Association, Washington, D. C., 2015, 995p.

SANTOS, B. A. D.; CAMPAGNOL, P. C. B.; CRUZ, A. G. D.; GALVÃO, M. T. E. L.; MONTEIRO, R. A.; WAGNER, R.; POLLONIO, M. A. R. **Check all that apply and free listing to describe the sensory characteristics of low sodium dry fermented sausages: Comparison with trained panel.** *Food Research International*, n. 3, p. 725-734, 2015.

SARCINELLI, M. F.; VENTURINI, K. S.; SILVA, L. C. **Características da carne suína.** Universidade Federal do Espírito Santos – UFES, 2007.

SCHILLING M. V. C; MORRIS, C. S.; SMITH, B. S.; CAMPBELL Y. L. **Uso de alternativas ao fosfato para fabricar presunto embutido enformado.** Disponível: < <http://carnetec.com.br/Industry/News/Details/78537> >. 2018. Acesso em: 11 abr. 2020.

SCHROFF, R. C. et al. **Chronic mineral dysregulation promotes vascular smooth muscle cell adaptation and extracellular matrix calcification.** J. Am. Soc. Nephrol. 21: 103-112, 2010.

Schutte, S., Marais, J., Muller, M., & Hoffman, L. C. (2021). **Replacement of Sodium Tripolyphosphate with Iota Carrageenan in the Formulation of Restructured Ostrich Ham.** Foods, 10(3), 535. <https://www.mdpi.com/2304-8158/10/3/535>.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V.C.A.; SILVEIRA, N.F.A. **Manual de Métodos de Análise Microbiológica de Alimentos.** 2. ed. São Paulo: Livraria Varela, 2010. 229p.

Sousa, S. C., Fragoso, S. P., Penna, C. R., Arcanjo, N. M., Silva, F. A., Ferreira, V. C., *et al.* **Quality parameters of frankfurter-type sausages with partial replacement of fat by hydrolyzed collagen.** LWT-Food Science and Technology, 76 (76) (2017), p. 320-325.

TAKEDA, E., YAMAMOTO, H., YAMANAKA-OKUMUA, H., TAKETANI, Y. **Increasing dietary phosphorus intake from food additives: potential for negative impact on bone health.** American Society for Nutrition. Adv. Nutr. S: 92-97, 2013.

TEIXEIRA, A., RODRIGUES, S. **Consumer perceptions towards healthier meat products.** *Current Opinion in Food Science* (2020), doi: <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.12.004>.

USDA. **U. S. Departmente of agriculture.** 2019. Disponível em: <<https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/168264/nutrients>>. Acesso em: 9 abr. 2020.

VÁLKOVÁ, V., SALÁKOVÁ, A., BUCHTOVÁ, H., TREMLOVÁ, B. (2007) **Chemical, instrumental and sensory characteristics of cooked pork ham.** Meat Science, 77(4), 608-615.

Verma AK, Banerjee R, Sharma BD. 2012. **Quality of low-fat chicken nuggets: Effect of sodium chloride replacement and added chickpea (*Cicer arietinum* L.) hull flour.** Asian Australas J Anim Sci 25:291–298.

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.

YOTSUYANAGI, S. E. et al. **Technological, sensory and microbiological impacts of sodium reduction in frankfurters.** Meat Science, 2016.

ZHANG, F., ZHAO, H., CAO, C., KONG, B., XIA, X., LIU, Q. **Application of temperature-controlled ultrasound treatment and its potential to reduce phosphate content in frankfurter-type sausages by 50%.** Ultrasonics Sonochemistry, 2021.

Discussão geral

O trabalho analisou a substituição do tripolifosfato de sódio por diferentes ingredientes hidrocolóides para redução de aditivos e estabilizantes hipossódicos com a redução de cloreto de sódio para diminuição do teor de sódio em produto cárneo reestruturado. O estudo foi realizado em duas etapas, dividido em quatro capítulos: “Redução de sódio e fosfatos em produtos cárneos reestruturados”, “Avaliação de ingredientes não-cárneos para substituição de fosfatos em apresuntado sem prejuízo das propriedades tecnológicas”, “Avaliação tecnológica de diferentes extensores como substitutos de fosfatos em produto cárneo reestruturado com redução de sódio” e “Substituição de fosfatos de sódio por fosfatos de potássio como estabilizantes em apresuntado com redução de sódio: efeitos sobre as propriedades tecnológicas”.

Na revisão bibliográfica (Capítulo 1), foi evidenciada a necessidade de reformulação na indústria de produtos cárneos, pois a presença de aditivos e o cloreto de sódio podem ser relacionados ao aumento de risco no desenvolvimento de várias doenças. Ainda assim, os alimentos podem ser reformulados a partir da substituição do fosfato de sódio por ingredientes com propriedades hidrocoloidais. É possível também realizar a substituição deste por fosfatos hipossódicos, com o objetivo de reduzir o teor de sódio no produto final.

No Capítulo 2 (Redução de sódio e fosfatos em produtos cárneos reestruturados), 10 tratamentos foram desenvolvidos (Capítulo 2, Tabela 1) com a substituição do tripolifosfato de sódio por hidrocolóides (hidroxipropilmetilceluloses, carboximetilcelulose, carragena, quitosana, goma guar, goma xantana e fibra de colágeno).

Neste capítulo, os resultados indicaram que a fibra de colágeno e a carragena obtiveram melhores resultados com maior potencial para o desenvolvimento de produtos reestruturados sem tripolifosfato de sódio, uma vez que resultaram em melhores valores para perfil de textura e capacidade de retenção de água (Capítulo 2, Tabela 4, Figura 2).

Foi observado que não houve diferença na água livre para nenhum hidrocolóide em comparação ao tratamento controle, o que é desejável no que tange a segurança microbiológica do produto final, com alto teor de água em sua composição. Por outro lado, o pH resultante do uso da quitosana antes e após tratamento térmico (6,68 e 6,74, respectivamente) e a cor mais amarelada foram fatores que levaram a sua exclusão apesar de resultados relevantes, com boa estabilidade do batter, rendimento similar ao tratamento controle e capacidade de retenção de água razoável.

No Capítulo 3 (Avaliação tecnológica de diferentes extensores como substitutos de fosfatos em produto cárneo reestruturado com redução de sódio) foram desenvolvidos 3 (três) apesuntados com os hidrocolóides substitutos de tripolifosfato de sódio (Capítulo 3, Tabela 5) escolhidos no Capítulo 2 e o amido de batata, com redução de cloreto de sódio. Nesta etapa, os tratamentos foram submetidos à análise sensorial para avaliar a percepção e aceitação dos produtos reformulados.

Os tratamentos, com as condições aplicadas, resultaram em maior atividade de água, menor estabilidade do batter e altas perdas de peso no cozimento quando comparados ao tratamento controle (0,5% de tripolifosfato de sódio e 2% de cloreto de sódio), evidenciando o papel do sal na característica do produto final.

No perfil de textura, apenas o tratamento contendo fibra de colágeno se aproximou dos valores obtidos pelo tratamento controle (Capítulo 3, Tabela 9). No entanto, esse valor provavelmente se deve ao fato de ter perdido mais líquido durante cozimento que todos os outros tratamentos.

Na avaliação sensorial, apenas o tratamento com amido de batata obteve uma aceitação global próxima ao tratamento controle, sendo os outros tratamentos classificados como “sem sal”, “pouco sal” e “textura quebradiça”, tendo o tratamento com fibra de colágeno, o hidrocolóide com menor pontuação no quesito sabor.

A etapa final (Capítulo 4 – Substituição de fosfatos de sódio por fosfatos de potássio como estabilizantes em apesuntado com redução de sódio: efeitos sobre as propriedades tecnológicas) consistiu na avaliação das características do produto e

também da aceitação do mesmo com o uso de fosfatos de potássio (Capítulo 4, Tabela 15).

Nesta etapa, os tratamentos com pirofosfato tetrapotássico sozinho e combinado do tripolifosfato de potássio não resultaram em diferença significativa no rendimento do apresuntado. O tratamento contendo pirofosfato tetrapotássico também resultou em maior capacidade de retenção de água, com valor semelhante ao tratamento controle e ao mix de fosfatos. Por outro lado, os resultados obtidos de pH antes e após cozimento e água livre foram os maiores comparados ao tratamento controle, o que pode ocasionar em maior risco de desenvolvimento de microrganismos mais rápido por haver um conjunto de fatores propícios para essa multiplicação microbiana, o que diminui a estabilidade do produto reestruturado.

Em termos de textura, os tratamentos com fosfatos obtiveram resultados bem abaixo quando comparados com o tratamento controle. Todavia, os valores obtidos não afetaram a aceitação dos provadores para o mesmo quesito, sem diferença entre os tratamentos.

Para sabor, os consumidores pontuaram os tratamentos com fosfatos abaixo do tratamento controle, quando usados sozinhos. Entretanto, quando foi utilizado o mix desses fosfatos, o tratamento não diferiu do tratamento controle, com menor percepção da falta de sal e sabor característico de sais de potássio.

Conclusão geral

O trabalho teve como objetivo avaliar a reformulação de produtos cárneos reestruturados a fim de promover apelo saudável (pela redução de sódio e/ou aditivos), sem haver perdas nas características típicas neste tipo de produto.

A reformulação dos reestruturados teve como uma das maiores preocupações a perda de líquido, a perda de rendimento do produto final, além de comprometimento de textura e alteração sensorial. Com essas considerações, os ingredientes com propriedades de hidrocolóides e/ou fosfatos de potássio demonstraram bom potencial para serem utilizados como possíveis substitutos de tripolifosfato de sódio.

Houve alteração nos parâmetros físicos, químicos e sensoriais com o uso de hidrocolóides e aditivos de potássio. Maiores perdas de líquido foram observadas, além de maiores pH's e água livre. Além disso, a capacidade de retenção de água e estabilidade do batter foram bem afetadas tanto pela exclusão do tripolifosfato de sódio, quanto pela redução combinada do cloreto de sódio, que prejudicou a estrutura do produto final.

Alguns hidrocolóides resultaram em maiores valores para perfil de textura. No entanto, esses resultados foram decorrentes de alta perda de água do batter, não podendo ser considerado o efeito de ligação de água dos ingredientes. Por outro lado, os fosfatos de potássio tiveram menores perdas de peso durante cozimento, quando observados de uma perspectiva geral.

A análise sensorial evidenciou que o mix de fosfatos de potássio teve aceitação mais próxima no quesito sabor, sendo observado pelo teste CATA como “sabor suave” e “textura macia”. Ainda assim, todos os tratamentos com fosfatos de potássio tiveram resultados relativamente próximos ao tratamento controle com classificação variando de 5 a 7 (não gostei/nem desgostei a gostei moderadamente, respectivamente).

Por outro lado, os hidrocolóides não obtiveram boas pontuações, com alta percepção da ausência do cloreto de sódio. Seus valores ficaram abaixo do

tratamento controle, variando de 4 a 6 (desgostei ligeiramente a gostei ligeiramente, respectivamente).

Por fim, é possível concluir que a reformulação do produto cárneo reestruturado através da redução de aditivos de sódio e o cloreto de sódio realizada com hidrocolóides ou fosfatos de potássio tem potencial para futuro desenvolvimento. Contudo, são necessárias pesquisas complementares, como a avaliação de novos ingredientes para esta categoria de produto, além da avaliação da estabilidade dos mesmos durante a vida-de-prateleira.

Referências bibliográficas

Abdou, E. S., Nagy, K. S. A., & Elsabee, M. Z. (2008). **Extraction and characterization of chitin and chitosan from local sources**. *Bioresource Technology*, 99(5), 1359–1367.

ABERA, G., WOLDEYES, B., DESSALEGN DEMASH, H., MIYAKE, G. M. **Comparison of physicochemical properties of indigenous Ethiopian tuber crop (*Coccinia abyssinica*) starch with commercially available potato and wheat starches**. *Int J. Biol. Macromol*, 140: 43-48, 2019.

ABERLE, E. D., FORREST, J. C., GERRARD, D. E., & MILLS, E. W. (2001). **Principles of meat science** (4th ed). Iowa, USA: Kendall/Hunt Publishing Company.

ABPA. **Exportação de carne suína cresce 54,5% em 2020**. Associação Brasileira de Proteína Animal, 2020. Disponível em: <<https://abpa-br.org/exportacao-de-carne-suina-cresce-545-em-2020/>>. Acesso em: 10 de jul. 2020.

Aburto, N. J., Ziolkovska, A., Hooper, L., Elliott, P., Cappuccio, F. P., Meerpohl, J. J. **Effect of lower sodium intake on health: Systematic review and meta-analyses**. *British Medical Journal*. 2013;346: f1326. DOI: 10.1136/bmj.f1326.

Akdeniz, N., Sahin, S., Sumnu, G. (2006). **Functionality of batters containing different gums for deep-fat frying of carrot slices**. *Journal of Food Engineering*, 75(4), 522–526.

Alishahi, A. R., OJAGH, S. M., Shabanpour, B., & Izadi, S. (2017). **The use of chitosan and carboxy methyl cellulose to crispness enhancement of microwave-reheated fish nugget**.

Amaral, D. S., Cardelle-Cobas, A., Nascimento, B. M., Madruga, M. S., & Pintado, M. M. (2015). **Development of a low fat fresh pork sausage based on Chitosan with health claims: impact on the quality, functionality and shelf-life**. *Food & Function*, 6(8), 2768-2778. <http://dx.doi.org/10.1039/>

Amini Sarteshnizi, R., Hosseini, H., Mousavi Khaneghah, A., & Karimi, N. **A review on application of hydrocolloids in meat and poultry products**. International Food Research Journal, 22(3), 2015.

Andrés, M.E. García, N.E. Zaritzky, A.N. Califano, **Storage stability of low-fat chicken sausages**, Journal of Food Engineering, Volume 72, Issue 4, 2006, Pages 311-319, ISSN 0260-8774, <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2004.08.043>.

Antman, E. M., Appel, L. J., Balentine, D., et al. **Stakeholder discussion to reduce population-wide sodium intake and decrease sodium in the food supply: a conference report from the American Heart Association sodium conference 2013 planning group**.

AOAC - ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS (2007). **Official methods of analysis**. 18th Edition, Association of Official Analytical chemists, Gaithersburg.

ARES, G.; BARREIRO, C.; DELIZA, R.; GIMÉNEZ, A. N. A.; GÁMBARO, A. **Application of a check-all-that-apply question to the development of chocolate milk desserts**. Journal of Sensory Studies, v. 25, p. 67-86, 2010.

ARMENTEROS, ARISTOY, BARAT, TOLDRÁ. **Biochemical changes in dry-cured loins salted with partial replacements of NaCl by KCl**. Food Chemistry, 117 (4) (2009), pp. 627-633.

Arslan, Soyer. **Effects of chitosan as a surface fungus inhibitor on microbiological, physicochemical, oxidative and sensory characteristics of dry fermented sausages**. Meat Science. v. 145. 2018. p. 107-113.

ASIOLI, D.; WITZEL, J. A.; CAPUTO, V.; VECCHIO, R.; ANNUNZIATA, A.; NAES, T.; VARELA, P. **Making sense of the “clean label” trends: a review of consumer food choice behavior and discussion of industry implications**. Food Research International, v. 99, p. 58-71, 2017.

Bailey, A. J.; Light, N. D. **The connective tissue of meat and meat products**. London: Elsevier, 1989. 356 p.

BARBIERI, G., DALLATANA, F., FRANCESCHINI M., BARBIERI, G. **Salt reduction in cooked ham: Effect of tumbling and salt level on protein extraction and salt diffusion**. 59th international congress of meat science and technology, 18–23 Aug., Izmir, Turkey (2013).

Barcenas, M. E., Rosell, C. M. **Effect of HPMC addition on the microstructure, quality and aging of wheat bread**. *Food Hydrocolloid*, 19 (2005), pp. 1037-1043.

BARRETTO et al. **Impacto f ultrasound and potassium chloride on the physicochemical and sensory properties in low sodium restructured cooked ham**. *Meat Science*, 165, (2020).

BARRETTO, T. L., POLLONIO, M. A. R., TELIS-ROMERO, J., BARRETTO, A. C. S. (2018). **Improving sensory acceptance and physicochemical properties by ultrasound application to restructured cooked ham with salt (NaCl) reduction**. *Meat Science*, 145, 55-62.

BATTISTI, M. V.; CAMPANA-FILHO, S. P. **Obtenção e caracterização de α -quitina e quitosanas de cascas de *Macrobrachium rosenbergii***. *Quím. Nova*, v. 31, n. 8, São Paulo, 2008.

BAUBLITS, R. T., POHLMAN, F. W., BROWN, A. H., JOHNSON, Z. B. **Effects of enhancement with varying phosphate types and concentrations, at two different pump rates on beef biceps femoris instrumental color characteristics**. *Meat Science*, 71 (2) (2005), pp. 264-276.

Beck, P. H. B., Matiucci, M. A., Monge Neto, A. A., Feihrmann, A. C. **Sodium chloride reduction in fresh sausages using salt encapsulated in carnauba wax**. *Meat Science*, v. 175, 2021.

BeMiller, J. N. (2008). **Hydrocolloids In Gluten-Free Cereal Products and Beverages** (pp. 203–215). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-012373739-7.50011-3>.

BENDALL JR (1954). **The swelling effect of polyphosphates on lean meat**. *J. Sci. Food Agric.* 5: 468-475.

Benini, O., D'Alessandro, C., Gianfaldoni, D., Cupisti, A. **Extra-phosphate load from food additives in commonly eaten foods: a real and insidious danger for renal patients.** *Journal of Renal Nutrition*, v. 21, 2011.

Bhat, J.D. Morton, S.L. Mason, A.E.D.A. Bekhit. **Current and future prospects for the use of pulsed electric field in the meat industry.** *Crit Rev Food Sci Nutr*, 59 (2019), pp. 1660-1674.

Blakemore, W. R., & Harpell, A. R. (2010). **Carrageenan.** In A. Imeson (Ed.), *Food stabilisers, thickeners and gelling agents* (pp. 73–94). Wiley-Blackwell, Oxford, UK. <https://doi.org/10.1002/9781444314724.ch5>

BLIGH, E.G.; DYER, W.J. **A rapid method of total lipid extraction and purification.** *Canadian Journal of Biochemistry and Physiology*, v.37, p.911-914, 1959.

Block, G. A., Klassen, P. S., Lazarus, J. M., Ofsthun, N., Lowrie, E. G., Chertow G. M. **Mineral metabolism, mortality, and morbidity in maintenance hemodialysis.** *J Am Soc Nephrol* 2004;15(8):2208-18.

Boada, L.A. Henríquez-Hernández, O.P. Luzardo. **The impact of red and processed meat consumption on cancer and other health outcomes: Epidemiological evidence.** *Food and Chemical Toxicology*, 92, 2016.

Bockman, R. S., Lane, J. M., Everett, S. **Bone consequences of high dietary phosphate.** *Clinical Imaging*, v. 34, p. 411-412, 2010.

Bombrum, L., Gatellier, P., Garlier, M., Kondjoyan, A. **The effects of low salt concentrations on the mechanism of adhesion between two pieces of pork semimembranosus muscle following tumbling and cooking.** *Meat Sci.*, 96, p. 5-13, 2014.

Booren, B. L., Castell-Perez, M. E., Miller, R. K. **Effect of meat enhancement solutions with hydroxypropyl methylcellulose and konjac flour on texture and quality attributes of pale, soft, and exudative pork.** *J Texture Stud.* 2017; 48:403–14.

Botez, O.V. Nistor, D.G. Andronoiu, G.D. Mocanu, I.O. Ghinea. **Meat product reformulation: Nutritional benefits and effects on human health**. Functional Food - Improve Health through Adequate Food (2017).

BRASIL. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA**. Instrução Normativa nº 20 de 31 de Julho de 2000. Brasília, 02 de Janeiro de 2000.

Brasil. Resolução da diretoria colegiada - rdc nº 272, de 14 de março de 2019. **Estabelece os aditivos alimentares autorizados para uso em carnes e produtos cárneos**.

BRASIL. **Resolução-RDC nº 12, de 02 de Janeiro de 2001**. Brasília, 03 de agosto de 2001. Seção I.

BROWN, I. J.; DYER, A. R.; CHAN, Q.; COGSWELL, M. E.; UESHIMA, H.; STAMLER, J.; et al. **Estimating 24-h urinary sodium excretion from casual urinary sodium concentrations in western populations: The Intersalt Study**. Disponível em: <<https://doi.org/10.1093/aje/kwt066>>,2013.

BRUNA, J. M. et al. **Microbial and physico-chemical changes during the ripening of dry fermented sausages superficially inoculated with or having added an intracellular cell-free extract of *Penicillium aurantiogriseum***. Meat Science, v. 59, n. 1, p. 87-96, Set, 2001.

Calvo, M. S., Park, Y. K. **Changing phosphorus content of the US diet: potential for adverse effects on bone**. J Nutr. 1996; 126 (suppl): 1168S – 80S.

CÂMARA, A. K. F. I., VIDAL, V. A. S., SANTOS, M., BERNARDINELLI, O. D., SABADINI, E., POLLONIO, M. A. R. **Reducing phosphate in emulsified meat products by adding chia (*Salvia hispanica L.*) mucilage in powder or gel format: a clean label technological strategy**. Meat Science, 2020.

Camino, N. A., Pérez, O. E., Sanchez, C. C., Rodriguez Patino, J. M., & Pilosof, A. M. R. (2009). **Hydroxypropylmethylcellulose surface activity at equilibrium and adsorption dynamics at the air–water and oil–water interfaces**. Food

Hydrocolloids, 23(8), 2359–2368.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2009.06.013>

Campo, V. L., Kawano, D. F., Silva, D. B. da, & Carvalho, I. (2009). **Carrageenans: Biological properties, chemical modifications and structural analysis – A review.** Carbohydrate Polymers, 77(2), 167–180.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2009.01.020>

CAO, MA, HUANG, XIONG. **Effects of sodium pyrophosphate coupled with catechin on the oxidative stability and gelling properties of myofibrillar protein.** Food Hydrocolloids, 104 (2020).

Cao, Y.Y. Feng, B.H. Kong, X.F. Xia, M.Y. Liu, J.X. Chen, *et al.* **Textural and gel properties of frankfurters as influenced by various κ -carrageenan incorporation methods.** Meat Science, 176 (2021), p. 108483.

Çarkcioğlu, E., Rosenthal, A. J., & Candoğan, K. (2016). **Rheological and textural properties of sodium reduced salt soluble myofibrillar protein gels containing sodium tripolyphosphate.** J. Textural Stud. 47(3), 181–187.

CARNEIRO, J. E. S.; CALIXTO, L. M.; MONTEIRO, M. S. M.; OLIVEIRA, T. F.; MARTIN, M. F. M. **Caracterização físico-química e análise sensorial de presuntos com redução no teor de sódio.** Revista Processos Químicos, 2017.

Carraro, C. I., Machado, R., Espindola, V. et al. **The effect of sodium reduction and the use of herbs and spices on the quality and safety of bologna sausage.** Food Science Technology, 2012.

CARVALHO, A. B.; CUPPARI, L. **Controle da hiperfosfatemia na DRC.** Jornal Brasileiro de Nefrologia. São Paulo, 2011.

CARVALHO, C. B.; VITAL, A. C. P.; TONON, L. A. C.; PIERETTI, G. G.; MADRONA, G. S.; PRADO, I. N. **Análise sensorial de hambúrguer bovino com reduzido teor de sódio.** XX Congresso Brasileiro de Engenharia Química, Florianópolis, 2014.

Carvalho, Larissa Tatero et al. **Use of Turkey Meat Affected by White Striping Myopathy for the Development of Low-Fat Cooked Sausage Enriched with Chitosan.** Foods. Basel: Mdpi, v. 9, n. 12, 14 p., 2020. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/209819>>.

Cavalheiro, C. P., Silva, M. C. A., Ruiz-Capillas, C., Herrero, A. M. **Chapter 17 - seed wastes and byproducts: reformulation of meat products.** Valorization of Agri-Food Wastes and By-Products, Academic Press, 2021.

Chattopadhyay K, Ajmad MJ, Layana P, Bushan NB. **Chitosan gel addition in pre-emulsified fish mince – effect on quality parameters of sausages under refrigerated storage.** LWT – Food Sci Technol. 2019;110:283-91. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.04.081>.

Chemat, N. Rombaut, A. Meullemiestre, M. Turk, S. Perino, A.S. Fabiano-Tixier, M. Abert-Vian. **Review of green food processing techniques.** Preservation, transformation, and extraction. Innov Food Sci Emerg Technol, 41 (2017), pp. 357-377.

CHEN, F., ZHANG, M., YANG, C. **Application of ultrasound technology in processing of ready-to-eat fresh food: a review.** Ultrason Sonochem, 2020, 63: 104953.

Chen, X., Tume, R. K., Xu, X., Zhou, G. **Solubilization of myofibrillar proteins in water or low ionic strength media: Classical techniques, basic principles, and novel functionalities.** Crit Rev Food Sci Nutr. 2017 Oct 13;57(15):3260-3280. doi: 10.1080/10408398.2015.1110111. PMID: 26647280.

CHEN, REN, ZHANG, XIONG, WANG, SHANG, ZHANG. **Site-specific incorporation of sodium tripolyphosphate into myofibrillar protein from mantis shrimp (*Oratosquilla oratoria*) promotes protein crosslinking and gel network formation.** Food Chemistry, 312 (2020).

Chobanian, G. L. Bakris, H.R. Black, W.C. Cushman, L.A. Green, J.L. Izzo Jr., D.W. Jones, B.J. Materson, S. Oparil, J.T. Wright Jr., E.J. Roccella. **The seventh report of the joint National Committee on Prevention, Detection, Evaluation, and**

Treatment of High Blood Pressure: the JNC 7 report. JAMA, 289 (19) (2003), pp. 2560-2572.

Choe, Jeehwan, Lee, J., Jo, K., Jo, C., Song, M., & Jung, S. (2018). **Application of winter mushroom powder as an alternative to phosphates in emulsion-type sausages.** Meat Science, 143, 114–118. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.04.038>

Choe, Juhui, & Kim, H. Y. (2019). **Comparison of three commercial collagen mixtures: Quality characteristics of marinated pork loin ham.** Food Science of Animal Resources, 39(2), 345–353. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2019.e31>

CHOI, Y.; LEE, J. E.; CHANG, Y.; KIM, M. K.; SUNG, E.; SHIN, H.; RYU, S. **Dietary sodium and potassium intake in relation to non-alcoholic fatty liver disease.** Br J Nutr 2016; 116(8): 1447-56. Disponível em: <<https://doi.org/10.1017/S0007114516003391>>.

Cichoski, C. Rampelotto, M.S. Silva, H.C. De Moura, N.N. Terra, R. Wagner, C.R. De Menezes, E.M.M. Flores, J.S. Barin. **Ultrasound-assisted post-packaging pasteurization of sausages.** Innov Food Sci Emerg Technol, 30 (2015), pp. 132-137.

CITTADINI, A., DOMÍNGUEZ, R., GÓMEZ, B., PATEIRO, M., PÉREZ-SANTAESCOLÁSTICA, C., LÓPEZ-FERNÁNDEZ, O., SARRIÉS, M. V., LORENZO, J. M. **Effect of NaCl replacement by other chloride salts on physicochemical parameters, proteolysis and lipolysis of dry-cured foal “cecina”.** J Food Sci Technol, 57 (2020), pp. 1628-1635.

Cogswell, M. E., Mugavero, K., Bowman, B. A., & Frieden, T. R. (2016). **Dietary Sodium and Cardiovascular Disease Risk — Measurement Matters.** New England Journal of Medicine, 375(6), 580–586. <https://doi.org/10.1056/nejmsb1607161>

Cohen, H. W., Hailpern, S. M., Fang, J., et al. **Sodium intake and mortality in the NHANES II follow-up study.** The American Journal of Medicine, 2006.

Colmenero, F. J. (1996). **Technologies for developing low-fat meat products.** Trends in Food Science & Technology, 7(2), 41–48.

COMA, V.; SEBTI, I.; PARDON, P.; PICHAVANT, F. H.; DESCHAMPS, A. **Film properties from crosslinking of cellulosic derivatives with a polyfunctional carboxylic acid.** Carbohydrate Polymers, v.51, p. 265-271, 2003.

Conley, M., Lioufas, N., Toussaint, N. D., Elder, G. J., Badve, S. V., Hawley, C. M., Pascoe, E. M., Pedagogos, E., Valks, A., & Campbell, K. L. (2020). **Dietary Phosphate Consumption in Australians With Stages 3b and 4 Chronic Kidney Disease.** Journal of Renal Nutrition, 1–9. <https://doi.org/10.1053/j.jrn.2020.02.007>.

CONTADO, E. W. N.; ROCHA, D. A.; QUEIROZ, E. R.; ABREU, C. M. P.; RAMOS, E. M. **Emprego da farinha e do extrato de frutanos de yacon na elaboração de apesuntados.** Brazilian Journal of Food Technology, v. 18, n. 1, Campinas Jan/Mar. 2015.

Cook, Cutler, Obarzanek, et al. **Long term effects of dietary sodium reduction on cardiovascular disease outcomes: observational follow-up of the trials of hypertension prevention (TOHP).** BMJ, 334 (7599) (2007), pp. 885-888.

Cook, N. R., Appel, L. J., Whelton, P. K. **Sodium intake and all-cause mortality over 20 years in the trials of hypertension prevention.** *J Am Coll Cardiol.* 2016;68(15):1609-1617. doi:10.1016/j.jacc.2016.07.745.

Cook, N. R., He, F. J., MacGregor, G. A., Graudal, N. **Sodium and health-concordance and controversy** [published correction appears in BMJ. 2020 Jun 29;369:m2608. He, J [corrected to He, Feng JJ]. BMJ. 2020;369:m2440. Published 2020 Jun 26. doi:10.1136/bmj.m2440.

CORNFORTH, D. P., JAYASINGH, P. 2004. **Colour and pigment.** In Encyclopedia of Meat Sciences. W. K. Jensen, C. Devine, and M. Dikeman, ed. Elsevier Ltd., Oxford, UK.

Cox, S., & Abu-Ghannam, N. (2013). **Enhancement of the physicochemical and fibre content of beef patties with *Himanthalia elongata* seaweed**. *International Journal of Food Science and Technology*, 48(11), 2239–2249.

COZZOLINO, M., CICERI, P., GALASSI, A. **Hyperphosphatemia: A novel risk factor for mortality in chronic kidney disease**. *Annals of Translational Medicine*, 7 (3) (2019), p. 55.

Damian, C. B., Francisco, L. H. de, Teixeira, E., & Espírito Santo, M. L. P. (2005). **Avaliação Físico-química e da Textura (Instrumental e Sensorial) de Salsichas Elaboradas com Diferentes Níveis de Quitosana-Poli-(α -1'14) N-Acetil-D-Glucosamina**.

De la Peña, J. Welti-Chanes, O. Martín-Belloso. **Novel Technologies to improve food safety and quality**. *Curr Opin Food Sci*, 30 (2019), pp. 1-7.

DELGADO-PANDO, G., FISCHER, E., ALLEN, P., KERRY, J. P., O'SULLIVAN, M. G., HAMILL, R. M. **Salt content and minimum acceptable levels in whole-muscle cured meat products**. *Meat Science*, v. 139, 2018.

Demirci, Z. O., Yılmaz, I., & Demirci, A. Ş. (2014). **Effects of xanthan, guar, carrageenan and locust bean gum addition on physical, chemical and sensory properties of meatballs**. *Journal of Food Science and Technology*, 51(5), 936–942. <https://doi.org/10.1007/s13197-011-0588-5>

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

Dhingra, R., Sullivan, L. M., Fox, C. S., et al. **Relations of serum phosphorus and calcium levels to the incidence of cardiovascular disease in the community**. *Arch Intern Med*. 2007;167(9):879–885. doi:10.1001/archinte.167.9.879.

Ding, Y., Lin, H. W., Lin, Y. L., Yang, D. J., Yu, Y. S., Chen, J. W., Wang, S. Y., & Chen, Y. C. (2018). **Nutritional composition in the chia seed and its processing**

properties on restructured ham-like products. *Journal of Food and Drug Analysis*, 26(1), 124–134. <https://doi.org/10.1016/j.jfda.2016.12.012>

Domínguez, R., Pateiro, M., Purriños, L., Munekata, P. E. S., Lorenzo, J. M. **Necessary considerations for sensory evaluation of meat products: Quality indicators of meat products.** *Sensory Analysis for the Development of Meat Products*, Woodhead Publishing, 2022.

DOMÍNGUEZ, R., MUNEKATA, P. E., CITTADINI, A., LORENZO, J. M. **Effect of the partial NaCl substitution by other chloride salts on the volatile profile during the ripening of dry-cured lacón.** *Grasas y Aceites*, 67 (2016).

Domínguez, R., Munekata, P. E., Pateiro, M., López-Fernández, O., Lorenzo, J. M. **Immobilization of oils using hydrogels as strategy to replace animal fats and improve the healthiness of meat products.** *Curr. Opin. Food Sci.*, 37 (2021b), p. 135-144.

DOYLE, GLASS. **Sodium reduction and its effect on food safety, food quality, and human health.** *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 9 (1) (2010), pp. 44-56.

DUŠEK, M. et al. Isotachophoretic determination of added phosphate in meat products. **Meat Science**, v.65, n.2, p.765-769, 2003.

Dutta, P. K., Tripathi, S., Mehrotra, G. K., & Dutta, J. (2009). **Perspectives for chitosan based antimicrobial films in food applications.** *Food Chemistry*, 114(4), 1173–1182.

Dykes, G. A., Coorey, R., Ravensdale, J. T., Sarjit, A. **Phosphates.** L. Melton, F. Shahidi, P. Varelis (Eds.), *Encyclopedia of food chemistry*, Academic Press, Oxford (2019), pp. 218-224.

Dziezak, J. D. (1991). **A focus on gums.** *Food Technology (Chicago)*, 45(3), 116–132.

EFSA. **Opinion of the scientific panel on dietetic products, nutrition and allergies on a request from the commission related to the tolerable upper intake level of sodium.** EFSA Journal. 2005;209:1-26. DOI: 10.2903/j.efsa.2005.209.

Elias, M.; Laranjo, M.; Agulheiro-Santos, A. C.; Potes, M. E. **The role of salt on food and human health.** Salt in the Earth, 2019.

Elsabee, M. Z., & Abdou, E. S. (2013). **Chitosan based edible films and coatings: A review.** Materials Science and Engineering: C, 33(4), 1819–1841. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.msec.2013.01.010>

Falshaw, R., Furneaux, R. H., & Stevenson, D. E. (2005). **Structural analysis of carrageenans from the red alga, *Callophyllis hombroniana* Mont. Kütz (Kallymeniaceae, Rhodophyta).** Carbohydrate Research, 340(6), 1149–1158. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.carres.2005.01.019>

FDA. **Sodium reduction.** U. S. Food & Drug Administration. Disponível em: <[fda.gov/food/food-additives-petitions/sodium-reduction](https://www.fda.gov/food/food-additives-petitions/sodium-reduction)>. Acesso em: 05 mai. 2022.

Feddersen, R. L., & Thorp, S. N. (1993). **Chapter 20 - sodium carboxymethylcellulose** (R. O. Y. L. WHISTLER & J. N. B. T.-I. G. (Third E. BEMILLER (eds.); pp. 537–578). Academic Press. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/B978-0-08-092654-4.50024-3>

FEINER, G. **Meat products handbook - practical science and technology.** (1st ed.), Woodhead Publishing limited, Cambridge, England (2006).

Fellows, P. J. (2018). **Tecnologia do Processamento de Alimentos-: Princípios e Prática.** Artmed Editora.

Fennema, O. R.; Damodaran, S.; Parkin, K. L. **Química de Alimentos de Fennema.** 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

Fernández-Ginés, Fernández-López, Sayas-Barberá, Pérez-Alvarez. **Meat products as functional foods: A review**. Concise Reviews/ Hypotheses in Food Science, 70 (2) (2005), pp. 37-43.

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J., SAYAS-BARBERÁ, E., PÉREZ-ALVAREZ, J. A., ARANDACATALÁ, V. (2004). **Effect of sodium chloride, sodium tripolyphosphate and pH on color properties of pork meat**. Color Res. Appl. 29: 67-74.

Fernández-Martín, Fernando & Guerra, María & López, Elvira & Solas, María & Carballo, José & Jiménez-Colmenero, Francisco. (2000). **Characteristics of pressurised pork meat batters as affected by addition of plasma proteins, apple fibre and potato starch**. Journal of the Science of Food and Agriculture. 80. 1230 - 1236. 10.1002/1097-0010(200006)80:8<1230::AID-JSFA628>3.0.CO;2-T.

Ferreira. V. C. S., Martins, T. D. D., Batista, E. S. et al. **Physicochemical and microbiological parameters of dried salted pork meat with different sodium chloride levels**. Food Science Technology, 2013.

Foegeding, E. A., & Ramsey, S. R. (1987). **Rheological and Water-Holding Properties of Gelled Meat Batters Containing Iota Carrageenan, Kappa Carrageenan or Xanthan gum**. Journal of Food Science, 52(3), 549–553. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1987.tb06672.x>

Food Ingredients Brasil. **Estabilizantes**. 2010. Disponível em: < https://revistafi.com.br/upload_arquivos/201606/2016060273336001465322117.pdf>. Acesso em: 20 jun. 2020.

FRAQUEZA, M., PATARATA, L. **Fermented meat products: from the technology to the quality control**. A. Sankaranarayanan, N. Amaresan, D. Dhanasekaran (Eds.). Fermented Food Products, CRC Press (2020).

Frohlich E.D. **Hemodynamic differences between black patients and white patients with essential hypertension**. State of the art lecture. *Hypertension*. 1990;15:675–680.

Ganesh, S. K., Stack, A. G., Levin, N. W., Hulbert-Shearon, T., Port, F. K. **Association of elevated serum PO(4), Ca × PO(4) product, and parathyroid hormone with cardiac mortality risk in chronic hemodialysis patients.** J Am Soc Nephrol 2001;12(10):2131-2133

Ganilho, D. F. M. da S. (2016). **Otimização da qualidade da mortadela com adição de quitosana.**

García, C. E. R.; Yamashita, F.; Youssef, E. V.; Prudencio, S. H.; Shimokomaki, M. **Effect of carrageenan addition on the yield and functional properties of charque (jerked beef).** Food/Feed Science and Technology, 2013.

García-García, E., & Totosaus, A. (2008). **Low-fat sodium-reduced sausages: Effect of the interaction between locust bean gum, potato starch and κ-carrageenan by a mixture design approach.** Meat Science, 78(4), 406–413. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2007.07.003>

Geleijnse, J. M., Kok, F. J., Grobbee, D. E. (2003). **Blood pressure response to changes in sodium and potassium intake: a metaregression analysis of randomised trials.** J Hum Hypertens 17(7):471–480.

Gibiński, M., Kowalski, S., Sady, M., Krawontka, J., Tomasik, P., & Sikora, M. (2006). **Thickening of sweet and sour sauces with various polysaccharide combinations.** Journal of Food Engineering, 75(3), 407–414. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.04.054>

Glicksman, M. **Food hidrocoloyds.** v. 11, Boca Raton, Florida, 1983. 246p.

GLICKSMAN, M. **Gum technology in the food industry.** (pp. 437–455). Academic Press, San Diego, CA (1969).

Glorieux, S.; Goemaere, O.; Steen, L.; Fraeye, I. **Phosphate Reduction in Emulsified Meat Products: Impact of Phosphate Type and Dosage on Quality Characteristics.** Food Technol. Biotechnol. 2017, 55, 390–397

Gomez-Guillén, C.; Borderias, A. J.; Montero, P. (1997). **Thermal gelation properties of two different composition sardine (*Sardina pilchardus*) muscles with addition of non-muscle and hydrocolloids.** *Food Chemistry*, 58, 81-87.

GÓMEZ-GUILLÉN, M. C., GIMÉNEZ, B., LÓPEZ-CABALLERO, M. E., MONTERO, M. P. (2011). **Functional and bioactive properties of collagen and gelatina from alternative sources: a review.** *Food Hydrocolloids*, 25, 1813-1827.

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*. 1996;42:37-48. DOI: 10.1016/0309-1740(95)00017-8.

GRAUDAL, N. A.; HUBECK-GRAUDAL, T.; JURGENS, G. **Effects of low sodium diet versus high sodium diet on blood pressure, renin, aldosterone, catecholamines, cholesterol, and triglyceride.** *Cochrane Database Syst Rev*. 2011.

Graudal, N., Jürgens, G., Baslund, B., Alderman, M. H. **Compared with usual sodium intake, low- and excessive-sodium diets are associated with increased mortality: a meta-analysis.** *American Journal of Hypertension*, v. 27, Issue 9, September 2014, Pages 1129–1137.

Grillo, A., Salvi, L., Coruzzi, P., Salvi, P., & Parati, G. (2019). **Sodium Intake and Hypertension.** *Nutrients*, 11(9), 1970.

GULLÓN, P., et al. **Inclusion of seaweeds as healthy approach to formulate new low-salt meat products.** *Current Opinion in Food Science*, 2021.

Gutiérrez, J. B. **Jamón curado: aspectos científicos y tecnológicos - perspectivas desde la Unión Europea.** España: Díaz de Santos, 2008.

Gutiérrez, O. M. **Sodium- and Phosphorus-Based Food Additives: Persistent but Surmountable Hurdles in the Management of Nutrition in Chronic Kidney Disease.** *Advances in Chronic Kidney Disease*, v. 20, Issue 2, 2013.

Haddad, G. D. B. S., Moura, A. P. R., Fontes, P. R., Cunha, S. D. F. V., Ramos, A. D. L. S., Ramos, E. M. **The effects of sodium chloride and PSE meat on restructured**

cured-smoked pork loin quality: A response surface methodology study. *Meat Science*, 137 (1) (2018), pp. 191-200.

HAM, Y. K.; HWANG, K.; KIM, H. W.; SONG, D. H.; KIM, Y. J.; CHOI, Y. S.; KIM, C. J. **Effects of fat replacement with a mixture of collagen and dietary fibre on small calibre fermented sausages.** *International Journal of Food Science and Technology*. V. 51, p. 96-104-2016.

Hamm, R., 1986. **Functional properties of the myofibrillar system and their measurements.** In: Bechtel, P.J. (Ed.), *Muscle as Food*. Academic Press, New York.

[HAMMES, W.P.](#) **Metabolism of nitrate in fermented meats: the characteristic feature of a specific group of fermented foods.** *Food Microbiol.*, 29 (2012), p. 151-156.

Han, M., & Bertram, H. C. (2017). **Designing healthier comminuted meat products: Effect of dietary fibers on water distribution and texture of a fat-reduced meat model system.** *Meat science*, 133, 159–165.
<https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.07.001>.

Han, M., Clausen, M. P., Christensen, M., Vossen, E., Van Hecke, T., & Bertram, H. C. (2018). **Enhancing the health potential of processed meat: the effect of chitosan or carboxymethyl cellulose enrichment on inherent microstructure, water mobility and oxidation in a meat-based food matrix.** *Food & Function*, 9(7), 4017–4027.

HANGUI, S.A.R.; FERREIRA, A.F.; DOURADO, A.T.S.; MARTINS, J.D.; VARGEM, D.S.; SILVA, J.R. **Análise microbiológica da carne bovina moída comercializada na cidade de Anápolis.** *Revista Eletrônica de Farmácia*, vol.2, nº.30, 2015.

HE, F. J.; LI, J.; MACGREGOR, G. A. **Effect of longer term modest salt reduction on blood pressure: Cochrane systematic review and meta-analysis of randomized trials.** *BMJ* 2013; 346: f1325. Disponível em: <<https://doi.org/10.1136/bmj.f1325>>.

He, G.A. MacGregor. **Reducing population salt intake worldwide: from evidence to implementation.** Prog. Cardiovasc. Dis., 52 (2010), pp. 363-382.

He, X., Lu, W., Sun, C., Khalesi, H., Mata, A., Andaleeb, R., & Fang, Y. (2021). **Cellulose and cellulose derivatives: Different colloidal states and food-related applications.** Carbohydrate Polymers, 255, 117334. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2020.117334>

Heck, R. T., Lorenzo, J. M., Dos Santos, B. A., Cichoski, A. J., Menezes, C. R., Campagnol, P. C. B. **Microencapsulation of healthier oils: an efficient strategy to improve the lipid profile of meat products.** Current Opinion in Food Science, v. 40, 2021.

HERRERO, A. M., RUIZ-CAPILLAS. **Novel lipid materials based on gelling procedures as fat analogues in the development of healthier meat products.** Current Opinion in Food Science, 2021.

Hjelm, Line & Mielby, Line & Gregersen, Sandra & Eggers, Nina & Bertram, Hanne. (2018). **Partial substitution of fat with rye bran fibre in Frankfurter sausages – Bridging technological and sensory attributes through inclusion of collagenous protein.** LWT. 101. 10.1016/j.lwt.2018.11.055.

Honorato, D. C. B. (2012). **Efeito da adição de hidrocolóides nas propriedades funcionais e avaliação de nuggets e marinados preparados com carnes PSE (pale, soft, exudative) de frango.** <http://www.bibliotecadigital.uel.br/document/?code=vtls000176101>

HORITA, C. N.; MESSIAS, V.C.; MORGANO, M.A.;HAYAKAWA,F. M.; POLLONIO, M. A. R. **Textural, micro structural and sensory properties of reduced sodium frankfurter sausages containing mechanically deboned poultry meat and blends of chloride salts.** Food Research International, v.66, p. 24-35, 2014.

Hudson, S. M., & Jenkins, D. W. (2001). **Chitin and Chitosan.** In Encyclopedia of Polymer Science and Technology. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/0471440264>.

HUFFMAN, D. L., CROSS, H. R., CAMPBELL, K. J., CORDRAY, J. C. (1981). **Effect of salt and tripolyphosphate on acceptability of flaked and formed hamburger patties**. J. Food Sci. 46: 34-36.

HUGHES, E., COFRADES, S., TROY, D. J. **Effects of fat level, oat fibre and carrageenan on frankfurters formulated with 5, 12 and 30% fat**. Meat Science, v. 45, 1997.

Hutton T. **Sodium technological functions of salt in the manufacturing of food and drink products**. British Food Journal. 2002;104:126-152. DOI: 10.1108/00070700210423635

Huttunen MM, Tillman I, Viljakainen HT, Tuukkanen J, Peng Z, Pekkinen M, Lamberg-Allardt CJ. **High dietary phosphate intake reduces bone strength in the growing rat skeleton**. J Bone Miner Res. 2007 Jan; 22(1):83-92.

IAL – INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. Instituto Adolfo Lutz, p. 1020. São Paulo, 2008.

Inguglia, E. S.; Zhang, Z.; Tiwari, B. K.; Kerry, J. P.; Burgess, C. M. **Salt Reduction Strategies in Processed Meat Products – A Review**. Trends Food Sci. Technol. 2017, 59, 70–78.

International Agency for Research on Cancer (2015). **IARC Monographs evaluate consumption of red meat and processed meat**. Available at www.iarc.fr/en/mediacentre/pr/2015/pdfs/pr240_E.pdf.

Isaka Y, Hamano T, Fujii H, Tsujimoto Y, Koiwa F, Sakaguchi Y, Tanaka R, Tomiyama N, Tatsugami F, Teramukai S. **Optimal Phosphate Control Related to Coronary Artery Calcification in Dialysis Patients**. J Am Soc Nephrol. 2021 Mar;32(3):723-735. doi: 10.1681/ASN.2020050598. Epub 2021 Feb 5. PMID: 33547218; PMCID: PMC7920180.

Islam, R., & Khan, Z.N. (2017). **Impact of Socio-economic Status on Academic Achievement Among the Senior Secondary School Students**. *Educational Quest: An International Journal of Education and Applied Social Sciences*, 8, 643-648.

Jesse, I. Gregory. Vitamins. S. Damodaran (Ed.), **Fennema's food chemistry (5th ed.)**, CRC Press (2017), pp. 543-626, 10.1201/9781315372914-10.

Jiménez-Colmenero, F., Carballo, J., & Cofrades, S. (2001). **Healthier meat and meat products: their role as functional foods**. *Meat Science*, 59, 5–13.

JIN, G.; HE, L.; ZHANG, J.; YU, X.; WANG, J.; HUANG, F. **Effects of temperature and NaCl percentage on lipid oxidation in pork muscle and exploration of the controlling method using response surface methodology (RSM)**. *Food Chemistry*, 131 (2012), pp. 817-825.

Jin, S. K., Hur, S. J., & Yim, D. G. (2019). **Combined Effects of Sodium Substitution and Addition of Cellulose or Chitosan on Quality Properties of Pork Sausages**. *Food science of animal resources*, 39(4), 555–564. <https://doi.org/10.5851/kosfa.2019.e36>

JO, K., LEE, S., JO, C., JEON, H. J., CHOE, J. H., CHOI, Y., JUNG, S. **Utility of winter mushroom treated by atmospheric non-thermal plasma as an alternative for synthetic nitrite and phosphate in ground ham**. *Meat Science*, 2020.

João, C. F. C., Echeverria, C., Velhinho, A., Silva, J. C., Godinho, M. H., & Borges, J. P. (2017). **Bio-inspired production of chitosan/chitin films from liquid crystalline suspensions**. *Carbohydrate Polymers*, 155, 372–381. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.carbC:\Users\magal\Downloads\202101945-CCQA-ITAL.pdfpol.2016.08.039>

Joly, G., & Anderstein, B. (2009). **Starches**. In *Ingredients in Meat Products: Properties, Functionality and Applications* (pp. 25–55). Springer New York. https://doi.org/10.1007/978-0-387-71327-4_2

Jommark, N., Chantarathemmakul, S., Ratana-arporn, P. **Effect of phosphates substitution with carboxymethyl cellulose and konjac glucomannan on quality characteristics of low-fat emulsion sausage**. *Journal of Food Processing and Preservation*. Institute of Food Science + Technology, 2021.

Kendrick, J., Kestenbaum, B., & Chonchol, M. (2011). **Phosphate and cardiovascular disease**. *Advances in chronic kidney disease*, 18(2), 113–119. <https://doi.org/10.1053/j.ackd.2010.12.003>.

Kilincceker, O.; Yilmaz, M. T. **Effects of different gums on some properties of fried beef patties**. *Carpathian Journal of Food Science and Technology*, 2016.

Kim SM, Kim TK, Ku SK, Kim MJ, Jung S, Yong HI, Choi YS. **Quality characteristics of semi-dried restructured jerky: combined effects of duck skin gelatin and carrageenan**. *J Anim Sci Technol*. 2020 Jul;62(4):553-564. doi: 10.5187/jast.2020.62.4.553. Epub 2020 Jul 31. PMID: 32803187; PMCID: PMC7416162.

Kim, H. Y., Lee, E. S., Jeong, J. Y., Choi, J. H., Choi, Y. S., Han, D. J., Lee, M. A., Kim, S. Y. and Kim, C. J. (2010). **Effect of bamboo salt on the physicochemical properties of meat emulsion systems**. *Meat Sci*. 86:960–965.

Kim, T. K., Shim, J. Y., Hwang, K. E., Kim, Y. B., Sung, J. M., Paik, H. D., & Choi, Y. S. (2018). **Effect of hydrocolloids on the quality of restructured hams with duck skin**. *Poultry Science*, 97(12), 4442–4449. <https://doi.org/10.3382/ps/pey309>.

Kim, T. K., Yong, H. I., Jung, S., Kim, H. W., Choi, Y. S. **Effect of reducing sodium chloride based on the sensory properties of meat products and the improvement strategies employed: a review**. *J Anim Sci Technol*. 2021a;63(4):725-739. doi:10.5187/jast. 2021.e74.

Kim, T. K., Yong, H. I., Jung, S., Kim, H. W., Choi, Y. S. **Technologies for the production of meat products with a low sodium chloride content and improved quality characteristics: a review**. *Foods*. 2021;10:957. doi: 10.3390/foods10050957.

KIM, Y. C.; KOO, H. S.; KIM, S.; CHIN, H. J. **Estimation of daily salt intake through a 24- hour urine collection in Pohang, Korea**. *J Korean Med Sci* 2014; 29(Supl. 2): S87-90.

Krishnamurthy, G., Chang, H. S., Hultin, H. O., Feng, Y., Srinivasan, S. and Kelleher, S. D. (1996). **Solubility of chicken breast muscle proteins in solutions of low ionic strength**. *J. Agric. Food Chem*. 44(2):408–415.

Kulicke, D.; Eidam, F.; Kath, M.; Kix, A. H.; Kull. **Hydrocolloids and rheology: regulation of visco-elastic characteristics of waxy rice starch in mixtures with galactomannans**. *Starch/Starke*, 48 (1996), pp. 105-114.

KUMAR, M. N. V. R. **A review of chitin and chitosan applications**. *Reactive & Functional Polymers*, 46 (1) (2000), pp. 1-27.

Kurt, Ş. (2010). **Effects of pH and chitosan on beef emulsion properties**. *International Journal of Food Science & Technology*, 45(1), 140–146. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2009.02113.x>

Labell, F. **Modiefied tapioca starches provide smoother textures (Brief article)**. Disponível em: <http://www.findarticles.com/p/articles/mi_m3289/is_3_169/ai_61759522>. Acesso em: 23 jun. 2020.

Lajous, A. Bijon, G. Fagherazzi, E. Rossignol, M.C. Boutron-Ruault, F. Clavel-Chapelon. **Processed and unprocessed red meat consumption and hypertension in women**. *American Journal of Clinical Nutrition*, 100 (3) (2014).

LAMPILA, L. E., GODBER, J. P., LARRY BRANEN, P. M. D. A., SEPPO, SALMINEN, JOHN H. THORNGATE. **Food phosphates**. III (Eds.), *Food additives* (2nd ed.), Marcel Dekker Inc, New York (2002), pp. 809-898.

Laranjo, M., Gomes, A., Agulheiro-Santos, A. C., Potes, M. E., Cabrita, M. J., Garcia, R., et al. **Impact of salt reduction on biogenic amines, fatty acids, microbiota, texture and sensory profile in traditional blood dry-cured sausages**. *FoodChem*. 2017;**218**:129–36.

Lee, C. H., Chin, K. B. **Evaluation of pork myofibrillar protein gel with pork skin gelatin on rheological properties at different salt concentrations**. *Food Sci Anim Resour*. 2019;**39**:576–84. doi: 10.5851/kosfa.2019.e48.

Lee, C. M.; Wu, M. M.; Okada, M. (1992). **Ingredient and formulation technology for surimi-based products**. In T. C. Lanier, & C. M. Lee (Eds.), *Surimi technology* (pp. 273e302). New York: Marcel Dekker.

LEWINGTON S.; CLARKE R.; QIZIBASH N.; PETO R.; COLLINS R. Prospective Studies Collaboration. **Age-specific relevance of usual blood pressure to vascular mortality: a meta-analysis of individual data for one million adults in 61 prospective studies**. Lancet 2002; 360(9349): 1903-13.

Li, A.I. Yeh. **Functions of starch in formation of starch/meat composite during heating**. J. Texture Stud., 33 (4) (2002), pp. 341-366.

LIEM, MIREMADI, KEAST. **Reducing Sodium in Foods: The Effect on Flavor**. Nutrients, 3 (6) (2011), p. 694-71.

LONG, N. H. B. S., GÁL, R., BUŇKA. **Use of phosphate in meat products**. African Journal of Biotechnology, 10 (86) (2011), pp. 19874-19882.

Lopes da Silva, J. A., & Rao, M. A. (2007). **Rheological Behavior of Food Gels**. In Rheology of Fluid and Semisolid Foods: Principles and Applications (pp. 339–401). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-0-387-70930-7_6

LORENZO, J. M., MUNEKATA, P. E. S., SANT'ANA, S., CARVALHO, R. B., BARBA, F. J., TOLDRÁ, F., MORA, L., TRINDADE, M. A. **Main characteristics of peanut skin and its role for the preservation of meat products**. Trends Food Sci Technol, 77 (2018), pp. 1-10.

LORENZO, J. M., BERMÚDEZ, R., DOMÍNGUEZ, R., GUIOTTO, A., FRANCO, D., PURRIÑOS, L. **Physicochemical and microbial changes during the manufacturing process of dry-cured lacón salted with potassium, calcium and magnesium chloride as a partial replacement for sodium chloride**. Food Control, 50 (2015), pp. 763-769.

LOWDER et al. **Evaluation of dehydrated beef protein to replace sodium-based phosphates in injected beef strip loins**. Meat Science, v. 89 (2011), p. 491-499.

LUCHERK, L. W.; T. G. O'Quinn, J. F. Legako, R. J. Rathmann, J. C. Brooks, and M. F. Miller. 2016. **Consumer and trained panel evaluation of beef strip steaks of**

varying marbling and enhancement levels cooked to three degrees of doneness.

Meat Sci: 122:145-154. Doi: 10.1016/j.meatsci.2016.08.005.

LUVIELMO, M. M.; SCAMPARINI, A. R. P. **Goma xantana: produção, recuperação, propriedades e aplicação.** Estudos tecnológicos – Vol. 5, n.1, p. 50-67, 2009.

MA, Y.; FE, F. J.; MCGREGOR, G. A. **High salt intake.** Independent Risk Factor for Obesity? Hypertension 2015; 66(4): 843-9.

MACFIE, H. J.; BRATCHELL, N.; GREENHOFF, K.; VALLIS, L. V. **Designs to Balance the Effect of Order of Presentation and First-Order Carry-over Effects in Hall Tests.** Journal of Sensory Studies, v. 4, n. 2, p. 129-148, 1989.

Magalhães, I. M. C., Paglarini, C. de S., Vidal, V. A. S., & Pollonio, M. A. R. (2020). **Bamboo fiber improves the functional properties of reduced salt and phosphate-free Bologna sausage.** Journal of Food Processing and Preservation, 44(12), e14929. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14929>

Majzoobi, Talebanfar, Eskandari, Farahnaky. **Improving the quality of meat-free sausages using κ -carrageenan, konjac mannan and xanthan gum.** Int. J. Food Sci. Technol. 52 (5) (2017).

Maleki, G., & Milani, J. M. (2013). **Effect of guar gum, xanthan gum, CMC and HPMC on dough rheology and physical properties of Barbari bread.** Food Science and Technology Research, 19(3), 353–358.

Marchetti, L., Andrés, S. C., & Califano, A. N. (2014). **Low-fat meat sausages with fish oil: Optimization of milk proteins and carrageenan contents using response surface methodology.** Meat Science, 96(3), 1297–1303. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.11.004>.

MARCO, A., NAVARRO, J. L., FLORES, M. **The influence of nitrite and nitrate on microbial, chemical and sensory parameters of slow dry fermented sausage.** Meat Science, 73 (2006), pp. 660-673.

Marco, E. R., Navarro, J. L., León, A. E., Steffolani, M. E. **Sodium chloride replacement by potassium chloride in bread: determination of sensorial potassium threshold and effect on dough properties and breadmaking quality.** *International Journal of Gastronomy and Food Science*, v. 27, 2022.

Marketou M.E., Maragkoudakis S., Anastasiou I., Nakou H., Plataki M., Vardas P.E., Parthenakis F.I. **Salt-induced effects on microvascular function: a critical factor in hypertension mediated organ damage.** *J. Clin. Hypertens.* 2019;21:749–757.

MARTÍN, A. G. et al. **Phosphate disorders and the clinical management of hypophosphatemia and hyperphosphatemia.** *Endocrinología, Diabetes y Nutrición.* 2020.

Martins, A.P., de Abreu Martins, H.H., Isidoro, S.R., Alcântara, J.P., Ramos, E.M. & Piccoli, R.H. (2019). **Changes in the quality of sliced mortadella sausages prepared using chitosan.** *Journal of Food Safety*, **39**, 12645.

Mateo, J., Caro, I., Kasiayan, S. et al. **Potential of pulse flours as partial meat replacers in heat-treated emulsion-type meat sausages.** *Frontier in Animal Science*, v. 2, 2021.

Matulis, R. J., McKeith, F. K., Sutherland, J. W., & Brewer, M. S. **Sensory characteristics of frankfurters as affected by fat, salt, and pH.** *Journal of Food Science*, 60, 42–47, 1995.

Maximo GJ, Cunha RL. **Mechanical properties of collagen fiber and powder gels.** *J Texture Stud.* 2010;41(6):842-62

McArdle, R., & Hamill, R. (2011). 10 - **Utilization of hydrocolloids in processed meat systems.** In J. P. Kerry & J. F. B. T.-P. M. Kerry (Eds.), *Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition* (pp. 243–269). Woodhead Publishing. <https://doi.org/https://doi.org/10.1533/9780857092946.2.243>.

MEILGAARD, M.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Affective tests.** In: (Ed.). *Sensory Evaluation Techniques*, Third Edition: CRC Press 1999.

Meller, S., Zusman, R. M. **The hazy relationship between dietary sodium intake and cardiovascular mortality: the health abc study.** American College of Cardiology, 2016.

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.

Mente, A.; O'Donnell, M.J.; Rangarajan, S.; McQueen, M.J.; Poirier, P.; Wielgosz, A.; Morrison, H.; Li, W.; Wang, X.; Di, C.; et al. **Association of urinary sodium and potassium excretion with blood pressure.** N. Engl. J. Med. 2014, 371, 601–611.

Messerli, F. H., Hofstetter, L., Syrogiannouli, L., Rexhaj, E., Siontis, G. C. M., Seiler, C., Bangalore, S. **Sodium intake, life expectancy, and all-cause mortality.** Eur Heart J. 2021 Jun 1;42(21):2103-2112. doi: 10.1093/eurheartj/ehaa947. PMID: 33351135; PMCID: PMC8169157.

Miller, I. J., & Bartoshuk, L. M. (1991). **Taste perception, taste bud distribution, and spatial relationships.** In T. V. Getchell, R. L. Doty, L. M. Bartoshuk, & J. B. Snow (Eds.), Smell and taste in health disease (pp. 205–233). New York: Raven Press.

Miller, S. A. (2017). **Synthetic Meat. Patent.** US 2017/0253849 A1.

Moe S, Drüeke T, Cunningham J, Goodman W, Martin K, Olgaard K, Ott S, Sprague S, Lameire N, Eknoyan G. **Definition, evaluation, and classification of renal osteodystrophy: a position statement from Kidney Disease: Improving Global Outcomes (KDIGO).** Kidney Int. 2006 Jun; 69(11):1945-53.

Monsalve-Atencio, R. Ospina-Millán, N., Contreras-Calderón, J. **Effect of addition of collagen and plasma as substitutes for mechanically deboned chicken meat on physicochemical and sensory properties of salchichón.** LWT, Volume 151, 2021.

MOORE, S. L., THENO, D. M., ANDERSON, C. R., SCHMIDT, G. R. (1976). **Effect of salt, phosphate and some nonmeat proteins on binding strength and cook yield of a beef roll.** J. Food Sci. 41: 424-426.

Moorthi RN, Moe SM. **Recent advances in the noninvasive diagnosis of renal osteodystrophy.** Kidney Int. 2013 Nov; 84(5):886-94.

MOSCA, M., BERNARDOR, J., LEMOINE, S., BERTHOLET-THOMAS, A., BACCHETTA, J. **Rare diseases of phosphate and calcium metabolism: crossing glances between nephrology and endocrinology**. *Annales d'Endocrinologie*, v. 82, 2021.

Mudgil, D., Barak, S., Khatkar, B. S. **Guar gum: processing, properties and food applications - a review**. *J. Food Sci. Technol.*, 51 (2014), pp. 409-418.

Nabeshima, H. E. **Amidos modificados em produtos cárneos de baixo teor de gordura**. *Higiene Alimentar, São Paulo*, v. 12, n. 54, p. 36-41, 1998.

National Academies of Sciences Engineering and Medicine. **Dietary reference intakes for sodium and potassium**. National Academies Press, 2019.

Necas, J., & Bartosikova, L. (2013). **Carrageenan: a review**. *Veterinari Medicina*, 58(4).

No, H. K., Meyers, S. P., Prinyawiwatkul, W., & Xu, Z. (2007). **Applications of Chitosan for Improvement of Quality and Shelf Life of Foods: A Review**. *Journal of Food Science*, 72(5), R87–R100. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2007.00383.x>

NORRISH, R. S. (1966). **An equation for the activity coefficients and equilibrium relative humidities of water in confectionery syrups**. *International Journal of Food Science & Technology*, 1(1), 25– 39.

Nussinovitch, A. (1997). **Cellulose derivatives**. In *Hydrocolloid Applications: Gum technology in the food and other industries* (pp. 105–124). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-6385-3_6.

O'DONNELL, M. J.; XAVIER D.; LIU, L.; ZHANG, H.; CHIN, S. L.; RAO-MELACINI, P., et al. **Risk factors for ischaemic and intracerebral haemorrhagic stroke in 22 countries (the INTERSTROKE study): a case-control study**. *Lancet* 2010; 376(9735): 112-23.

O'Donnell, M.; Mente, A.; Rangarajan, S.; McQueen, M.J.; Wang, X.; Liu, L.; Yan, H.; Lee, S.F.; Mony, P.; Devanath, A.; et al. **Urinary sodium and potassium excretion, mortality, and cardiovascular events.** *N. Engl. J. Med.* 2014, 371, 612–623.

O'Flynn, C. C., Cruz-Romero, M. C., Troy, D. J., Mullen, A. M., & Kerry, J. P. (2014). **The application of high-pressure treatment in the reduction of phosphate levels in breakfast sausages.** *Meat Science*, 96(1), 633–639. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2013.08.028>

OCKERMAN, H., W., PLIMPTON, R., F., JR., CAHILL, V., R., PARRETT, N., A. 1978. **Influence of short term tumbling, salt and phosphate on cured canned pork.** *J. Food Sci.* 4, 878.

OFFER, G., KNIGHT, P. **The structural basis of water-holding in meat.** R.A. Lawrie (Ed.), *Developments in Meat Science - 4*, Chapters 3–4, Elsevier Applied Science, London (1988), pp. 63-243.

O'FLYNN, CRUZ-ROMERO, TROY, MUELLEN, KERRY. **The application of high-pressure treatment in the reduction of phosphate levels in breakfast sausages.** *Meat Science*, 96 (2014), p. 633-639.

Oh, Lee, Lee, Lee. **Feasibility of hydroxypropyl methylcellulose oleogel as an animal fat replacer for meat patties.** *Food Research International*, v. 122, 2019, p. 566-572.

Olanwanit, W. and T. Rojanakorn. **Effect of hydrolysed collagen and Man-sao powder mixture as a fat replacer on quality of Vienna sausages.** *international food research journal* 26 (2019): 1525-1533.

OLIVO, R. **O mundo do frango: cadeia produtiva da carne de frango.** Criciúma: ed. do autor, 2006. 688 p.

Olmedilla-Alonso, F. Jiménez-Colmenero, F.J. Sánchez-Muniz. **Development and assessment of healthy properties of meat and meat products designed as functional foods.** *Meat Science*, 2013.

O'NEILL, L. M., GALVIN, K., MORRISSEY, P. A., & BUCKLEY, D. J. (1999). **Effect of carnosine, salt and dietary vitamin E on the oxidative stability of chicken meat.** *Meat Science*, **52**(1), 89– 94.

Owusu-Ansah, P., Besiwah, E. K., Bonah, E., Amagloh, F. K. **Non-meat ingredients in meat products: a scoping review.** *Applied Food Research*, v. 2, 2022.

Ozaki, Munekata, Lopes, Nascimento, Pateiro, Lorenzo, Pollonio. **Using chitosan and radish powder to improve stability of fermented cooked sausages.** *Meat Science*, v. 167, 2020.

Öztürk Kerimoğlu, B. & Serdaroğlu, M. (2020). **RESIDUAL NITRITE CONTENT OF HEAT-TREATED SUCUK AS AFFECTED BY CHARD POWDER INCORPORATION AND PROCESSING** . *Gıda* , 45 (4) , 825-835 . DOI: 10.15237/gida.GD20064.

Öztürk-Kerimoğlu, B., & Serdaroğlu, M. (2019). **Powder/gelled inulin and sodium carbonate as novel phosphate replacers in restructured chicken steaks.** *Journal of Food Processing and Preservation*, 43(12), 43. <https://doi.org/10.1111/jfpp.14243>

PAGLARINI, C. S., et al. **Functional emulsion gels with potential application in meat products.** *Journal of Food Engineering*, v. 222, 2018.

Pahwa, A., Kaur, A., Puri, R. **Influence of hydrocolloids on the quality of major flat breads: a review.** *J Food Process Pres* (2016), pp. 1-9.

PANDYA, DECKER, GOULETTE, KINCHLA. **Sodium reduction in turkey breast meat by using sodium anion species.** *LWT – Food Science and Technology*, v. 124 (2020).

Pardi, M.C.; Santos, I.F.; Souza, E.R.; Pardi, H.S. **Ciência, higiene e tecnologia da carne.** Goiânia: CEGRAF-UFG / Niterói: EDUFF, 1995.

Park, K.-S., Choi, Y.-I., Lee, S.-H., Kim, C.-H., & Auh, J. H. (2008). **Effect of kappa-Carrageenan and Guar Gum as a Substitute for Inorganic Polyphosphate on Pork Sausages.** *Food Science and Biotechnology | Korea Science*, 17(4), 794–798. <https://www.koreascience.or.kr/article/JAKO200833338360877.page>

Pateiro, M., Munekata, P. E. S., Cittadini, A., Domínguez, R., Lorenzo, J. M. **Metallic-based salt substitutes to reduce sodium content in meat products**. *Current Opinion in Food Science*, v. 38, 2021.

Pearce, K.L., Rosenvold, K., Andersen, H.J., Hopkins, D.L., 2011. **Water distribution and mobility in meat during the conversion of muscle to meat and ageing and the impacts on fresh meat quality attributes e a review**. *Meat Science* 89, 111e124.

Pearson, A. M., Gillett, T. A. **Processed meats**. (3rd ed.), Chapman and Hall, Inc, New York (1997).

Pedro, D., Lorenzo, J. M., Saldaña, E., Heck, R. T., Dos Santos, B. A., Cichoski, A. J., Campagnol, P. C. B. **Sodium reformulation and its impact on oxidative stability and sensory quality of dry-cured rabbit legs**. *Meat Science*, v. 177, 2021.

Pekel, N., Yoshii, F., Kume, T., & Güven, O. (2004). **Radiation crosslinking of biodegradable hydroxypropylmethylcellulose**. *Carbohydrate Polymers*, 55(2), 139–147. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2003.08.015>

PEMATILLEKE, N., KAUR, M., WAI, C. T. R., ADHIKARI, B., TORLEY, P. J. **Effect of the addition of hydrocolloids on beef texture: targeted to the needs of people with dysphagia**. *Food Hydrocolloids*, v. 113, 2021.

Pereira, A. G. T., Ramos, E. M., Teixeira, G. T., Cardoso, G. P., Ramos, A. L. S., Fontes, P. R. **Effects of the addition of mechanically deboned poultry meat and collagen fibers on quality characteristics of frankfurter-type sausages**. *Meat Science*, v. 89, n. 4, 2011, p. 519-525.

Pereira, Vicente. **Meat nutritional composition and nutritive role in the human diet**. *Meat Science*, 93 (3) (2013).

Pérez, O. E., Carrera-Sánchez, C., Rodríguez-Patino, J. M., & Pilosof, A. M. R. (2007). **Adsorption dynamics and surface activity at equilibrium of whey proteins and hydroxypropyl–methyl–cellulose mixtures at the air-water interface**. *Food Hydrocolloids*, 21(5), 794–803. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2006.11.013>

Pérez-Montes, A., Rangel-Vargas, E., Lorenzo, J. M., Romero, L., Santos, E. M. **Edible mushrooms as a novel trend in the development of healthier meat products.** *Current Opinion in Food Science*, v. 37, 2021.

PEREZ-PALACIOS, T., RUIZ-CARRASCAL, J., SOLOMANDO, J. C., ANTEQUERA, T. **Strategies for enrichment in ω -3 fatty acids aiming for healthier meat products.** *Food Ver Int* 2019, 35: 485-503.

Perez-Palacios, T., Salas, A., Muñoz, A., Ocaña, E. R. Antequera, T. **Sodium chloride determination in meat products: comparison of the official titration-based method with atomic absorption spectrometry.** *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 108, 2022.

PETERSSON, K., GODARD, O., ELIASSON, A. C., TORNBERG, E. **The effects of cereal additives in low-fat sausages and meatballs. Part 2: Rye bran, oat bran and barley fibre.** *Meat Science*, 96 (1) (2014), pp. 503-508.

PETIT, G., JURY, V., LAMBALLERIE, M., DURANTON, F., MARTIN, J. L. **Salt intake from processed meat products: benefits, risks and evolving practices.** *Compr Rev Food Sci Food Saf*, 18 (2019), pp. 1453-1473.

Petracci, M., Bianchi, M., Mudalal, S., & Cavani, C. (2013). **Functional ingredients for poultry meat products.** In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 33, Issue 1, pp. 27–39). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2013.06.004>.

Pietrasik, N.J. Gaudette, S.P. Johnston, **The impact of high hydrostatic pressure on the functionality and consumer acceptability of reduced sodium naturally cured wieners,** *Meat Science*, Volume 129, 2017, Pages 127-134, ISSN 0309-1740, <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2017.02.020>.

Pietrasik, Z. (2003). **Binding and textural properties of beef gels processed with k-carrageenan, egg albumin and microbial transglutaminase.** *Meat Science*, 63(3), 317–324. [https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0309-1740\(02\)00088-8](https://doi.org/https://doi.org/10.1016/S0309-1740(02)00088-8)

PIETRASIK, Z., GAUDETTE, N. J. (2014). **The impact of salt replacers and flavor enhancer on the processing characteristics and consumer acceptance of restructured cooked hams.** *Meat Science*, 96(3), 1164-1170.

Pinton, M. B., Correa, L. P., Facchi, M. M. X., Heck, R. T., Leães, Y. S. V., Cichoski, A. J., Lorenzo, J. M., dos Santos, M., Pollonio, M. A. R., & Campagnol, P. C. B. (2019). **Ultrasound: A new approach to reduce phosphate content of meat emulsions.** *Meat Science*, 152(February), 88–95. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.02.010>

Pinton, M. B., dos Santos, B. A., Lorenzo, J. M., Cichoski, A. J., Boeira, C. P., & Campagnol, P. C. B. (2021). **Green technologies as a strategy to reduce NaCl and phosphate in meat products: an overview.** In *Current Opinion in Food Science* (Vol. 40, pp. 1–5). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.03.011>

POWELL, J. M. **Physical and chemical effects of citrus fiber as a natural alternative to sodium tripolyphosphate in uncured all-pork bologna and oven-roasted Turkey breast.** Iowa State University (2017).

Powell, M. J., Sebranek, J. G., Prusa, K. J., & Tarté, R. (2019). **Evaluation of citrus fiber as a natural replacer of sodium phosphate in alternatively-cured all-pork Bologna sausage.** *Meat Science*, 157, 107883. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2019.107883>

Prabaharan, M. **Prospective of guar gum and its derivatives as controlled drug delivery systems.** *Int. J. Biol. Macromol.*, 49 (2011), pp. 117-124.

PRABHU, G. A., DOERSCHER, D. R. **Collagen's new application.** *Meat & poultry*, Vol. 46, Sosland Publishing Co., Kansas City (2000), pp. 65-66;68–69.

PRABHU, G. A., DOERSCHER, D. R., HULL, D. H. **Utilization of pork collagen protein in emulsified and whole muscle meat products.** *Journal of Food Science*, 69 (2004), pp. C388-C389.

PRABHU, HUSAK. **Use of sodium carbonate and native potato starch blends as a phosphate replacer in natural enhanced pork loins.** *Meat Science*, v. 96 (2014), p. 454-455.

Prestes, R. C., Graboski, A., Roman, S. S., Kempka, A. P., Toniazzo, G., Demiate, I. M., & Di Luccio, M. (2013). **Effects of the addition of collagen and degree of comminution in the quality of chicken ham.** *Journal of Applied Poultry Research*, 22(4), 885–903. <https://doi.org/10.3382/japr.2013-00809>.

PURSLow, P., P. (2018). **Contribution of collagen and connective tissue to cooked meat toughness; some paradigms reviewed.** *Meat Science*, 144, 127-134.

QUILAQUEO, M., DUIZER, L., AGUILERA, J. M. **The morphology of salt crystals affects the perception of saltiness.** *Food Res Int*, 76 (2015), pp. 675-681.

Rabadán, A., Álvarez-Ortí, M., Martínez, E., Pardo-Giménez, A., Zied, D. C., Pardo, J. E. **Effect of replacing traditional ingredients for oils and flours from nuts and seeds on the characteristics and consumer preferences of lamb meat burgers.** *LWT*, v.136, 2021.

Ranjbar, S., Movahhed, S., Nematti, N., & Sokotifar, R. (2012). **Evaluation of the effect of carboxy methyl cellulose on sensory properties of gluten-free cake.** *Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology*, 4(19), 3819–3821.

Rather, Sajad & Masoodi, F.A. & Akhter, Rehana & Gani, Adil & Wani, Sajad & Malik, Altaf. (2015). **Xanthan gum as a fat replacer in goshtaba-a traditional meat product of India: Effects on quality and oxidative stability.** *Journal of Food Science and Technology*. 52. [10.1007/s13197-015-1960-7](https://doi.org/10.1007/s13197-015-1960-7).

Ravi Kumar, M. N. V. (2000). **A review of chitin and chitosan applications.** *Reactive and Functional Polymers*, 46(1), 1–27. [https://doi.org/10.1016/S1381-5148\(00\)00038-9](https://doi.org/10.1016/S1381-5148(00)00038-9).

Raybaudi-Massilia, R., Mosqueda-Melgar, J., Rosales-Oballos, Y., Citti de Petricone, R., Frágenas, N. N., Zambrano-Durán, A., Sayago, K., Lara, M., Urbina, G. **New alternative to reduce sodium chloride in meat products: sensory and microbiological evaluation.** *LWT*, v. 108, 2019.

Resconi, V. C., Keenan, D. F., Barahona, M., Guerrero, L., Kerry, J. P., Hamill, R. M. **Rice starch and fructo-oligosaccharides as substitutes for phosphate and dextrose in whole muscle cooked hams: sensory analysis and consumer preferences.** LWT-Food Science and Technology, 66 (2016a), pp. 284-292.

Resconi, V. C., Keenan, D. F., García, E., Allen, P., Kerry, J. P., Hamill, R. M. **The effects of potato and rice starch as substitutes for phosphate in and degree of comminution on the technological, instrumental and sensory characteristics of restructured ham.** Meat Science, v. 121, 2016b.

RESCONI, V. C., KEENAN, D. F., GOUGH, S., DORAN, L., ALLEN, P., KERRY, J. P., HAMILL, R. M. **Response surface methodology analysis of rich starch and fructo-oligosaccharides as substitutes for phosphate and dextrose in whole muscle cooked hams.** LWT – Food Science and Technology (2015).

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.

ROCHA, A. et al. **Análise sensorial de produto reestruturado (hambúrguer).** Cadernos Temáticos MEC, n. 25, p. 21-24, 2010.

Rodríguez, M.S. & Albertengo, L.A. & Agulló, E. (2002). **Emulsification capacity of chitosan.** Carbohydrate Polymers. 48. 271-276. 10.1016/S0144-8617(01)00258-2.

Rodriguez-Benot A, Martin-Malo A, Alvarez-Lara MA, Rodriguez M, Aljama P. **Mild hyperphosphatemia and mortality in hemodialysis patients.** Am J Kidney Dis 2005; 46(1):68-77.

Roobab, Abdul Waheed Khan, Jose M. Lorenzo, Rai Naveed Arshad, Bo-Ru Chen, Xin-An Zeng, Alaa El-Din Bekhit, Raheel Suleman, Rana Muhammad Aadil, **A systematic review of clean-label alternatives to synthetic additives in raw and processed meat with a special emphasis on high-pressure processing (2018–2021),** Food Research International, Volume 150, Part A, 2021, 110792, ISSN 0963-9969, <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110792>.

Rust, P., Ekmekcioglu, C. **Impact of salt intake on the pathogenesis and treatment of hypertension.** *Adv Exp Med Biol.* 2017;956:61-84. doi: 10.1007/5584_2016_147. PMID: 27757935.

Ruusunen, M., Niemistö, M., & Puolanne, E. (2002). **Sodium reduction in cooked meat products by using commercial potassium phosphate mixtures** (Vol. 11). MTT Agrifood Research Finland. <https://jukuri.luke.fi/handle/10024/453196>

RUUSUNEN, M., TIRKKONEN, M. S., & PUOLANNE, E. (2001). **Saltiness of coarsely ground cooked ham with reduced salt content.** *Agricultural and Food Science in Finland*, 10, 27–32.

Ruusunen, M.; Puolanne, E. (2005). **Reducing sodium intake from meat products.** *Meat Science*, 70(3), 531-541.

RUUSUNEN, VAINIONPAA, POULANNE, LYLY, LÄHTEENMÄKI, NIEMISTÖ, AHVENAINEN. **Physical and sensory properties of low-salt phosphate-free frankfurters composed with various ingredients.** *Meat Science*, 63 (2003), p. 9-16.

S. FELLENDORF, M.G. O'SULLIVAN, J.P. KERRY. **Impact of ingredient replacers on the physicochemical properties and sensory quality of reduced salt and fat black puddings.** *Meat Science*, 113 (2016), p. 17-25.

Sadowska, M.; Sikorski, Z. E.; Dobosz, M. (1980). **The influence of collagen on the rheological properties of meat homogenates.** *Lebensm – Wiss. U. – Technol*, 13(5): 232.

Saha, D.; Bhattacharya, S. (2010). **Hydrocolloids as thickening and gelling agents in food: a critical review.** *Journal of Food Science and Technology*, 47, 587–597.

Sakthivel, B., & Dhakshinamoorthy, A. (2017). **Chitosan as a reusable solid base catalyst for Knoevenagel condensation reaction.** *Journal of Colloid and Interface Science*, 485, 75–80. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jcis.2016.09.020>

SALDAÑA, E., MERLO, T. C., PATINHO, I., RIOS-MERA, J. D., CONTRERAS-CASTILLO, C. J., SELANI, M. M. **Use of sensory Science for the development of healthier processed meat products: a critical opinion.** *Curr. Opin. Food Sci*, 2021, 40:13-19.

SALFINGER, Y.; TORTORELLO, M. L. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods.** 5th ed., American Public Health Association, Washington, D. C., 2015, 995p.

Salvador, A., Sanz, T., & Fiszman, S. M. (2005). **Effect of the addition of different ingredients on the characteristics of a batter coating for fried seafood prepared without a pre-frying step.** *Food Hydrocolloids*, 19(4), 703–708. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2004.07.003>

Santarelli, F. Pierre, D.E. Corpet. **Processed meat and colorectal cancer: A review of epidemiologic and experimental evidence.** *Nutrition and Cancer*, 60 (2) (2008).

SANTOS, B. A. D.; CAMPAGNOL, P. C. B.; CRUZ, A. G. D.; GALVÃO, M. T. E. L.; MONTEIRO, R. A.; WAGNER, R.; POLLONIO, M. A. R. **Check all that apply and free listing to describe the sensory characteristics of low sodium dry fermented sausages: Comparison with trained panel.** *Food Research International*, n. 3, p. 725-734, 2015.

SARCINELLI, M. F.; VENTURINI, K. S.; SILVA, L. C. **Características da carne suína.** Universidade Federal do Espírito Santos – UFES, 2007.

SCHILLING M. V. C; MORRIS, C. S.; SMITH, B. S.; CAMPBELL Y. L. **Uso de alternativas ao fosfato para fabricar presunto embutido enformado. Disponível:** < <http://carnetec.com.br/Industry/News/Details/78537> >. 2018. Acesso em: 11 set. 2019.

Schilling, M. W., Mink, L. E., Gochenour, P. S., Marriott, N. G., Alvarado, C. Z. **Utilization of pork collagen for functionality improvement of boneless cured ham manufactured from pale, soft, and exudative pork.** *Meat Science*, 65 (2003), pp. 547-553.

SCHROFF, R. C. et al. **Chronic mineral dysregulation promotes vascular smooth muscle cell adaptation and extracellular matrix calcification.** J. Am. Soc. Nephrol. 21: 103-112, 2010.

Schuh, V., Allard, K., Herrmann, K., Gibis, M., Kohlus, R., & Weiss, J. (2013). **Impact of carboxymethyl cellulose (CMC) and microcrystalline cellulose (MCC) on functional characteristics of emulsified sausages.** Meat Science, 93(2), 240–247. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2012.08.025>

Schutte, S., Marais, J., Muller, M., & Hoffman, L. C. (2021). **Replacement of Sodium Tripolyphosphate with Iota Carrageenan in the Formulation of Restructured Ostrich Ham.** Foods, 10(3), 535. <https://www.mdpi.com/2304-8158/10/3/535>.

Scientific Advisory Committee on Nutrition. **Salt and health.** Stationery Office, 2003.

Senadheera, T. R. L., Dave, D., Shahidi, F. **Sea cucumber derived type I collagen: A comprehensive review.** Marine Drugs, 18 (2020), p. 471.

Sharma, G., Sharma, S., Kumar, A., Al-Muhtaseb, A. H., Naushad, M., Ghfar, A. A., Mola, G. T., Stadler, F. J. **Guar gum and its composites as potential materials for diverse applications: a review.** Carbohydr. Polym., 199 (2018), pp. 534-545.

Shimokomaki, M. **Aproveitamento de subprodutos nas indústrias de carnes para a produção de colágeno e suas aplicações.** Rev. Nac. Carne, n. 16, v.187, p.32-34, 1992.

Shimokomaki, M.; Youssef, E. Y.; Terra, N. N. **Curing.** Encyclopédia of Food Sciences and Nutrition, 2.ed. St Louis, 2003. p. 1702-1707.

SHULTS, G. W., WIERBICKI, E. (1973). **Effects of sodium chloride and condensed phosphates on the water-holding capacity, pH and swelling of chicken muscle.** J. Food Sci. 38: 991-994.

Sikora, E.; Cieslik, E.; Leszczynska, T.; Filipiak-Florkiwuacz, A.; Pisulewski, P. M. **The antioxidant activity of selected cruciferous vegetables subjected to aquathermal processing.** Food Chemistry, London, v. 107, p. 50-55, 2008.

Silva, D. H., Araujo, R. T. D. S. Rodrigues, M. M. Costa, J. O. Miranda, N. R. C. LiraAlencar, M.A.Á. Queiroz, M.G. Alencar, T.P.R. Oliveira, A.F. Neto, H.C. Bonfá, F.A.L. de Carvalho, G.C. Gois. **Reduction of sodium content in frozen goat sausage using different types of salt.** Lwt - Food Sci. Technol., 135 (2021).

Silva, M. Voss, C.R. de Menezes, J.S. Barin, R. Wagner, P.C.B. Campagnol, A.J. Cichoski. **Is it possible to reduce the cooking time of mortadellas using ultrasound without affecting their oxidative and microbiological quality.** Meat Sci, 159 (2020), Article 107947.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V.C.A.; SILVEIRA, N.F.A. **Manual de Métodos de Análise Microbiológica de Alimentos.** 2. ed. São Paulo: Livraria Varela, 2010. 229p.

Silva, S. L., Lorenzo, J. M.; Machado, J. M., Manfio, M.; Cichoski, A. J., Fries, L, M., et al. **Application of arginine and histidine to improve the technological and sensory properties of low-fat and low-sodium bologna-type sausages produced with high levels of KCl.** Meat Science, 159 (2020), p. 107939.

Singh, J., Dartois, A., & Kaur, L. (2010). **Starch digestibility in food matrix: a review.** In Trends in Food Science and Technology (Vol. 21, Issue 4, pp. 168–180). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2009.12.001>

Skrede, G. (1989). **Comparison of various types of starch when used in meat sausages.** Meat Science, 25(1), 21–36. [https://doi.org/10.1016/0309-1740\(89\)90063-6](https://doi.org/10.1016/0309-1740(89)90063-6).

Sousa, S. C., Fragoso, S. P., Penna, C. R., Arcanjo, N. M., Silva, F. A., Ferreira, V. C., et al. **Quality parameters of frankfurter-type sausages with partial replacement of fat by hydrolyzed collagen.** LWT-Food Science and Technology, 76 (76) (2017), p. 320-325.

Speroni, F., Szerman, N., Vaudagna, S. R. **High hydrostatic pressure processing of beef patties: effects of pressure level and sodium tripolyphosphate and sodium chloride concentrations on thermal and aggregative properties of proteins.** *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, v. 23, 2014.

Stanley, R. E., Bower, C. G., Sullivan, G. A. **Influence of sodium chloride reduction and replacement with potassium chloride based salts on the sensory and physico-chemical characteristics of pork sausage patties.** *Meat Science*, v. 133, 2017.

Steen, Ellen Neyrinck, Eveline De Mey, Annatachja De Grande, Danny Telleir, Katleen Raes, Hubert Paelinck, Ilse Fraeye, **Impact of raw ham quality and tumbling time on the technological properties of polyphosphate-free cooked ham,** *Meat Science*, Volume 164, 2020, 108093, ISSN 0309-1740, <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2020.108093>.

Strazzullo, L. D'Elia, N.B. Kandala, F.P. Cappuccio. **Salt intake, stroke, and cardiovascular disease: meta-analysis of prospective studies.** *BMJ*, 339 (2009), pp. 1-9.

Takeda, Hironori Yamamoto, Hisami Yamanaka-Okumura, Yutaka Taketani. **Increasing Dietary Phosphorus Intake from Food Additives: Potential for Negative Impact on Bone Health.** *Advances in Nutrition*, Volume 5, Issue 1, January 2014, Pages 92–97, <https://doi.org/10.3945/an.113.004002>.

TARLADGIS, B.G.; WATTS, B.M.; YOUNATHAN, M.T. (1960). **A distillation method for the quantitative determination of malonaldehyde in rancid foods.** *Journal of the American Oil Chemistry Society*, v.37, p.44-48.

TARTÉ, R. **Meat-derived protein ingredients.** R. Tarté (Ed.), *Ingredients in meat products*, Springer, New York (2009), pp. 145-171.

TEIXEIRA, A., RODRIGUES, S. **Consumer perceptions towards healthier meat products.** *Current Opinion in Food Science* (2020), doi: <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2020.12.004>.

Tentori F, Blayney M, Albert J, Gillespie B, Kerr P, Bommer J, et al. **Mortality risk for dialysis patients with different levels of serum calcium, phosphorus, and PTH:**

the Dialysis Outcomes and Practice Patterns Study (DOPPS). *Am J Kidney Dis* 2008;52(3):519-30.

Thangavelu, K. P., Kerry, J. P., Tiwari, B. K., & McDonnell, C. K. (2019). **Novel processing technologies and ingredient strategies for the reduction of phosphate additives in processed meat.** In *Trends in Food Science and Technology* (Vol. 94, pp. 43–53). Elsevier Ltd. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.10.001>

Thombare, N., Jha, U., Mishra, S., Siddiqui, M. Z. **Guar gum as a promising starting material for diverse applications: a review.** *Int. J. Biol. Macromol.*, 88 (2016), pp. 361-372.

Tornberg, E. (2005). **Effects of heat on meat proteins—Implications on structure and quality of meat products.** *Meat Sci.* 70:493–508.

TREVISAN, Y. C.; BIS, C. V.; HENCK, J. M.; BARRETTO, A. C. S. **Efeito da adição de fibra de aveia sobre as propriedades físico-químicas de hambúrguer cozido e congelado com redução de gordura e sal.** *Braz. J. Food Technol.* V. 19, Campinas, 2016.

TRIKI, M., KHEMAKHEM, I., TRIGUI, I., BEN SALAH, R., JABALLI, S., RUIZ-CAPILLAS, C., AYADI, M. A., ATTIA, H., BESBES, S. **Free-sodium salts mixture and AlgySalt® use as NaCl substitutes in fresh and cooked meat products intended for the hypertensive population.** *Meat Sci*, 133 (2017), pp. 194-203.

TSENG, T., LIU, D., CHEN, M. **Evaluation of transglutaminase on the quality of low-salt chicken meat-balls.** *Meat Science*, 55 (2000), pp. 427-431.

US Department of Health and Human Services, Department of Agriculture. **Dietary Guidelines Advisory Committee.** *Dietary guidelines for Americans, 2015-2020.* 8th ed DHSS, 2015.

USDA. **U. S. Departmente of Agriculture.** 2019. Disponível em: <<https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/168264/nutrients>>. Acesso em: 20 jan. 2020.

VÁLKOVÁ, V., SALÁKOVÁ, A., BUCHTOVÁ, H., TREMLOVÁ, B. (2007) **Chemical, instrumental and sensory characteristics of cooked pork ham.** Meat Science, 77(4), 608-615.

VARNAM, A. H.; SUTHERLAND, J. P. **Embutidos fermentados.** In: Carne y productos cárnicos. Zaragoza, Espanha: Editora Acribia, S.A., 1998.

VENTURINI, K. S; SARCINELLI, M. F.; SILVA, L. C. **Características da carne de frango.** Vitória:UFES, v.7, 2007. Boletim técnico. Disponível em http://www.agais.com/telomc/b01307_caracteristicas_carne_frango.pdf. Acessado em 20 de ago. 2020.

Verma AK, Banerjee R, Sharma BD. 2012. **Quality of low-fat chicken nuggets: Effect of sodium chloride replacement and added chickpea (*Cicer arietinum* L.) hull flour.** Asian Australas J Anim Sci 25:291–298.

VERVLOET, M.G., SEZER, S., MASSY, Z.A., et al. **The role of phosphate in kidney disease.** Nat Rev Nephrol, 13 (2016), pp. 27-38.

VIDAL, V. A., LORENZO, J. M., MUNEKATA, P. E., POLLONIO, M. A. R. **Challenges to reduce or replace NaCl by chloride salts in meat products made from whole pieces—a review.** Crit Rev Food Sci Nutr (2020), pp. 1-13.

VILAR, E. G., OUYANG, H., O'SULLIVAN, M. G., KERRY, J. P., HAMILL, R. M., O'GRADY, M. N., MOHAMMED, H. O., KILCAWLEY, K. N. **Effect of salt reduction and inclusion of 1% edible seaweeds on the chemical, sensory and volatile component profile of reformulated frankfurters.** Meat Science, v. 161, 2020.

W. Bedale, J.J. Sindelar, A.L. Milkowski. **Dietary nitrate and nitrite: Benefits, risks, and evolving perceptions.** Meat Science, 120 (2016).

Wald R, Sarnak M, Tighiouart H, Cheung A, Levey A, Eknoyan G, et al. **Disordered mineral metabolism in hemodialysis patients: an analysis of cumulative effects in the Hemodialysis (HEMO) Study.** Am J Kidney Dis 2008;52(3):531-40.

Wang, Long Yu, Qingjie Sun, Fengwei Xie, **Hydroxypropyl methylcellulose and hydroxypropyl starch: Rheological and gelation effects on the phase structure of their mixed hydrocolloid system,** Food Hydrocolloids, Volume 115, 2021, 106598, ISSN 0268-005X, <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106598>.

Ware, L. J., Charlton, K., Schutte, A. E., Cockeran, M., Naidoo, N., Kowal, P. **Associations between dietary salt, potassium and blood pressure in south african adults: who sage wave 2 salt & tobacco.** Nutr Metab Cardiovasc Dis. 2017 Sep;27(9):784-791. doi: 10.1016/j.numecd.2017.06.017. Epub 2017 Jul 8. PMID: 28800936.

Weinberger, M. H. **Salt sensitivity of blood pressure in humans.** *Hypertension*. 1996;27:481–490.

Wenjing, L. V., Can, C., Wang Z., Jiang J., Deng, B.A. **High serum phosphate and calcium-phosphate product is associated with cerebral small vascular disease in patients with stroke: a real-world study.** Frontiers in Nutrition, v.9,2022.

Whiting, R. C. (1984). **Addition of Phosphates, Proteins, and Gums to Reduced-Salt Frankfurter Batters.** Journal of Food Science, 49(5), 1355–1357. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1984.tb14989>.

WHO. **Guideline: Sodium intake for adults and children.** Geneva, World Health Organization (WHO), 1-8, 2012.

WHO. **Salt Reduction-Fact Sheets.** 2016. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/salt-reduction>

WHO. **WHO issues new guidance on dietary salt and potassium.** 2013. Disponível em:

<https://www.who.int/mediacentre/news/notes/2013/salt_potassium_20130131/en/>.

Acesso em: 18 jan. 2020.

World Health Organization. **Salt Reduction**. (2020). Acesso em: 16 jan. 2022. Disponível em: < <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/salt-reduction>>.

Xiong, Y. L. and Brekke, C. J. (1991). **Protein extractability and thermally induced gelation properties of myofibrils isolated from pre-and postrigor chicken muscles**. *J. Food Sci.* 56(1):210–215.

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.

XIONG. **Meat processing**. S. Nakai, H.W. Modler (Eds.), *Food proteins: Processing applications*, Wiley-VCH, New York (2000), pp. 89-145.

Xu, M.; Li, D.; Li, B.; *et al.* (2013). **Comparative study on molecular weight of konjac glucomannan by gel permeation chromatography laser light scattering refractive index and laser light scattering methods**. *Journal of Spectroscopy*, 2013, 1–4.

Yemenicioğlu, Farris, Turkyilmaz, Gulec. **A review of current and future food applications of natural hydrocolloids**. *International Journal of Food Science and Technology*, 55 (4) (2020), pp. 1389-1406, 10.1111/ijfs.14363.

YOTSUYANAGI, S. E. *et al.* **Technological, sensory and microbiological impacts of sodium reduction in frankfurters**. *Meat Science*, 2016.

Younis, K., Ahmad, S. **Waste utilization of apple pomace as a source of functional ingredient in buffalo meat sausage**. *Cogent Food & Agriculture*, 1 (1) (2015).

Yuan, G., Chen, X., & Li, D. (2016). **Chitosan films and coatings containing essential oils: The antioxidant and antimicrobial activity, and application in food systems**. *Food Research International*, 89, 117–128. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.10.004>

ZAYAS, J. F. (1997). **Functionality of proteins in food**. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg.

Zhang, F., Zhao, H., Cao, C., Kong, B., Xia, X., & Liu, Q. (2021). **Application of temperature-controlled ultrasound treatment and its potential to reduce phosphate content in frankfurter-type sausages by 50%**. *Ultrasonics Sonochemistry*, 71, 105379. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2020.105379>

Zhang, N., Zhao, Y., Fan, D., Xiao, J., Cheng, K.-W., & Wang, M. (2020). **Inhibitory effects of some hydrocolloids on the formation of heterocyclic amines in roast beef.** *Food Hydrocolloids*, 108, 106073. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2020.106073>.

Zhao, Wang, Li, Zhou. **Effect of xanthan gum on the quality of low sodium salted beef and property of myofibril proteins.** *Food Science and Human Wellness*, Volume 10, Issue 1, 2021, Pages 112-118.

Zhou, Wangang Zhang, Jingyu Wang, **Recent advances in the study of modified cellulose in meat products: Modification method of cellulose, meat quality improvement and safety concern**, *Trends in Food Science & Technology*, Volume 122, 2022, Pages 140-156, ISSN 0924-2244, <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.02.024>.

ZHUANG, X., HAN, M., KANG, Z. L., WANG, K., BAI, Y., XU, X. L., et al. **Effects of the sugarcane dietary fiber and pre-emulsified sesame oil on low-fat meat batter physicochemical property, texture, and microstructure.** *Meat Science*, 113 (2016), pp. 107-115.

Apêndice A – Ficha utilizada no Teste de Aceitação e CATA

Nome _____ Idade _____ Sexo: ()F ()M
 Data: ____/11/2019

Você consome produtos cárneos, como apresuntado?

sim não

Qual a frequência?

todo dia de duas a três vezes na semana uma vez na semana uma vez a cada 15 dias uma vez ao mês duas vezes ao ano nunca

Você está recebendo uma amostra codificada de apresuntado. Avalie a amostra e descreva o quanto você gostou ou desgostou com relação à cor, aroma, sabor, textura e aceitação global utilizando a escala abaixo:

	Código da amostra 097	
Cor	_____	9 - Gostei muitíssimo
Aroma	_____	8 - Gostei muito
Sabor	_____	7 - Gostei moderadamente
Textura	_____	6 - Gostei ligeiramente
Aceitação global	_____	5 - Não gostei/nem desgostei
		4 - Desgostei ligeiramente
		3 - Desgostei moderadamente
		2 - Desgostei muito
		1 - Desgostei muitíssimo

Abaixo estão listados os termos do Teste Check All That Apply (CATA). Por favor, marque todos os atributos que você identificou nesse produto:

<input type="checkbox"/> sabor de apresuntado	<input type="checkbox"/> salgado	<input type="checkbox"/> sabor residual	<input type="checkbox"/> sabor condimentado
<input type="checkbox"/> aroma de apresuntado	<input type="checkbox"/> textura macia	<input type="checkbox"/> sabor amargo	<input type="checkbox"/> gorduroso
<input type="checkbox"/> textura porosa	<input type="checkbox"/> seco	<input type="checkbox"/> textura arenosa	<input type="checkbox"/> sabor suave
<input type="checkbox"/> sal na medida	<input type="checkbox"/> suculento	<input type="checkbox"/> pouco sal	<input type="checkbox"/> textura quebradiça
<input type="checkbox"/> textura firme	<input type="checkbox"/> sem sal	<input type="checkbox"/> cor pálida	<input type="checkbox"/> cor de apresuntado

Comentários:

Anexo A – Parecer consubstanciado do CEP**DADOS DO PROJETO DE PESQUISA**

Título da Pesquisa: ESTRATÉGIAS NA REDUÇÃO DE TRIPOLIFOSFATO DE SÓDIO EM PRODUTOS CÁRNEOS REESTRUTURADOS

Pesquisador: GISELI CARVALHO MAGALHAES

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 20246419.7.0000.5404

Instituição Proponente: Faculdade de Engenharia de Alimentos

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 3.644.785

Apresentação do Projeto:

As informações contidas nos campos "Apresentação do Projeto", "Objetivo da Pesquisa", "Avaliação dos Riscos e Benefícios" e "Comentários e Considerações sobre a Pesquisa" foram obtidas dos documentos apresentados para apreciação ética pelo CEP e das informações inseridas pelo Pesquisador responsável pelo estudo na Plataforma Brasil.

Os produtos cárneos reestruturados são consumidos em grande escala por conferir praticidade, segurança e características sensoriais aceitáveis, além de seu relevante valor nutricional. No entanto, seu consumo excessivo está relacionado ao aumento de

risco de determinadas doenças crônicas, especialmente pela presença de cloreto de sódio e aditivos (JIMENEZ-COLMENERO, CARBALLO e COFRADES, 2001). O cloreto de sódio (NaCl) é um ingrediente muito utilizado no processamento dos produtos cárneos por contribuir na extração das proteínas miofibrilares conferindo textura e aumento da capacidade de retenção de água, além de ser um excelente realçador de sabor (RUUSUNEN & PUOLANNE, 2005). Seu consumo excessivo, no entanto, está relacionado a doenças cardiovasculares, hipertensão e diabetes (GIBBS, LIP e BEEVERS, 2000; REDDY e KATAN, 2004; ROHRMANN et. al., 2013), o que tem levado a indústria de carnes a buscar ingredientes para promover níveis de redução compatíveis com a qualidade e segurança dos produtos processados. Além do cloreto de sódio, os aditivos utilizados em produtos cárneos são outra razão que reduzem a imagem de produto saudável e sua redução e substituição por compostos naturais capazes de desempenhar as funções dos aditivos sintéticos também têm sido amplamente investigada em muitos estudos na literatura científica, como sais substitutos, ervas, especiarias, ingredientes funcionais com propriedades extensoras e compostos bioativos (NUNES, 2013; PAGLARINI, 2015; LEÃO et al., 2017). Dentre os aditivos, os fosfatos têm sido alvo de redução em produtos cárneos. Essa classe de aditivos tem propriedades muito importantes atuando como estabilizantes, melhorando a capacidade de retenção de água (CRA) de um alimento, o que sucessivamente ocasiona em melhora no aspecto sensorial, tendo grande relevância em produtos cárneos reestruturados por conter altos teores de umidade (ABERLE, FORREST GERRARD & Mills, 2001; SEBRANEKK, PIETRASIK & JANZ, 2009). Além disso, um dos fosfatos mais utilizados no processamento de produtos cárneos processados é o tripolifosfato de sódio. Assim como outros polifosfatos, este tem a capacidade de aumentar o pH de 0,2 a 0,5 unidades, o que afasta a carne do ponto isoelétrico e por consequência favorece o aumento da capacidade de retenção de água além de sequestrar íons metálicos e contribuir para o retardamento da oxidação lipídica (CASSIDY, 1977; PARDI, 1996). Nesse contexto, um produto cárneo reestruturado, como o apresuntado, requer o uso desse aditivo para contribuir nas características do alimento, sem perda no rendimento e na diminuição da sinérese (GARCIA-CRUZ et al., 1996), dificultando sua exclusão em reformulações principalmente quando há a redução de cloreto de sódio, responsável também por promover aumento na capacidade de retenção de água no produto final. Assim, este estudo tem como objetivo avaliar diferentes estratégias para desenvolvimento de

produtos cárneos reestruturados com a substituição de tripolifosfato de sódio por hidrocolóides ou fosfatos de potássio combinados da redução do teor de cloreto de sódio, tendo em vista os aspectos tecnológicos e sensoriais, contribuindo na redução de aditivos e sódio no produto final, o que promove o apelo mais saudável em comparação aos produtos cárneos reestruturados consumidos atualmente. Na 1ª etapa, são estudados os efeitos dos hidrocolóides (hidroxipropilmetilcelulose, carboximetilcelulose, quitosana, carragena, goma guar, fibra de colágeno e goma xantana) em produto cárneo reestruturado, como apresuntado, sendo avaliadas as alterações causadas por eles, principalmente, aquelas que afetam diretamente a capacidade de retenção de água e o perfil de textura. Como os hidrocolóides possuem propriedades de formação de gel e/ou aumento de viscosidade, o aumento de capacidade de retenção de água poderia ser alcançada através desse método. Porém, alguns hidrocolóides podem não formar gel na etapa de cozimento do apresuntado, o que pode facilitar a saída de água, diminuindo seu rendimento e tornar o produto seco, quebradiço e com alterações sensoriais. Na 2ª etapa, serão estudados os efeitos de fosfatos (pirofosfato de potássio e tripolifosfato de potássio) e dois hidrocolóides testados na 1ª etapa aliados à redução de cloreto de sódio. O objetivo é aproveitar os efeitos positivos dos hidrocolóides na 1ª etapa e combinar a redução de cloreto de sódio, além de reduzir o teor de sódio também pela inclusão dos fosfatos de potássio e exclusão do tripolifosfato de sódio, contribuindo para um produto com menor teor de sódio em sua composição. Os desafios são os efeitos que esses hidrocolóides, fosfatos e redução de cloreto de sódio podem causar no produto final em relação a capacidade de retenção de água e em atributos sensoriais como sabor e textura. Nesta etapa, é esperado obter um produto suculento e de sabor suave com características próprias de apresuntado.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário:

Estudar diferentes estratégias para a substituição de fosfatos e redução parcial de sódio sobre a estabilidade global de produto cárneo reestruturado, tipo apresuntado.

Objetivo Secundário:

Etapa 1: Investigar o efeito de hidrocolóides como substitutos de tripolifosfato de sódio em apresuntado; Etapa 2: Avaliar os efeitos da substituição de tripolifosfato de sódio por fosfatos de potássio ou hidrocolóides da etapa anterior sobre a estabilidade físico-química de apresuntado com redução parcial de cloreto de sódio;

Analisar as propriedades físico-químicas, microbiológicas e sensoriais de apresuntados reformulados com substituição de tripolifosfato de sódio e redução de cloreto de sódio.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos:

Em caso de dúvidas ou reações adversas o contato do responsável pela pesquisa estará no Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexos 1 ao 2), que será entregue ao provador antes da análise sensorial. O participante deverá ler o que está contido no documento e avaliar se participará ou não do estudo. O risco associado ao teste é baixíssimo, pois os produtos reestruturados serão elaborados em planta piloto sob rigoroso controle higiênico-sanitário. Além disso, serão realizadas análises microbiológicas anteriores a análise sensorial que garantam inocuidade do produto a ser avaliado.

Benefícios:

Não haverá benefícios diretos aos provadores. Suas respostas, juntamente com as dos demais voluntários ajudarão os pesquisadores a elaborar um produto com características semelhantes aos apresuntados atuais com o benefício da redução de aditivo e sódio.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Trata-se de um projeto de pesquisa associado à Dissertação (Mestrado) de uma aluna, bolsista da Capes, matriculada no programa de Pós graduação em Tecnologia de Alimentos-Faculdade de Engenharia de Alimentos (FEA)-Unicamp, sob orientação

de uma docente do Departamento de Tecnologia de Alimentos e será desenvolvido no Laboratório de Carnes e Derivados do referido departamento. Este trabalho envolverá 240 participantes de pesquisa, provadores não treinados com idade mínima de 18 anos, que será um grupo não vulnerável constituído de estudantes e funcionários da UNICAMP. As análises serão realizadas no Departamento de Tecnologia de Alimentos e Engenharia de Alimentos - UNICAMP. Os seguintes laboratórios do Departamento de Tecnologia de Alimentos darão suporte à pesquisa: Laboratório de Análise Físico-Química, Laboratório de Análise Instrumental, Laboratório de Óleos e Gorduras e Laboratório de Análise Sensorial. O Laboratório de Análise Sensorial apresenta funcionalidade de suas instalações, como ambiente para preparação e análise das amostras adequados. É um ambiente contíguo, contendo cabines individuais. A pesquisadora apresenta orçamento e informa que as despesas com esta pesquisa serão custeadas com recursos próprios.

MÉTODOS

Avaliação do efeito de hidrocolóides como substitutos de tripolifosfato de sódio em apesuntado.

Nessa etapa, serão avaliados os efeitos dos hidrocolóides como substitutos de tripolifosfato de sódio quanto as propriedades de formação de gel, capacidade de retenção de água e atributos de textura.

Delineamento Experimental

Nessa etapa serão elaborados 10 tratamentos, sendo duas formulações controle (FC1: formulação com tripolifosfato de sódio; FC2: formulação com tripolifosfato de sódio) e oito formulações com diferentes concentrações de hidrocolóides (hidroxipropilmetilcelulose, carboximetilcelulose, carragena, fibra de colágeno, quitosana, goma guar e goma xantana) (Tabela 1). Os resultados serão analisados utilizando modelo linear generalizado (GLM) e as médias comparadas pelo teste de Tukey, considerando o nível de significância de 5% (p 0,05), através do software estatístico Statistica, versão 8.0 (StatSoft, Inc., Tulsa, OK). Tabela 1. Delineamento experimental da 1ª. Etapa

Tratamentos FC1 FC2 F1 F2 F3 F4 F5 F6 F7 F8 TPS 0,5 - - - - - - - - - -

HPMC E4M - 0,3 - - - - -

HPMC F4M - - - 0,3 - - - - -

Carragena - - - - - 1,0 - - - - -

Col - - - - - 2,0 - -

Quitosana - - - - 1,0 - - - - -

GG - - - - - 0,3 - - -

GX 0,3 -

CMC 0,3

TPS: Tripolifosfato de sódio; HPMC: hidroxipropilmetilcelulose; Col: fibra de colágeno; GG: goma guar; GX: goma xantana; CMC: carboximetilcelulose.

Matéria prima, ingredientes e aditivos

Para analisar o efeito do uso de hidrocolóides em apresuntado será utilizada paleta suína.

Na Tabela 2, é apresentada a relação de ingredientes e aditivos a serem utilizados nas formulações do produto cárneo reestruturado para etapa 1.

Tabela 2. Formulação do apresuntado Ingredientes %

Paleta suína 60,00

Gelo 37,00

Sal 2,00

Nitrito de sódio 0,015 Eritorbato de sódio 0,06 Condimento Califórnia 0,50
Tripolifosfato de sódio* 0,50 Total 100,00

*Formulação Controle.

A paleta suína e o sal serão adquiridos em comércio local. O nitrito, eritorbato, o tripolifosfato de sódio, condimento Califórnia, os hidrocolóides e fosfatos de potássio serão adquiridos diretamente de seus fornecedores.

Processamento

A carne suína será limpa e moída em disco de 5mm de orifício e congelada até o momento de aplicação. Após descongelamento, a carne moída será transferida para batedeira Oster onde será adicionado na seguinte ordem os ingredientes e aditivos: sal, nitrito e eritorbato de sódio dissolvidos em água gelada, condimento, os fosfatos ou aditivos e 50% de gelo. Será obedecido o seguinte regime de homogeneização: três minutos na velocidade mínima (1), quatro minutos na velocidade 2, quatro minutos na velocidade média (4), dois minutos na velocidade 6 e dois minutos na velocidade máxima (8), com total de 15 minutos de homogeneização. O restante do gelo será adicionado ao batter com 7 minutos de mistura.

O batter será colocado em saco de vácuo e logo em seguida em fôrma de apresuntado com capacidade de 1kg que, posteriormente ficará maturando em câmara fria (± 5 °C) por 24 horas. Após este período, as fôrmas passarão por tratamento térmico em banho de cozimento encamisado programado em temperatura de 80°C. Ao chegar a temperatura programada será cronometrado 1h/kg para garantir a temperatura interna de 72°C. Logo em seguida, os apresuntados serão resfriados imediatamente em banho de gelo e acondicionados em câmara fria (± 5 °C) até o momento da realização das análises.

Análises físico-químicas e microbiológicas.

As análises dos produtos serão realizadas em triplicatas e seguirão o protocolo conforme segue.

Medida de pH: em pHmetro MA 130 Mettler (Mettler-Toledo, Ohio, USA), em triplicata.

Medidas de cor objetiva: em espectrofotômetro Konica Minolta, em triplicata no batter e no apresuntado, segundo Paglarini (2015).

Atividade de água: será medida com o aparelho Aqualab de acordo com metodologia de Santos (2015).

Estabilidade do batter: será realizada segundo metodologia de Horita (2014).

Perda de peso por cozimento: diferença de peso antes e após cocção, de acordo com Yotsuyanagi (2014).

Perda de peso por congelamento: metodologia adaptada de Lee et al. (2002).

Microestrutura: será feita com microscópio eletrônico de varredura (MEV).

Capacidade de retenção de água: será realizada segundo Lucherik et al. (2016).

Análise do perfil de textura (TPA): será realizada conforme a metodologia descrita por Sánchez-Zapata et al. (2010), utilizando o analisador de textura TAxT2i (Texture Technologies Corp., Scarsdale, NY). Todas as medidas serão realizadas em temperatura ambiente. Os parâmetros avaliados serão: coesividade, dureza, elasticidade, gomosidade, adesividade, mastigabilidade e resistência.

Composição centesimal: será avaliada segundo metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008). Serão determinadas as seguintes análises: umidade, proteína, cinzas e pH. A análise de lipídeos será realizada de acordo com a metodologia de BLIGH & DYER (1959). As análises serão realizadas em triplicata.

Estabilidade microbiológica: Para as formulações submetidas à análise sensorial, serão analisados estafilococos coagulase positiva e clostrídios sulfito-redutores de acordo IN N° 62. Também será avaliada a presença ou ausência de Salmonella pelo método rápido de pré-enriquecimento AOAC, 2003.09 (AOAC, 2005). As avaliações serão realizadas em duplicatas de processo (por tratamento).

Análise Sensorial

Para a 1ª etapa, serão selecionados os hidrocolóides com melhores resultados em relação a capacidade de retenção de água, rendimento e menor perda de peso por cozimento, além das propriedades de textura. Cada etapa será avaliada por métodos

sensoriais que incluirão testes Aceitação e o CATA (Check All That Apply). As análises serão realizadas no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Tecnologia de Alimentos da Faculdade de Engenharia de Alimentos da UNICAMP. Os provadores com idades entre 18 e 60 anos serão recrutados através de informativos dispostos na Faculdade de Engenharia de Alimentos da UNICAMP (anexo 4). Para os testes Aceitação e CATA (Check All That Apply), descritos abaixo, serão recrutados 120 provadores de idades entre 18 e 60 anos. Os provadores serão recrutados por meio de informativos (Anexo 4) distribuídos na Faculdade de Engenharia de Alimentos (FEA-UNICAMP).

Teste de aceitação: utilizando uma escala hedônica estruturada de nove pontos, com extremos variando de desgostei muitíssimo a gostei muitíssimo. Os atributos de cor, aroma, sabor, textura e impressão global serão avaliados por consumidores recrutados entre estudantes, funcionários e professores da Unicamp – Universidade Estadual de Campinas, com idades entre 18 e 60 anos (MEILGAARD, CIVILLE e CARR, 1999). As amostras serão apresentadas aos consumidores de forma monádica e a ordem de apresentação seguirá um delineamento balanceado conforme descrito por Macfie et al. (1989).

Teste CATA (Check-all-that-apply): de acordo com Ares et al. (2014) e Santos et al. (2015). Em seguida ao teste de aceitação, os consumidores marcarão as características presentes no produto de acordo com as questões CATA. Para isso, será oferecida uma lista, onde eles irão selecionar, sem restrição, todos os termos que considerarem apropriados para descrever cada uma das amostras em teste. Os termos utilizados para elaborar as questões CATA serão obtidos de estudos anteriores realizados com produtos cárneos reestruturados no Laboratório de Carnes, em vários estudos realizados e publicados.

Este protocolo de estudo será submetido ao Comitê de ética da Universidade Estadual de Campinas (SP, Brasil) para aprovação das condições do estudo. Todos os participantes irão assinar um termo de consentimento livre e esclarecido na qual concorda em participar voluntariamente das análises sensoriais. Os testes sensoriais serão realizados no sétimo dia da prateleira dos produtos após a realização de análises microbiológicas cujos resultados comprovem sua segurança. Os resultados do teste de aceitação serão avaliados por meio de análise de variância (ANOVA) ao nível de significância de 5 %, e a diferença entre as médias dos resultados será avaliada pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$), utilizando o programa estatístico Statistica, versão 8.0. No estudo das questões CATA, será realizada a análise de frequência das

menções para cada um dos termos utilizados para descrever as amostras e uma análise fatorial múltipla (MFA) com o objetivo de identificar as relações entre os termos sensoriais e a aceitação global dos produtos, conforme proposto Santos et al. (2015).

2ª ETAPA: Comparação dos efeitos da substituição de tripolifosfato de sódio por fosfatos de potássio ou hidrocolóides sobre a estabilidade físico-química de apresuntados com redução de sódio. Esta etapa tem por finalidade avaliar o comportamento tecnológico de fosfatos de potássio ou hidrocolóides escolhidos da 1ª etapa combinados de redução de sódio a partir do cloreto de sódio em apresuntado.

Delineamento Experimental

Nesta etapa serão avaliados 7 tratamentos (Tabela 3), sendo duas formulações controle (FC1: formulação com 2% de cloreto de sódio; FC2: formulação com redução de 50% de sal), 2 formulações contendo dois hidrocolóides escolhidos da etapa anterior e 3 formulações com fosfatos de potássio (tripolifosfato de potássio e pirofosfato de potássio).

Tabela 3. Delineamento experimental da 2ª. Etapa

Tratamentos NaCl TPF-Na TPF-K PirofosfatoK Carragena Colágeno FC1 2,0 0,5 - - -
-

FC2 1,0 0,5 - - - -

F1 1,0 - 0,5 - - -

F2 1,0 - 0,5 - -

F3 1,0 - 0,5 0,5 - -

F4 1,0 2,0

F5 1,0 0,5 -

NaCl: cloreto de sódio.

Os resultados serão analisados utilizando modelo linear generalizado (GLM) e as médias comparadas pelo teste de Tukey, considerando o nível de significância de 5% (p 0,05), através do software estatístico Statistica, versão 8.0 (StatSoft, Inc., Tulsa, OK).

Matérias-primas, ingredientes e aditivos

Na Tabela 4, é apresentada a relação de ingredientes e aditivos a serem utilizados nas formulações do produto cárneo reestruturado para etapa 2.

Tabela 4. Formulação do apresuntado Ingredientes %

Paleta suína 67,00

Gelo 30,50

Sal 1,50

Nitrito de sódio 0,015 Eritorbato de sódio 0,06 Condimento Califórnia 0,50
Tripolifosfato de sódio* 0,50 Total 100,00

*Formulação Controle.

A aquisição de matéria prima, ingredientes será de acordo com item 7.1.2. Os tripolifosfato de potássio e pirofosfato de potássio também serão adquiridos diretamente de seus fornecedores.

Processamento

De acordo com item 7.1.3.

Análises físico-químicas e microbiológicas

Medida de pH: conforme item "7.1.4.a".

Medidas de cor objetiva: conforme item “7.1.4.b”.

Atividade de água: conforme item “7.1.4.c”.

Estabilidade do batter: conforme item “7.1.4.d”.

Perda de peso por cozimento: conforme item “7.1.4.e”

Perda de peso por congelamento: conforme item “7.1.4.f”

Microestrutura: conforme item “7.1.4.g”

Capacidade de retenção de água: conforme item “7.1.4.h”

Análise do perfil de textura (TPA): conforme item “7.1.4.i”.

Composição centesimal: conforme item “7.1.4.j”

Determinação de sódio: será realizada segundo metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008).

Determinação de fosfato: realizada segundo método do Instituto Adolfo Lutz (2008).

Estabilidade microbiológica: conforme item “7.1.4.k”.

Análise Sensorial: conforme item “7.1.6”.

10. CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO DE PARTICIPANTES

O pesquisador responsável irá se comprometer em recrutar apenas provadores que não tenham restrições de qualquer ordem (como alergia ou intolerância alimentar, religiosa, etc) para o consumo de produtos cárneos com matéria prima suína, sal refinado e ingredientes que poderão fazer parte dos produtos, como eritorbato de sódio, tripolifosfato de sódio, nitrito de sódio, condimentos Califórnia (contém sal, açúcar, realçador de sabor glutamato monossódico, especiaria e aromatizante natural), os hidrocolóides hidroxipropilmetilcelulose, carboximetilcelulose, goma guar, goma xantana, quitosana, carragena e fibra de colágeno) e os fosfatos de potássio (tripolifosfato de potássio e pirofosfato de potássio).

12. CRITÉRIOS DE ENCERRAMENTO OU SUSPENSÃO DA PESQUISA

A análise sensorial dos produtos avaliados não será realizada caso a análise microbiológica esteja em desacordo com o especificado no item 5 da Resolução RDC 12 de 02 de janeiro de 2001 que regulamenta os Padrões Microbiológicos para Alimentos.

Equipe da pesquisa:

Orientadora: Profa. Dr^a. Marise Aparecida Rodrigues Pollônio Mestranda: Gisele Carvalho Magalhães

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Foram apresentadas a Folha de Rosto, assinada pelo Diretor Associad-Faculdade de Engenharia de Alimentos-Unicamp, o documento com Informações Básicas do projeto, o projeto detalhado e 2 Termos de Consentimento Livre e Esclarecido. Apresenta também o modelo de cartaz a ser afixado para recrutamento de participantes da pesquisa consumidores na UNICAMP para a análise sensorial de produtos cárneos reestruturados.

Recomendações:

Recomendação 1:

O endereço eletrônico atual do CEP-Unicamp é: "cep@unicamp.br" e não "cep@fcm.unicamp.br". Providenciar esta correção dos documentos colocados na Plataforma Brasil.

Resposta:

O endereço eletrônico foi modificado nos termos de consentimento livre e esclarecido.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Pendência 1:

Numerar as páginas dos Termos de Consentimento Livre e Esclarecido. Resposta:

As páginas dos Termos de Consentimento Livre e Esclarecido foram numeradas.

Pendência 2:

Reservar espaço nas páginas dos Termos de Consentimento Livre e Esclarecido para rubrica do(a) participante da pesquisa e da pesquisadora, exceto na última página na qual já está reservado espaço para assinatura de ambos.

Resposta:

Foi acrescentado espaço no fim da primeira página de cada termo de consentimento livre e esclarecido para rubrica do participante e pesquisador.

Pendência 3:

No cartaz a ser afixado na Unicamp, escrever:

Nome da pesquisadora responsável: Giseli Carvalho Magalhães Orientadora: ...

Resposta:

Foi adicionado no cartaz os itens "pesquisadora responsável" e "orientadora".

Pendência 4:

O título do Anexo 3 deve ser alterado para: "Modelo de cartaz para recrutamento dos(as) provedores adultos". "Modelo de cartaz a ser afixado para recrutamento dos(as) participantes da pesquisa..." Resposta:

O título do anexo 3 foi modificado para "Modelo de cartaz para recrutamento dos provedores adultos". Pendência 5:

O cronograma mostra que este projeto foi iniciado no primeiro semestre 2018 com Testes preliminares e Preparo e análises da Etapa 1. Solicita-se que a pesquisadora esclareça se a etapa referente ao envolvimento dos participantes da pesquisa já foi iniciada. Em caso negativo, providenciar readequação do cronograma nos documentos pertinentes.

Resposta:

Não será realizada análise sensorial para a Etapa 1. O item “7.1.5.” foi retirado do projeto. O cronograma foi readequado com nova descrição das etapas, com análise sensorial a ser realizada no 2º semestre de 2019.

Além das respostas às pendências a pesquisadora responsável informa que: " Foi adicionada uma nova etapa ao projeto denominada “Etapa 3”. Essa decisão foi tomada com o intuito de observar os efeitos de alguns hidrocolóides com resultados similares ao tripolifosfato de sódio na Etapa 1. Além disso, dois novos hidrocolóides que foram adquiridos também serão avaliados para observar seu potencial de retenção de água, rendimento e outras análises. A cor de fonte vermelha simboliza o texto adicionado ao documento intitulado “Projeto_CEP_Final”.

Considerações Finais a critério do CEP:

O participante da pesquisa deve receber uma via do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, na íntegra, por ele assinado (quando aplicável).

O participante da pesquisa tem a liberdade de recusar-se a participar ou de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, sem penalização alguma e sem prejuízo ao seu cuidado (quando aplicável).

O pesquisador deve desenvolver a pesquisa conforme delineada no protocolo aprovado. Se o pesquisador considerar a descontinuação do estudo, esta deve ser justificada e somente ser realizada após análise das razões da descontinuidade pelo CEP que o aprovou. O pesquisador deve aguardar o parecer do CEP quanto à descontinuação, exceto quando perceber risco ou dano não previsto ao participante ou quando constatar a superioridade de uma estratégia diagnóstica ou terapêutica

oferecida a um dos grupos da pesquisa, isto é, somente em caso de necessidade de ação imediata com intuito de proteger os participantes.

O CEP deve ser informado de todos os efeitos adversos ou fatos relevantes que alterem o curso normal do estudo. É papel do pesquisador assegurar medidas imediatas adequadas frente a evento adverso grave ocorrido (mesmo que tenha sido em outro centro) e enviar notificação ao CEP e à Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA – junto com seu posicionamento.

Eventuais modificações ou emendas ao protocolo devem ser apresentadas ao CEP de forma clara e sucinta, identificando a parte do protocolo a ser modificada e suas justificativas e aguardando a aprovação do CEP para continuidade da pesquisa. Em caso de projetos do Grupo I ou II apresentados anteriormente à ANVISA, o pesquisador ou patrocinador deve enviá-las também à mesma, junto com o parecer aprovatório do CEP, para serem juntadas ao protocolo inicial.

Relatórios parciais e final devem ser apresentados ao CEP, inicialmente seis meses após a data deste parecer de aprovação e ao término do estudo.

-Lembramos que segundo a Resolução 466/2012 , item XI.2 letra e, “cabe ao pesquisador apresentar dados solicitados pelo CEP ou pela CONEP a qualquer momento”.

-O pesquisador deve manter os dados da pesquisa em arquivo, físico ou digital, sob sua guarda e responsabilidade, por um período de 5 anos após o término da pesquisa.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1405027.pdf	08/10/2019 14:47:36		Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE_Pendencias.docx	08/10/2019 14:46:54	GISELI CARVALHO MAGALHAES	Aceito
Outros	Carta_Resposta.doc	08/10/2019 14:45:33	GISELI CARVALHO MAGALHAES	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_CEP_Final.docx	08/10/2019 14:44:04	GISELI CARVALHO MAGALHAES	Aceito
Outros	AtestadoMatricula.pdf	03/09/2019 10:49:43	GISELI CARVALHO MAGALHAES	Aceito
Projeto Detalhado /	Projeto_de_Pesquisa.docx	09/08/2019	GISELI CARVALHO	Aceito

Brochura Investigador		22:09:24	MAGALHAES	
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.docx	09/08/2019 21:44:46	GISELI CARVALHO MAGALHAES	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	Declaracao.pdf	09/08/2019 21:40:16	GISELI CARVALHO MAGALHAES	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_Rosto.pdf	09/08/2019 21:39:03	GISELI CARVALHO MAGALHAES	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

CAMPINAS, 16 de Outubro de 2019

 Assinado por:
Renata Maria dos Santos Celeghini (Coordenador(a))