

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM VIGILÂNCIA SANITÁRIA
INSTITUTO NACIONAL DE CONTROLE DE QUALIDADE EM SAÚDE
FUNDAÇÃO OSWALDO CRUZ

Marlon da Silva Amorim Gomes

**Substituição de sódio em produtos à base de carne de peixe e frutos do mar -
uma revisão sistemática dos efeitos microbiológicos, físico-químicos e
sensoriais**

Rio de Janeiro

2021

Marlon da Silva Amorim Gomes

Substituição de sódio em produtos à base de carne de peixe e frutos do mar - uma revisão sistemática dos efeitos microbiológicos, físico-químicos e sensoriais

Dissertação apresentada ao curso Mestrado Acadêmico do Programa de Pós-Graduação em Vigilância Sanitária, do Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde, da Fundação Oswaldo Cruz como requisito para obtenção do título de Mestre em Ciências.

Orientadores: Prof. Dr. Antônio Eugênio Castro Cardozo de Almeida; Prof. Dr. Carlos Adam Conte Junior.

Co-orientadoras: Dra. Lilian Seiko Kato; Dra. Anna Paula Azevedo de Carvalho.

Rio de Janeiro

2021

Catálogo na Fonte

Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde

Biblioteca

Gomes, Marlon da Silva Amorim

Substituição de sódio em produtos à base de carne de peixe e frutos do mar - uma revisão sistemática dos efeitos microbiológicos, físico-químicos e sensoriais. / Marlon da Silva Amorim Gomes. - Rio de Janeiro: INCQS/FIOCRUZ, 2021.

83 f. : il. ; fig. ; graf. ; tab.

Dissertação (Mestrado Acadêmico em Vigilância Sanitária) - Programa de Pós-Graduação em Vigilância Sanitária, Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde, Fundação Oswaldo Cruz, Rio de Janeiro, 2021.

Orientador: Antônio Eugênio Castro Cardozo de Almeida.

Co-orientador: Carlos Adam Conte Junior.

Bibliografia: Inclui Bibliografias.

1. Produtos de fruto do mar. 2. Substitutos de sódio. 3. Conservantes. 4. Redução de sódio. 5. Cloreto de potássio. I. Título.

Sodium substitution in fish and seafood meat products - a systematic review of microbiological, physicochemical and sensory effects.

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

"This study was financed in part by the Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Finance Code 001."

Marlon da Silva Amorim Gomes

Substituição de sódio em produtos à base de carne de peixe e frutos do mar - uma
revisão sistemática dos efeitos microbiológicos, físico-químicos e sensoriais

Dissertação apresentada ao curso Mestrado Acadêmico
do Programa de Pós-Graduação em Vigilância Sanitária,
do Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde,
da Fundação Oswaldo Cruz como requisito para obtenção
do título de Mestre em Ciências.

Aprovado em ___/___/___

BANCA EXAMINADORA

Dra. Silvia Maria dos Reis Lopes

Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde – Fiocruz

Dra. Carla Paulo Vieira

Instituto de Química – Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ

Dr. Adriano Aquino

Instituto de Química – Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ

ORIENTADORES

Dr. Antônio Eugênio Castro Cardoso de Almeida

Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde – Fiocruz

Dr. Carlos Adam Conte Junior

Instituto de Química – Universidade Federal do Rio de Janeiro – UFRJ.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu pai, José Gomes, e à minha mãe, Miralda Amorim, por todo o carinho, incentivo e apoio incondicional durante toda a minha jornada; nada que eu faça irá recompensar todo o tempo, dinheiro e dedicação investidos em mim. Agradeço a todos que me ajudaram e me ensinaram durante o Mestrado. Grande apreço e reconhecimento tenho agora e levarei por toda a minha vida pelos amigos e amizades que fiz durante o Mestrado. Agradeço a todos os professores, que me proporcionaram conhecimento, que me ensinaram e me fizeram aprender. A palavra mestre nunca fará justiça aos professores dedicados, aos quais sem nominar terão os meus agradecimentos eternos. Gostaria de honrar também minha professora da graduação Tania Muzy que sempre me incentivou e me ajudou para que eu prosseguisse com a minha jornada. Agradeço ainda às minhas coorientadoras Lilian Seiko Kato e Anna Paula Azevedo de Carvalho e também aos meus orientadores Carlos Adam Conte Junior e Antônio Eugênio Castro Cardozo de Almeida que foram essenciais para que esta etapa fosse realizada; sem a ajuda dos mesmos esta etapa teria sido muito mais penosa e sofrida.

RESUMO

O sal (cloreto de sódio – NaCl) é considerado um nutriente essencial, amplamente utilizado como aditivo alimentar. Contudo, seu consumo excessivo é um fator de risco, ocasionando muitos problemas de saúde. A substituição parcial do sódio, bem como os efeitos da substituição na qualidade da carne de peixe processada, vêm sendo estudados pelos pesquisadores com o intuito de reduzir o alto consumo. O presente trabalho objetivou investigar de que maneira a substituição total ou parcial de sódio por outros sais alternativos pode afetar os atributos microbiológicos, sensoriais, instrumentais e físico-químicos de produtos processados à base de carne de peixe e frutos do mar, além de identificar quais substitutos são mais utilizados e podem ser mais efetivos na realização deste processo. Para tanto, foi realizada uma revisão sistemática, com um total de 23 artigos considerados pertinentes ao tema compilados de quatro bases de busca distintas. O KCl foi o sal mais estudado para realizar a substituição de sódio entre todos os artigos analisados, principalmente quanto aos parâmetros microbiológicos, físico-químicos e sensoriais. A eficácia da substituição do NaCl por outros sais está intimamente relacionada às características particulares de cada produto de carne de peixe e frutos do mar. No entanto, nenhum estudo analisou todos os parâmetros em cada tipo de produto de pescado, o que torna difícil inferir a eficiência da substituição de sódio. Apesar da proeminência do uso de uma relação de substituição de 50% de KCl, todos os produtos de carne de peixe e frutos do mar foram afetados em algum parâmetro de qualidade, mesmo com a combinação ou aplicação de outros sais substitutos. Fatores essenciais, como a oxidação lipídica e a formação de aminas biogênicas, também precisam ser investigados. Poucos estudos analisaram a composição centesimal, embora peixes e frutos do mar tenham alto teor de proteínas e lipídios essenciais. Novas tecnologias, como microesferas de sal de sódio, parecem ser uma alternativa potencial ao processamento de carne de peixe e frutos do mar com redução de sódio.

Palavras-chave: Produtos de fruto do mar. Substitutos de sódio. Conservantes. Cloreto de potássio. Redução de sódio. Peixes curados.

ABSTRACT

Salt (sodium chloride - NaCl) is considered an essential nutrient, widely used as a food additive. However, its excessive consumption is a risk factor, causing many health problems. Researchers have studied the partial replacement of sodium and the effects of substitution on processed fish meat quality to reduce high sodium consumption. The present study aimed to investigate how the total or partial replacement of sodium by other alternative salts can affect the microbiological, sensory, instrumental and physicochemical attributes of products processed from fish meat and seafood, in addition to identifying which one's Substitutes are more used and can be more effective in carrying out this process. To this end, a systematic review was carried out, with a total of 23 articles considered relevant to the theme, compiled from four different search bases. KCl was the most studied salt to perform sodium substitution among all the analyzed articles, mainly regarding the microbiological, physical-chemical and sensory parameters. The effectiveness of replacing NaCl with other salts is closely related to each fish meat and seafood product's particular characteristics. However, no study has analyzed all parameters in each type of fish and seafood products, making it difficult to infer the efficiency of sodium substitution. Despite the prominence of using a 50% KCl substitution ratio, all fish meat and seafood products were affected by some quality parameters, even with the combination or application of other substitute salts. Essential factors, such as lipid oxidation and the formation of biogenic amines, also need to be investigated. Few studies have analyzed the proximate composition, although fish and seafood have a high content of essential proteins and lipids. New technologies, such as sodium salt microspheres, appear to be a potential alternative to processing sodium-reduced fish meat and seafood products.

Keywords: Seafood products. Salt substitutes. Preservative. Potassium chloride. Sodium reduction. Cured fish.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro 1 - Questão focal de acordo com a estratégia do PICO.....	41
Figura 1 - Fluxo de etapas do PRISMA seguido durante a seleção dos estudos.....	45
Gráfico 1 - Atributos analisados pelos artigos da Revisão Sistemática.....	45

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Efeito da substituição de NaCl por sais de potássio nos parâmetros microbiológicos de produtos à base de carne de peixe e frutos do mar durante o armazenamento em comparação com a amostra controle (apenas NaCl).....	47
Tabela 2 - Efeito da substituição de sódio nos atributos sensoriais relativos ao controle (apenas NaCl) em vários produtos de pescado.....	49
Tabela 3 - Efeito da substituição de sódio nos perfis instrumentais de cor e textura de produtos de pesca em comparação com o controle (apenas NaCl).....	54
Tabela 4 - pH e a_w dos tratamentos de controle (apenas NaCl) e dos tratamentos de substituição de sódio mais eficazes em produtos à base de carne de peixe e frutos do mar.....	61
Tabela 5 - O efeito da substituição de sódio na composição centesimal de produtos de pesca em comparação com a amostra de controle (apenas NaCl).....	68

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

AMSA	American Meat Science Association
Anvisa	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
AOAC	Association of Official Analytical Chemists
a_w	Atividade de água
ECDC	European Centre for Disease Prevention and Control
INCQS	Instituto Nacional de Controle de Qualidade em Saúde
FAO	Food Agriculture Organization
FFC	Fish Fried Cake
MPA	Ministério da Pesca e Aquicultura
MH	Microrganismos Heterotróficos
MS	Ministério da Saúde
MAP	Modified Atmosphere Package
MP	Myofibrillar Proteins
MTG	Microbial Transglutaminase
NMP	Número Mais Provável
PA	Análise de Penalidades
PRISMA statement	Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analyses
RIISPOA Animal	Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal
StArt	State of the Art através da Systematic Review
SRFFC	Sodium Reduced Fish Fried Cake
UFC	Unidades Formadoras de Colônias
WHO	World Health Organization

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	14
1.1	Apresentação do tema e do problema.....	14
1.2	Levantamento e potencial da pesca marítima e da aquicultura mundial e brasileira.....	16
1.3	Produtos curados e/ou processados à base de carne de peixe.....	19
1.4	Função do sódio na elaboração dos produtos à base de carne de peixe e frutos do mar.....	23
1.5	Cloreto de sódio e possíveis substitutos.....	24
1.6	Análises bacteriológicas.....	27
1.7	Análises sensoriais.....	31
1.7.1	Teste de aceitação.....	31
1.7.2	Intenção de consumo e compra.....	32
1.7.3	Just-About-Right.....	32
1.7.4	Análise de penalidades.....	33
1.8	Análises instrumentais.....	33
1.8.1	Análise do perfil de cor.....	33
1.8.2	Análise do perfil de textura	35
1.9	Análises físico-químicas.....	36
1.9.1	Composição centesimal.....	36
1.9.2	pH.....	36
1.9.3	Atividade de água.....	37
1.10	Justificativa.....	37
2	OBJETIVOS.....	39
2.1	Objetivo geral.....	39
2.2	Objetivos específicos.....	39
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	40
3.1	Métodos.....	40
3.2	Questão focal.....	40
3.3	Estratégias de busca.....	41
3.4	Critérios de elegibilidade.....	42
3.5	Avaliação do risco de viés.....	42
3.6	Processo de extração de dados.....	42

4 RESULTADOS.....	44
4.1 Controle microbiano.....	46
4.2 Avaliação da qualidade sensorial.....	48
4.3 Perfil de cor e textura.....	53
4.4 pH e atividade de água (a_w).....	60
4.5 Composição centesimal.....	67
5 CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS.....	68
REFERÊNCIAS.....	71

1 INTRODUÇÃO

1.1 Apresentação do tema e do problema

O sal (NaCl) é um composto inorgânico essencial para a manutenção da vida e da saúde, capaz de conferir várias propriedades aos alimentos, podendo influenciar significativamente a cor, sabor, textura, capacidade de retenção de água, propriedades de ligação de gordura, vida útil e segurança microbiológica do alimento (FOULADKHAH; BERLIN; BRUNTZ, 2015). Contudo, o consumo de NaCl em quantidades superiores às recomendadas pela Organização Mundial de Saúde - OMS (5 g/dia de NaCl, 2 g/dia de sódio para adultos) está relacionado a diversos problemas de saúde como hipertensão, doenças cardiovasculares, câncer gástrico, obesidade, bem como a morte de aproximadamente 2,5 milhões de pessoas por ano em todo o mundo (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2013). A maior parte do sal consumido nas dietas hoje vem de alimentos processados, apesar dos produtos de pescado e frutos do mar não se enquadrarem como uma das principais fontes de sódio na dieta, existem alguns produtos de peixe e frutos do mar economicamente relevantes como, por exemplo, Matjes nordische Art e salmão defumado, que podem conter altos níveis de sódio (NITIPONG; KAMONWAN; TEERAPORN, 2020).

Em 2017, o consumo de peixe foi responsável por cerca de 17% da ingestão de proteínas animais a nível mundial e 7% de todas as proteínas consumidas. Os peixes fornecem a mais de 3,3 bilhões de pessoas 20% de sua ingestão média per capita de proteínas animais, globalmente. Em 2018, a aquicultura foi responsável por 46% da produção total de pescado e 52% do pescado para consumo humano permanecerá relevante com o tempo; contudo a aquicultura já demonstrou e continua demons(FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, 2020). A pesca de captura trando o seu papel crucial na segurança alimentar global, com sua produção crescendo 7,5% ao ano desde 1970. A aquicultura apresenta um grande potencial de crescimento, mas também são grandes os desafios ambientais que o setor deverá enfrentar; à medida que a produção se intensifica, exige-se o desenvolvimento de novas estratégias para uma aquicultura sustentável. Será interessante que estas estratégias avancem em conjunto com os desenvolvimentos técnicos em, por exemplo, alimentos, seleção genética, biossegurança, controle de doenças e inovação digital, com desenvolvimento de negócios em investimento e comércio (FOOD AND

AGRICULTURE ORGANIZATION, 2020).

A principal forma de comercialização de peixes é no formato de filés. Desta maneira, inovar/diversificar os produtos, bem como agregar valor em filés transformando-os em produtos com curto tempo de preparo e/ou prontos para consumo são ações de fundamental relevância para eliminar as barreiras sobre o consumo e inclusão do peixe na dieta (MONTEIRO et al., 2015).

O peixe, no que diz respeito às propriedades nutricionais, é uma matriz que apresenta alta digestibilidade, elevado teor de proteínas de alto valor biológico, vitaminas, minerais e ácidos graxos essenciais, que são benéficos à saúde (MARQUES, ; DA COSTA, ; TABAI, 2012; RODRIGUES et al., 2017). Porém, devido à sua composição nutricional e características intrínsecas, o pescado consiste em uma matriz alimentar altamente perecível, o que pode resultar em uma rápida multiplicação de microrganismos e na formação de compostos prejudiciais que podem comprometer a qualidade dos alimentos.

Neste contexto, o estudo de tecnologias de conservação tem aumentado, consideravelmente, visando o fornecimento de alimentos seguros, saudáveis e com maior validade comercial para os consumidores, conseqüentemente, garantindo à população produtos com boa qualidade higiênico-sanitária (BOTTINO et al., 2017; GERMANO; GERMANO; 2015). É importante salientar que, no contexto da vigilância sanitária, a segurança dos alimentos visa à promoção da saúde e à prevenção de riscos, tendo por base os alimentos consumidos no dia a dia (MARINS; TANCREDI; GEMAL, 2014). Desta forma, o sal (NaCl) é adicionado durante o processamento de peixes e frutos do mar para melhorar a textura, o sabor, a segurança microbiológica e outros atributos (TAHERGORABI et al., 2012). No entanto, níveis elevados de NaCl estão na direção contrária às tendências atuais da saúde e recomendações da OMS, que visam a redução do teor de sódio dos alimentos processados, adaptando-os às demandas de saúde pública (RIZO et al., 2017). Assim, a Organização Mundial da Saúde tem incentivado o uso de estratégias para reduzir o teor de sódio nos alimentos, diminuindo o conteúdo de NaCl adicionado diretamente aos alimentos ou substituindo o sódio por outros sais e misturas de sais. A principal estratégia utilizada para promover a redução do teor de sódio nos alimentos é a substituição parcial do NaCl por outros sais, como Cloreto de Potássio (KCl), Cloreto de Magnésio (MgCl₂), Cloreto de Cálcio (CaCl₂), Lactato de Potássio – (K-Lactato) e outros (RIZO et al., 2018).

Nesse sentido, a importância deste trabalho se verifica devido à existência de um reduzido número de estudos e artigos encontrados que analisaram se a substituição total ou parcial de NaCl por sais alternativos e/ou combinações de sais afeta os atributos microbiológicos, sensoriais, instrumentais e físico-químicos em produtos processados à base de carne de peixe e frutos do mar, como também, pela quantidade limitada de informações relativas às vantagens e desvantagens de cada sal, alternativas potenciais de substituição e a necessidade urgente de redução do sódio na dieta da população e pela ausência de uma revisão sistemática relativa a esse tema.

1.2 Levantamento e potencial da pesca marítima e da aquicultura mundial e brasileira

A pesca de captura marinha apresentou um crescimento de 81,2 milhões de toneladas em 2017 para 84,4 milhões de toneladas em 2018. O total de capturas marinhas tem se mantido relativamente estável desde meados dos anos 2000, oscilando entre 78 milhões de toneladas e 81 milhões de toneladas por ano, seguindo o declínio do pico das capturas do final da década de 1990. A China foi responsável por 15 % do total mundial em 2018 sendo o maior produtor através da pesca extrativista, seguida pelo Peru (8 %), Indonésia (8 %), Federação Russa (6 %), Estados Unidos da América (6 %), Índia (4 %) e Vietnã (4 %) (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, 2020).

O banco de dados da captura marinha global da Food and Agriculture Organization - FAO envolve a captura de mais de 1.700 espécies, das quais finfish representam cerca de 85 % da produção total de captura marinha, com pequenos pelágicos como o grupo principal, seguidos por gadiformes, atum e espécies semelhantes ao atum (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, 2020). Observando os dados da FAO é possível notar que, apesar de apresentar uma grande extensão costeira, o Brasil não é um grande produtor de pescado de origem marítima, o que evidencia uma certa falta de investimento no setor, como também um grande potencial de crescimento.

De acordo com as últimas estatísticas mundiais sobre aquicultura compiladas pela FAO, a produção mundial da aquicultura atingiu recorde histórico de 114,5 milhões de toneladas de peso vivo em 2018, com um valor total de venda de

263,6 bilhões de dólares. A criação de animais aquáticos em 2018 foi dominada por peixes (54,3 milhões de toneladas, 139,7 bilhões de dólares), colhidos na aquicultura interior (47 milhões de toneladas, 104,3 bilhões de dólares), bem como na aquicultura marinha e costeira (7,3 milhões de toneladas, 35,4 bilhões de dólares). Posteriormente aos peixes foram capturados moluscos (17,7 milhões de toneladas, 34,6 bilhões de dólares) - principalmente bivalves -, crustáceos (9,4 milhões de toneladas, 69,3 bilhões de dólares), invertebrados marinhos (435.400 toneladas, 2 bilhões de dólares), tartarugas aquáticas (370.000 toneladas, 3,5 bilhões de dólares) e rãs (131.300 toneladas, 997 milhões de dólares) (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, 2020). Segundo o boletim estatístico da pesca e aquicultura da FAO (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, 2018), a produção mundial de pescado (o termo "Pescado" indica peixes, crustáceos, moluscos e outros animais aquáticos, mas exclui mamíferos aquáticos, répteis, algas e outras plantas) provenientes tanto da pesca extrativista (representando 53 %) quanto da aquicultura (representando 47 %) atingiu aproximadamente 171 milhões de toneladas em 2016. O comércio pesqueiro movimentou, em 2016, 362 bilhões de dólares, dos quais 232 bilhões derivam da produção aquícola.

A aquicultura mundial tem crescido, consideravelmente, ao longo dos anos e um crescimento adicional é esperado nos próximos anos, devido ao crescimento populacional e o conseqüente aumento na demanda por produtos de carne de peixe (BORGES, 2013). A produção da aquicultura mundial, em que se inclui a piscicultura, expandiu de apenas um milhão de toneladas nos anos 1950, para 80 milhões de toneladas no ano de 2016, constituindo-se no setor de mais rápido crescimento em comparação aos outros setores da produção de alimentos (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, 2018).

A pesca extrativista no mundo apresenta uma produção, relativamente, estática desde o final dos anos 80, enquanto a produção aquícola tem sido a responsável pelo crescimento contínuo na oferta de peixes para o consumo. Da produção aquícola de pescado compreendendo 80 milhões de toneladas, 54,1 milhões de toneladas são de peixes. Entre 1961 e 2016, o aumento médio anual do consumo global de pescado (3,2 %) ultrapassou o crescimento populacional (1,6 %) e excedeu o aumento do consumo médio da carne de todos animais terrestres combinados (2,8 %), o que evidencia o grande potencial de crescimento dessa matriz (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, 2018). Em relação a aquicultura os maiores

produtores em 2016 foram a China, a Índia, a Indonésia, Vietnam, Bangladesh, Egito e Noruega. O Brasil contribuiu com aproximadamente 600 mil toneladas em 2016, representando 0,75 % da produção mundial de pescado aquícola (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, 2018).

É possível, atualmente, recolher dados sobre a aquicultura através do Anuário Brasileiro da Piscicultura que em sua edição 2020 informa que a tilápia mantém-se na liderança entre as espécies mais produzidas no país. Os peixes nativos enfrentaram muitas dificuldades em 2019 e a produção ficou estável. As demais espécies (Carpas, Truta, Panga, etc) avançaram quase 9 %. Além disso, o Brasil produziu 758.006 toneladas de peixe de cultivo em 2019 com um crescimento de 4,9 % com a tilápia liderando o crescimento da produção (31 %), apesar do reduzido desenvolvimento econômico do ano. O Paraná é a principal região produtora do país com 154.200 toneladas produzidas em 2019 e o Sul do Brasil é a região que mais cresce e investe na aquicultura atualmente, com um crescimento de 15,51 % em 2019. A edição 2019 informa que o Brasil produziu 722.560 toneladas de peixes de cultivo em 2018 contra 691.700 toneladas no ano de 2017 com um crescimento de 4,5 % em relação ao ano anterior. Em 2016 a produção foi de 640.510 toneladas contra 638.000 toneladas em 2015 e 578.800 toneladas em 2014 (PEIXE BR, 2019, 2020). Problemas sanitários e estruturais, como o processamento e comercialização, como também, dificuldades para obtenção de licenciamento ambiental, foram responsáveis pela estabilidade na produção de peixes nativos em 2019, segundo a Associação Brasileira da Piscicultura (Peixe BR). Levantamento da entidade identificou aumento de apenas 20 toneladas na produção, atingindo 287.930 toneladas (PEIXE BR, 2020).

Os dados expostos acima e, principalmente, pelo boletim estatístico da pesca e aquicultura da FAO mostram o grande e contínuo avanço da aquicultura, que representa atualmente o mais importante veículo de crescimento para a produção mundial de pescado. A importância desta atividade para o futuro do setor pesqueiro mundial é ressaltada no momento em que se compreende que a pesca extrativista praticamente já atingiu seu limite máximo de exploração sustentável e se encontra estagnada. A aquicultura continua a crescer mais rapidamente que outros principais setores de produção de alimentos, no entanto, já não desfruta das altas taxas de crescimento anual das décadas de 1980 e 1990 (11,3-10,0%, excluindo plantas aquáticas). O crescimento anual médio da aquicultura diminuiu para 5,8% durante o período 2000-2016, embora o crescimento de dois dígitos ainda ocorra em um

pequeno número de países individualmente, particularmente na África de 2006 a 2010 (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION, 2018).

1.3 Produtos curados e/ou processados à base de carne de peixe

Segundo a Instrução Normativa nº 1, de 15 de janeiro de 2019, peixe salgado e o peixe salgado seco são peixes curados, que podem ser obtidos do peixe fresco, congelado, resfriado ou descongelado, provenientes de espécies de peixes oriundas da pesca ou da aquicultura, elaborados com peixes que devem ser limpos, eviscerados, com ou sem cabeça, nadadeiras ou escamas, com ou sem pele e tratado pelo sal (NaCl), com ou sem aditivos. O tratamento de cura pode ser efetuado por meio da salga úmida, seca ou mista. Além disso, é permitida a injeção direta de salmoura como etapa do processo de salga. O peixe salgado é definido como aquele tratado pelo sal com umidade mínima de 53 % e máxima de 58 %. Já o peixe salgado e seco é aquele tratado pelo sal e posterior secagem por evaporação natural ou artificial, com umidade mínima de 52,9 %. O sal pode ser portador de bactérias halófilas que produzem pigmentos amarelos e vermelhos nos produtos salgados; dessa forma, recomenda-se o uso de sal higienizado (BRASIL, 2019).

Dentre os métodos de salga, tem-se a salga seca, que consiste no empilhamento dos peixes sobre estrados ou dentro de caixas ou tanques perfurados, normalmente eviscerados e cortados, intercalados com camadas de sal, permitindo-se a drenagem contínua da salmoura que se forma; é realizada por difusão através da entrada de sal e saída de solutos (GONÇALVES, 2006; HORNER, 1997). A difusão de sal no músculo do peixe é afetada por vários fatores, por exemplo, pelo conteúdo de lipídios na carne e pela razão entre a área de superfície do filé e a espessura do filé (GALLART-JORNET et al., 2007).

Outro método de salga é a salmoura, que consiste na preparação de uma salmoura saturada (água + sal) ou com concentração previamente definida, em regra 100 L de salmoura para 100 kg de peixe. O sal deve ser agitado em água até se dissolver completamente. Após a salmoura pronta adiciona-se o pescado completamente mergulhado, por 1 a 4 dias (MARTÍNEZ-ALVAREZ; GÓMEZ-GUILLÉN, 2013)

A salga mista consiste no empilhamento do pescado em camadas alternadas de sal dentro de tinas ou tanques, sendo o sal distribuído como descrito na salga seca.

A parte líquida que é liberada do peixe, devido a penetração do sal, faz o peixe ficar submerso. Em alguns casos, posteriormente é adicionada salmoura ou sal durante o processo. Além da salga mista, salmoura e salga seca existem a salga por impregnação sob vácuo e por injeção (GONÇALVES, 2006; HORNER, 1997). O peixe salgado e salgado e seco devem possuir um teor de cloreto de sódio de no mínimo 12 %, além disso, devem respeitar o limite de 100 ppm de histamina (BRASIL, 2019).

Outro tipo de produto processado à base de carne de pescado é o peixe defumado. A vida de prateleira dos produtos é prolongada através da absorção de sal, desidratação e absorção de fumaça pelo qual o pescado passa nas diferentes fases do processo de defumação (RIZO et al., 2018). Os peixes são submetidos à ação direta ou indireta da fumaça durante a combustão incompleta de determinadas madeiras que podem ser utilizadas como combustível. A defumação é um dos métodos de conservação mais antigos e que proporciona uma nova alternativa de sabor, cor, aroma e textura para o pescado. A perda d'água e ação dos compostos presentes na fumaça conferem ao pescado propriedades físicas e químicas contra a penetração e atividade de microrganismos. Esta proteção se deve à desidratação na superfície do produto, coagulação proteica e à camada de resinas formada por condensação. Defumar os alimentos melhora as características sensoriais dos mesmos, reduz a atividade de água e a carga microbiana, graças ao calor e à presença de substâncias aromáticas e bactericidas nas madeiras (CHAKROBORTY; CHAKRABORTY, 2017; KAFEELAH et al., 2015). O processo de defumação necessita de 3 fases distintas: salmouragem, secagem e defumação. Existem dois tipos de defumação: quente e fria. Durante a defumação não se deve utilizar madeiras resinosas, como angelim, ipê e peroba, pois conferem sabor desagradável ao produto. As madeiras mais utilizadas para a produção de fumaça são carvalho, elmo, bétula, mogno, noqueira, olmeiro, roble, freixo, zimbre, faia, pessegueiro, laranjeira, eucalipto, pecan, cerejeira e amieiro. Os produtos que sofrem defumação a quente têm pequena duração, mas não precisam de cocção para serem consumidos; já os que sofrem defumação a frio têm grande duração, no entanto precisam de cocção para serem consumidos (GONÇALVES, 2006). A defumação a frio pode ser feita por fumaça líquida ou em pó ou com queima abaixo de 40 °C em maior tempo. A fumaça líquida é um extrato que pode ser obtido a partir da fumaça derivada de qualquer metodologia para geração de fumaça (condensação da fumaça em água). Das fumaças líquidas são eliminados o alcatrão e os hidrocarbonetos policíclicos aromáticos, reduzindo os

problemas associados ao método tradicional (câncer). A fumaça líquida pode ser aplicada diretamente na salmoura ou aplicada na superfície do pescado após a salga. Os compostos fenólicos, carbonílicos e ácidos são responsáveis pelas características desejáveis dos produtos defumados, cor, aroma, sabor, maior prazo de validade e estabilidade. A conservação do produto defumado depende do frescor da matéria prima e da quantidade de gordura. O pescado pequeno é apenas descamado, descabeçado e eviscerado, já o grande é eviscerado, descabeçado e espalmado para uma defumação mais uniforme (GONÇALVES, 2006).

Milhares de produtos de peixe fermentado são consumidos por seu sabor único, textura e longa vida de prateleira, sendo populares em todo o mundo em países como Japão, Togo e Gana, Egito, Tailândia, Índia e Coreia. A fermentação é uma técnica tradicional de conservação dos alimentos que é amplamente utilizada para melhorar a segurança dos alimentos, destruir fatores indesejáveis, como o crescimento de microrganismos indesejáveis no alimento, aumentar o prazo de validade, melhorar os atributos sensoriais, nutricionais, funcionais e reduzir a energia necessária para cozinhar. Peixes fermentados são produzidos e consumidos em diferentes partes do mundo e são parte integrante de muitas culturas alimentares. Além disso, peixes fermentados são uma fonte de microrganismos interessantes nutricionalmente e uma indústria importante em muitos países (MAJUMDAR et al., 2016; ZANG et al., 2020). Os produtos fermentados são preparados através da salga da matéria-prima seguida da fermentação do produto salgado. Entende-se por fermentação a transformação/mudanças bioquímicas de substâncias orgânicas em compostos mais simples como peptídeos, aminoácidos, outros compostos nitrogenados e ácidos graxos, seja pela ação de micro-organismos ou de enzimas localizadas no próprio tecido da matéria-prima (fermentação espontânea) ou culturas starters sob condições controladas. Essas alterações incluem acidificação (catabolismo de carboidratos), gelificação das proteínas miofibrilares e sarcoplasmáticas do músculo e a degradação de proteínas e lipídios. Em muitos casos, a acidificação também produz algumas substâncias antimicrobianas, o que resulta na redução do risco de contaminação e no prolongamento do prazo de validade (ZANG et al., 2018, 2020). A salga reduz a umidade e, conseqüentemente, a atividade de água (a_w), o que contribui para a seleção da população bacteriana de interesse durante a fermentação, além de eliminar microrganismos deteriorantes. Durante a fermentação do pescado, microrganismos de vários tipos e enzimas endógenas hidrolisam as proteínas

musculares, causando alteração de textura, aparência, aroma e sabor do produto. A fermentação proporciona benefícios como um produto mais estável, uma redução de volume do produto, e em alguns casos um maior valor nutricional, digestibilidade, melhora da aparência e do sabor. Existem vários tipos de produtos fermentados: aqueles cuja a forma natural é preservada; aqueles nos quais o pescado é macerado até se obter uma pasta; produtos nos quais o pescado é completamente hidrolisado até a forma líquida (molho de pescado); por exemplo, o nampla onde a fermentação dura meses e as enzimas do processo fermentativo se originam do sistema digestório do peixe e das bactérias presentes, naturalmente, no peixe e no sal. Outros produtos fermentados: aliche, anchovas, nampla, Bagoong, Nhoc-man e surstromming (GONÇALVES, 2006).

Produtos reestruturados são produtos moldados em vários formatos que derivam de resíduos e sobras comestíveis de pescado, sob um rigoroso controle de qualidade na sua industrialização (GONÇALVES, 2006). Produtos de frutos do mar reestruturados são alimentos feitos a partir de músculo picado e/ou carne moída, que são utilizados com ou sem ingredientes ou aditivos adicionais, para elaboração de outros produtos que possuam uma nova aparência, textura ou ambos (MORENO et al., 2016). Os reestruturados abrangem produtos como glaze, condimentados, marinados, empanados, embutidos e reestruturados na forma de medalhão. Os produtos podem ser reestruturados com “microbial transglutaminase” (MTG) ou alginatos. A transglutaminase atua como coadjuvante de tecnologia e catalisa as reações de ligação cruzada entre moléculas de proteínas. As ligações formadas são covalentes, bastante estáveis, ocorrendo entre os aminoácidos glutamina e lisina. Essa reestruturação permite um melhoramento das propriedades físicas do alimento e o uso de subprodutos e aparas de peixe, permitindo o aproveitamento integral do alimento. A transglutaminase é obtida por fermentação e atualmente é usada com sucesso na reestruturação de alimentos provenientes de diversas matrizes. O tratamento favorece ainda o aroma, sabor, aparência e textura do alimento. Outro processo de reestruturação é através do uso de aditivos alimentares com propriedades gelificantes como o alginato de sódio em presença de íons de cálcio; mesmo processo utilizado na esferificação da gastronomia molecular (GONÇALVES, 2006).

Segundo o Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal (RIISPOA), embutido cárneo é um produto elaborado com carne ou

órgãos comestíveis curados ou não, condimentado, cozido ou não, defumado e dessecado ou não, tendo como envoltório tripa natural ou artificial (BRASIL, 2017). Exemplos: linguiças, salsichas, patês (cremoso e pastoso), mortadelas, presuntos e outros. No Brasil não existe legislação para Carne Mecanicamente Separada (CMS) de pescado. Alguns produtos com CMS de pescado são: linguiça de pescado, salsicha de pescado e patê cremoso e pastoso de pescado.

1.4 Função do sódio na elaboração dos produtos à base de carne de peixe e frutos do mar

A exposição ao NaCl causa choque osmótico nos microrganismos presentes na carne, o que resulta na perda de água da célula, causando morte celular microbiana ou retardando seu crescimento (DAVIDSON; TAYLOR; SCHMIDT, 2014; VIDAL et al., 2020). Além disso, o NaCl retém as moléculas de água com uma consequente diminuição da a_w abaixo das condições ideais de crescimento da maioria dos microrganismos patogênicos e deteriorantes, o que suprime amplamente o crescimento microbiano (MUTZ, ROSARIO, PASCHOALIN, CONTE-JUNIOR, 2020; YOTSUYANAGI et al., 2016). A carne contém naturalmente sódio em quantidades inferiores a 100 mg por 100 g. Assim, a maior parte do sódio na carne processada vem do sal adicionado durante a fabricação (CANTO et al., 2014; COXSON et al., 2013). Contudo, a redução do sódio pode comprometer a segurança da carne processada, permitindo o crescimento e a sobrevivência de organismos patogênicos, como *Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus*, *Clostridium botulinum*, *Escherichia coli*, *Salmonella*, entre outros (HENNEY; TAYLOR; BOON, 2010).

Além de sua ação antimicrobiana, o sal ajuda a unir as proteínas da carne processada, melhora a textura e a maciez por gelatinização e libera proteínas musculares. Entretanto, abaixo de um nível crítico de 1,6% de sal, os limites de solubilização são atingidos e problemas de gerenciamento de textura e umidade começam a ocorrer. À medida que o conteúdo de NaCl diminui, a perda de umidade aumenta com o cozimento, levando à dureza da carne e inaceitabilidade para os consumidores. A perda de umidade também é um fenômeno dependente do pH. Se o pH aumenta, também ocorre um aumento na capacidade de retenção de água (TAYLOR; DOYLE; WEBB, 2018).

A salga é uma das técnicas mais antigas de conservação do pescado, sendo uma das formas de reduzir a a_w da carne dos peixes. A preservação do peixe com sal em combinação com a secagem é conhecida há milhares de anos e é um método simples que prolonga a sua vida útil (JESAYANTA; PRAKASH; JAMILA, 2016). O sal de cozinha é essencial durante o processamento da carne por induzir mudanças estruturais por meio de interações eletrostáticas entre as proteínas musculares e os íons sódio e cloreto; estes causam turgidez das miofibrilas, despolimerização dos miofilamentos e dissociação do complexo da actomiosina. As concentrações reduzidas de sal também levam a diminuições na quantidade de proteínas miofibrilares extraídas e solubilizadas, afetando a funcionalidade de todo o sistema cárneo. Entretanto, a adição de sais de cloreto de cálcio, magnésio ou potássio às massas de carne na presença de NaCl contribui para promover a extração e solubilidade das proteínas, a estabilidade da emulsão e favorece a gelificação ordenada das proteínas (MARCHETTI et al., 2015).

A qualidade do peixe defumado e o seu prazo de validade são afetados pela matéria-prima (CARDINAL et al., 1997; RØRÅ et al., 1998), método de salga, concentração de salmoura (ALCICEK; ATAR, 2010; GOULAS; KONTOMINAS, 2005; SIGURGISLADOTTIR et al., 2000), condições de processamento (DUFFES, 1999), composição da fumaça (KENNETH, 2001; STOŁYHWO; SIKORSKI, 2005), método de defumação (CARDINAL et al., 2006), agentes de fumaça (SISKOS et al., 2007) e condições de armazenamento.

Produtos cárneos emulsionados como a mortadela necessitam de concentrações específicas de NaCl nas formulações originais para promover a extração de proteínas miofibrilares, especialmente o complexo de actomiosina, que são solúveis apenas em soluções de elevada força iônica (TOTOSAUS; PÉREZ-CHABELA, 2009). As proteínas miofibrilares extraídas no processo de cominuição na presença de NaCl são responsáveis pela capacidade de retenção de água, emulsificação, propriedades de ligação de gordura na massa e formação de géis estáveis na fase de cozimento (DESMOND, 2006).

1.5 Cloreto de sódio e possíveis substitutos

O sal teve papel central na economia de diversas regiões, onde toda a população dependia, direta ou indiretamente, desse produto. No século XIV, o

surgimento do arenque salgado, uma espécie da família Clupeidae, aumentou o comércio de sal no noroeste da Europa, promovendo a concentração de salinas ao redor dos portos dessa região. Nos séculos XVII e XVIII, a Grã-Bretanha tornou-se o maior produtor e comerciante de sal, favorecida pela indústria naval, pela descoberta de carvão como fonte de energia e pelo suprimento de sal para as colônias. Além disso, Charles d'Anjou, filho de Luiz VIII da França, com a finalidade de custear aventuras militares, guerras e revoluções, introduziu o imposto sobre o sal, o qual foi considerado uma das causas da Revolução Francesa, quando o mesmo foi suprimido pelo governo revolucionário. Todavia, o imposto foi restabelecido em 1805, com o objetivo de arrecadar fundos para o financiamento da guerra (HEIMANN, 2000).

Durante o século XX até o final dos anos 60 ocorreu a evolução da exploração salineira que foi caracterizada por períodos alternados de estagnação e incremento de acordo com o ritmo das conjunturas econômicas e sociais. Todavia, o período nobre desta atividade ocorreu entre o final dos anos 50 e meados de 60 quando os processos de conservação de alimentos a nível doméstico e industrial baseavam-se na utilização abundante do sal como conservante, ocorrendo ainda o incremento do tradicional mercado colônia (NEVES, 2005).

Atualmente, a Organização Mundial da Saúde - OMS recomenda a ingestão de 2g de sódio/dia, o equivalente a 5g de sal/dia para adultos; entretanto, geralmente os consumidores ingerem quantidades de sódio superiores ao fisiologicamente necessário (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2013). Com relação ao teor de sódio na dieta, é possível evidenciar que a maioria do sódio é consumido como sal através do consumo de carne em diferentes preparações gastronômicas e de produtos cárneos/alimentos processados (ALLISON; FOULADKHAH, 2018; PHILLIPS, 2003).

Dessa forma, um dos grandes desafios da indústria cárnea/alimentícia está na reformulação de produtos através da substituição/redução de ingredientes como, por exemplo, o cloreto de sódio. A substituição de sódio seria útil em reduzir a associação que os consumidores estabeleceram entre o consumo de produtos cárneos/alimentícios processados e problemas de saúde como a hipertensão, doenças cardiovasculares, câncer gástrico e obesidade. Apesar disso, a substituição/redução do sal em produtos cárneos/alimentícios é um grande desafio para a indústria, devido à um impacto significativo na segurança do produto, da percepção de salinidade, gosto, intensidade do sabor, cor e textura do produto. O sal desempenha diversas funções tecnológicas relevantes para a produção e

armazenamento dos produtos cárneos/alimentícios processados como ação conservante e aumento da capacidade de retenção de água das proteínas, reduzindo, portanto, perdas de água durante a estocagem. Desta forma, é necessário cautela na elaboração de alimentos reduzidos de cloreto de sódio (BARAT et al., 2013; GIESE et al., 2019; RUUSUNEN; POULANNE, 2004).

Nesse contexto, pesquisas têm sido direcionadas para utilização de substitutos de sódio em produtos cárneos/alimentícios como, por exemplo, o cloreto de potássio (KCl), o cloreto de magnésio ($MgCl_2$), Cloreto de Cálcio ($CaCl_2$), Lactato de Potássio (K-Lactato), microesferas de sódio (Soda-Lo), etc. (ALIÑO et al., 2011; CAI et al., 2018; ĐORĐEVIĆ; BUCHTOVÁ; MACHARÁČKOVÁ, 2018; GIESE et al., 2019).

Substitutos do sódio, tais como os sais de potássio, magnésio e cálcio, podem gerar sabores estranhos, uma vez que estimulam várias percepções de sabor, incluindo metálico, amargo, adstringente, salgado e ácido (BARAT et al., 2013). Os impactos potencialmente negativos desses sabores estranhos também devem ser levados em consideração quando os produtos de peixe são reformulados (GIESE et al., 2019). Dessa maneira, a reformulação de um produto só pode ser considerada bem-sucedida se os riscos microbianos e a segurança do alimento estiverem sob controle e se a aceitação sensorial/qualidade do produto for preservada (BARAT et al., 2013).

O KCl é reconhecido como um ingrediente seguro e apresenta propriedades semelhantes ao NaCl, mas sua adição a produtos cárneos é principalmente limitada por seu sabor amargo (ASKAR et al., 1994). Além disso, a redução potencial do NaCl depende de aspectos relacionados ao tipo de produto, composição, tipo de processamento requerido e condições de preparação (JITREPOTCH; ROJSUNTORNKITTI; KONGBANGKERD, 2015). Estes fatores determinam o tipo de produto que pode ser modificado e as limitações tecnológicas da redução de sal. Além disso, a ingestão de potássio não foi associada ao desenvolvimento de hipertensão e doenças cardiovasculares (GELEIJNSE et al., 2007; KIMURA et al., 2004). O potássio representa um elemento mineral importante na regulação da pressão arterial, principalmente, devido à sua capacidade de facilitar a excreção renal do sódio (GELEIJNSE; KOK; GROBBEE, 2003).

Assim como o potássio, o magnésio possui uma capacidade reguladora da pressão arterial, sendo tal função atribuída aos seus efeitos vasodilatadores (JEE et al., 2002); todavia, também promove aumento da excreção do excesso de sódio

(AKITA et al., 2003). Ademais, o magnésio reduz o risco de osteoporose, uma vez que o osso representa o principal reservatório de concentração de magnésio extracelular no corpo humano (MARTINI, 1999).

Além destes, o lactato de potássio é um dos possíveis substitutos do NaCl. O lactato de potássio melhora a cor, a suculência e a maciez, realça o sabor e prolonga a vida útil dos produtos cárneos (CHOI; CHIN, 2003). Outro possível substituto chama-se Soda-Lo que é um produto produzido a partir de cristais regulares de NaCl que são modificados para menores partículas com densidade mais baixa (GUINARD et al., 2016; MUELLER; KOEHLER; SCHERF, 2016).

Sabe-se que quanto menores são os cristais dos sais, maior é a percepção do sabor salgado. No entanto, simplesmente moer o sal para tornar as partículas menores não resulta em partículas minúsculas, pois elas perdem rapidamente suas propriedades de fluxo livre e se unem. Contudo, Soda-Lo foi projetado usando um processo desenvolvido pelo cientista do Reino Unido, Dr. Stephen Minter, que recristaliza o sal para criar esferas ocas microscópicas de fluxo livre que apresentam entre 5-10 microns, o qual contrasta com o tamanho de uma fração do tamanho do sal comum (c.200-500 microns) (WATSON, 2021).

As microesferas de sal Soda-Lo® da Tate & Lyle são outro ingrediente redutor de sal/sódio feito de microesferas cristalinas de fluxo livre. Esta forma física de sal é capaz de fornecer um sabor salgado mais elevado, maximizando a área de superfície do sal em relação ao volume; desta forma, o produto afirma reduzir os níveis de sal em 25-50% em várias aplicações (TATE; LYLE'S, 2014). As vantagens gerais associadas ao uso desse produto é que ele é composto por 100% sal/NaCl, não têm gosto químico residual e possui um status de rótulo "limpo". No entanto, as desvantagens incluem o custo elevado, o que limita a sua aplicação comercial (INGUGLIA, 2017).

1.6 Análises bacteriológicas

A análise microbiológica de alimentos ocorre predominantemente pelo método cultural e objetiva a detecção ou a enumeração de microrganismos vivos. Devido à multiplicidade de grupos, gêneros e espécies que podem estar presentes nos alimentos, uma grande variedade de ensaios pode ser utilizada, sendo estes de dois tipos: ensaios qualitativos, que analisam a presença ou ausência do(s)

microrganismo(s) alvo em uma dada quantidade da amostra, sem quantificar, e ensaios quantitativos, que identificam a quantidade do(s) microrganismo(s) alvo na amostra, normalmente por unidade de massa ou volume. Estes ensaios seguem procedimentos diversos, que dependem do(s) microrganismo(s) alvo, no entanto, a maior parte deles utiliza as mesmas técnicas culturais básicas de microbiologia. As técnicas são a detecção da presença/ausência, a contagem do Número Mais Provável (NMP) e a contagem padrão em placas (SILVA et al., 2007). A contagem padrão em placas é realizada ao quantificar grandes grupos microbianos, como os aeróbios psicrófilos, os aeróbios mesófilos, os bolores e leveduras, os enterococos, os clostrídios sulfito redutores e as bactérias lácticas, como também para gêneros e espécies em particular, como *Clostridium perfringens*, *Staphylococcus aureus* e *Bacillus cereus*. O procedimento básico é realizado ao inocular amostra homogeneizada (e suas diluições) em um meio sólido (com ágar), contido em placas de Petri, seguido da incubação das placas até crescimento visível. A versatilidade da técnica é decorrente do princípio envolvido na contagem, baseado na premissa de que, quando fixada em um meio de cultura sólido adequado, cada célula microbiana presente na amostra irá formar uma colônia isolada. Modificando-se o tipo de meio de cultura (meio de enriquecimento, meio seletivo, meio seletivo-diferencial) e as condições de incubação (temperatura e atmosfera), é possível selecionar o grupo, gênero ou espécie que se deseja contar. Uma vez que as células microbianas, geralmente, ocorrem em agrupamentos (pares, tétrades, cachos, cadeias, etc.), não é possível estabelecer uma relação direta entre o número de colônias e o número de células. Essa correlação é efetuada entre o número de colônias e o número de Unidades Formadoras de Colônias (UFC), que podem ser tanto células individuais como agrupamentos característicos de certos microrganismos (SILVA et al., 2007).

Peixes e frutos do mar, devido à composição centesimal e características intrínsecas e físico-químicas, são excelentes nutrientes básicos para a atividade e crescimento microbiano. Deste modo, a_w (atividade da água), o pH, e valores elevados de umidade são fatores chave para o crescimento de uma ampla variedade de microrganismos (NYCHAS et al., 2007, 2008; DOULGERAKI et al., 2011; CASABURI et al., 2015; REMENANT et al., 2015). Segundo Novoslavskij (2015) os cinco gêneros e espécies bacterianas mais relevantes ligados a ambientes aquáticos e causadores de doenças humanas veiculadas por alimentos são *Vibrio* spp., *Listeria monocytogenes*, *Yersinia* spp., serovares de *Salmonella* spp. e *Clostridium botulinum*.

A presença de microrganismos patogênicos capazes de causar doenças em humanos em peixes e produtos pesqueiros é influenciada por vários fatores, incluindo práticas culturais, condições ambientais, processamento e distribuição de produtos.

A vibriose humana é uma doença que, geralmente, ocorre devido a ingestão de peixes ou produtos de pesca com tratamento térmico insuficiente (CALLOL et al., 2015; GAUTHIER, 2015; IWAMOTO et al., 2010). *Vibrio spp.* podem causar gastroenterite, septicemia (primária) e infecções de feridas em humanos e são particularmente preocupantes, devido à alta probabilidade de causarem morte em pacientes imunocomprometidos (CALLOL et al., 2015; GAUTHIER, 2015; WEIS et al., 2011). *V. cholerae* tem sido implicado em surtos de doenças veiculadas por alimentos em humanos associados ao consumo de crustáceos (SMITH et al., 2012).

Listeria monocytogenes é o agente etiológico da listeriose - uma infecção de origem alimentar em humanos que foi identificada desde 1980. Apesar de apresentar uma baixa incidência, a taxa de mortalidade em pessoas suscetíveis a doença, incluindo indivíduos imunocomprometidos, pode chegar a 20 - 40% (DE VALK, 2005; LIANOU, SOFOS, 2007). A presença de *L. monocytogenes* está intimamente relacionada com o grau de atividade humana. O patógeno não foi observado em riachos de água doce, mas foi encontrado em fazendas de peixes de água salgada (2%), fazendas de peixes de água doce (10%), em matadouros de peixes (16%), e em locais que realizam a defumação de pescados (68%) (HANSEN et al., 2006). Programas eficazes de limpeza e sanitização foram sugeridos como medidas importantes para evitar e impedir a contaminação com *L. monocytogenes* nas superfícies e equipamentos em instalações de processamento, apesar da alta prevalência deste patógeno em peixes e água (MIETTINEN, WIRTANEN, 2005). A alta predominância de *L. monocytogenes* juntamente com a capacidade dessas bactérias de sobreviverem no ambiente, indica que os peixes podem ser uma fonte de listeriose humana e potencialmente representar um risco à saúde pública. Portanto, a contaminação de produtos de pescado crus pode ser um fator importante, que contribui para os riscos de contaminação mais ampla com *L. monocytogenes*, especialmente se os produtos forem consumidos sem tratamento térmico prévio (NOVOSLAVSKIJ et al., 2015).

Salmonella é um organismo mesofílico que não é natural do ambiente aquático. A presença desses microrganismos em ambientes e produtos da aquicultura pode ser explicada, principalmente, devido a falhas de higiene durante o processo produtivo (LI

et al. 2009; BUDIATI et al. 2013). A *Salmonella* já foi isolada em uma ampla variedade de pescados, incluindo camarões, caranguejos, chocos, lagostas, lulas, mariscos, mexilhões, ostras, peixes e polvos (KUMAR et al., 2009). A prevalência de *Salmonella* depende do tipo de pescado, com maior predominância relatada em moluscos, camarões, amêijoas e várias espécies de peixes. A razão para a alta prevalência de *Salmonella* em organismos filtradores é a filtração de uma grande quantidade de água durante seu ciclo de vida com acúmulo do patógeno nos tecidos (KUMAR et al., 2009). Embora os fatores ambientais e a atividade humana possam influenciar a predominância da *Salmonella* em peixes e frutos do mar, a contaminação de peixes e frutos do mar pode ocorrer, frequentemente, em áreas costeiras contaminadas e de arredores contaminados onde os peixes e frutos do mar foram manuseados (MARTINEZ-URTAZA et al., 2004).

Salmonella pode ser isolada não apenas em peixes e frutos do mar, mas também em água doce e em peixes de água doce. Isso pode ser explicado pela contaminação de uma fonte de água e pela falta de higiene durante a captura, manuseio e transporte dos peixes. As fontes de água doce podem ser afetadas por águas dos riachos e subterrâneas, em que se constatou contaminação por *Salmonella* (LI et al., 2009; BUDIATI et al., 2013). *Salmonella* também pode contaminar fontes de água, devido ao saneamento deficiente e ao descarte incorreto de dejetos humanos e animais (AMAGLIANI et al., 2012).

Bactérias do gênero *Yersinia* podem crescer sob condições de cultura aeróbia e anaeróbia com crescimento ótimo a 29 ° C, e a faixa aceitável de 4 a 42 ° C. Rios, lagos e poços são, ocasionalmente, contaminados com fezes de animais domésticos ou selvagens causados por vazamento de fossas sépticas ou latrinas abertas nas fazendas ou matadouros vizinhos, o que pode resultar na contaminação do meio ambiente com *Yersinia spp.* (BOTTONNE et al., 2005). *Y. enterocolitica*, *Y. pseudotuberculosis* patogênicos humanos são, frequentemente, encontrados em ambientes aquáticos, indicando que a segurança de peixes e produtos pesqueiros pode ser potencialmente afetada. Portanto, a presença de yersinias em peixes reflete não apenas a condição e a segurança dos ambientes aquáticos, mas também levanta preocupações de saúde pública, que dizem respeito à segurança dos peixes usados para consumo humano (NOVOSLAVSKIJ et al., 2015).

Clostridium botulinum pertence ao gênero *Clostridium* e está comumente associado ao botulismo de origem alimentar; é amplamente distribuído na natureza e

ocorre naturalmente no solo e em ambientes aquáticos. *C. botulinum* é responsável pelo botulismo devido à produção de neurotoxina botulínica. Oito tipos (A, B, C, D, E, F, G e H) de neurotoxinas botulínicas são atualmente conhecidos (SMITH, SUGIYAMA, 1988; BARASH, ARNON, 2014). Os tipos A, B, E, F e H são responsáveis pelo botulismo humano. A natureza formadora de esporos de *C. botulinum* promove a sobrevivência desse organismo no meio ambiente. A prevalência de *C. botulinum* nos sedimentos aquáticos e nos peixes pode ser influenciada por diversos fatores, como localização geográfica, hábitos alimentares das espécies de peixes, tipos de amostras e método de detecção utilizado. A predominância de *C. botulinum*, principalmente do tipo E, em ambientes aquáticos apresenta um risco de que os peixes possam abrigar vários tipos de *C. botulinum* e assim podem ser uma fonte de botulismo de origem alimentar. A presença de *C. botulinum* em peixes pode estar ligada ao contato direto com ambientes aquáticos contaminados e à ingestão de esporos de *C. botulinum* de sedimentos ou alimentos contaminados. *C. botulinum* em peixes pode representar uma ameaça à saúde pública, especialmente quando ocorre o manuseio inadequado no processamento de peixes ou tratamento térmico insuficiente que não consegue destruir todos os esporos de *C. botulinum* no produto final (NOVOSLAVSKIJ et al., 2015).

1.7 Análises sensoriais

1.7.1 Teste de aceitação

O teste de aceitação é uma ferramenta que permite avaliar se o público-alvo poderá ou não aderir a um determinado produto novo. Tem como utilidade aproximar o público-alvo do resultado esperado pela indústria e auxiliar a equipe de produção na compreensão da qualidade que o cliente espera, de forma a garantir que um certo produto tenha aceitação no mercado como um todo (ALIMENTOS, 2019). Os testes de escala hedônica são usados para medir indiretamente o grau de preferência ou aceitabilidade ou seja, o grau de satisfação de um produto, aceitabilidade geral ou de um atributo do produto (BENTO; ANDRADE; SILVA, 2013; RODRIGUES, 2018). O teste de aceitação evoca, mede, analisa e interpreta reações sobre as características dos alimentos e materiais que são observadas através da visão, olfato, tato, paladar e audição; avalia, por meio de questionários, o quanto o consumidor gosta ou

desgosta de determinado produto por meio da amostragem de um certo número de pessoas que consumiu o produto. Trata-se de uma maneira confiável de testar um produto com o objetivo de observar o seu potencial mercadológico e a aceitação do mesmo junto ao público com o objetivo de diminuir os riscos e assegurar o sucesso do produto no mercado. Utilizando o teste de aceitação é possível, por meio de um questionário bem elaborado: entender quais os pontos positivos e negativos observados pelos consumidores, identificar os pontos que o público-alvo indica como os maiores benefícios de um produto, como também os que precisam ser melhorados e assim pensar em mudanças no processo de fabricação em características como aroma, sabor, textura, e até mesmo a embalagem (ALIMENTOS, 2019).

Existem diferentes maneiras de se aplicar os testes de análise sensorial de acordo com a especificidade de cada resultado que se espera obter. O método sensorial descritivo visa analisar a qualidade e a intensidade sensorial dos produtos, para isso, é aplicado o princípio da Análise Descritiva Quantitativa – ADQ, que tem como objetivo avaliar atributos sensoriais de determinado produto, como sabor, textura, aroma, cor e outras características de fácil percepção. Já o método sensorial discriminativo observa as diferenças sensoriais entre dois produtos ou mais, de forma a fazer comparações. O método da escala hedônica estruturada tem a função de analisar a preferência dos consumidores por determinados produtos por meio de uma avaliação que contém uma escala de respostas previamente estabelecida (ALIMENTOS, 2019).

1.7.2 Intenção de consumo e compra

O teste de intenção de consumo e compra é um teste realizado através de uma escala estruturada, para avaliar a vontade do consumidor de provar um determinado produto e posteriormente comprar o produto (ANTUNES; OLIVEIRA; VARGAS; SANTOS, 2017).

1.7.3 Just-About-Right

A Escala-do-Ideal (Just-about-right scale ou JAR) é o método afetivo mais usado com o objetivo de medir a quantidade ideal de um determinado componente a ser adicionado em um alimento ou bebida, a fim de promover uma melhor aceitação

e preferência dentro de um grupo de provadores. Por meio desta análise, uma equipe de provadores analisa as amostras e registra suas respostas em uma escala específica (escala do Ideal), indicando o quão próximo do ideal tais amostras encontram-se em relação a determinado atributo em estudo, por exemplo, doçura ou acidez (VICKERS, 1988). Após isso, os dados obtidos são submetidos à análise estatística, através de histograma de distribuição das respostas sensoriais (em porcentagem) em função da concentração do componente que está variando e também por regressão linear simples entre os valores hedônicos e a concentração do componente que sofre variação (CARDOSO; BOLINI, 2007).

1.7.4 Análise de penalidades

A análise de penalidades (PA) tem sido usada amplamente por profissionais da indústria para auxiliar na identificação da redução da aceitabilidade associada aos atributos sensoriais que não estão em níveis ideais em um produto, bem como para identificar caminhos potenciais para realizar a melhoria dos produtos. As escalas usadas para obter estes dados são conhecidas como escalas quase certas. Ademais, os dados de gosto precisam ser coletados. Para este último, a Escala Hedônica de 9 pontos é frequentemente utilizada. A análise de penalidades fornece uma lista prioritária das características críticas do produto que mais penalizam o desempenho dele (SOCIETY OF SENSORY PROFESSIONALS, 2021).

1.8 Análises instrumentais

1.8.1 Análise do perfil de cor

A cor é um atributo importante para avaliar a qualidade da carne de peixes e frutos do mar e características sensoriais, principalmente devido à sua relação com o frescor do produto. Uma vez que é a primeira percepção que o consumidor tem sobre o produto, é utilizada como critério para aceitar ou recusar produtos alimentares e um fator de aceitação no mercado. Os produtos pesqueiros são suscetíveis à deterioração da cor com diminuição do frescor (HUTCHINGS, 1999; LAWLESS, HEYMANN, 2013; LEÓN et al., 2006; NITIPONG; KAMONWAN; TEERAPORN, 2020). A cor dos produtos alimentícios é influenciada de maneira expressiva pelo teor de gordura,

ingredientes não cárneos e adição/perda de água durante o processamento (TRESPALACIOS; PLA, 2007). A coloração dos produtos alimentícios pode ser medida instrumental ou sensorialmente. Para medir corretamente a cor instrumental, uma pré-seleção dos músculos mais relevantes, estilo de fabricação, um tempo de floração adequado, coordenadas de cores para atingir os objetivos da pesquisa e instrumentos e configurações adequadas são necessários para obter a relação mais relevante de leituras instrumentais e visuais da cor (BREWER et al., 2001). Os parâmetros de cor medidos instrumentalmente abrangem os parâmetros L^* referente à luminosidade, a^* referente às coordenadas vermelho e verde, b^* referente as coordenadas amarelo e azul, além das coordenadas tridimensionais de cor ΔE referente a diferença total de cor, Δh referente a diferença de tonalidade.

Tapp; Yancey e Apple (2011) analisaram 1.068 artigos durante dez anos e avaliaram o atributo instrumental de cor da carne; constataram que apenas 1,3 % do total de artigos analisados era sobre peixes, o que mostra a importância da pesquisa desse parâmetro. Esse atributo foi confirmado como um dos parâmetros mais analisados nos artigos desta revisão. A análise de brancura é um bom indicador de mudança de cor durante o armazenamento e foi relacionada ao grau de desnaturação da proteína (XIA et al., 2010). Os consumidores escolhem um alimento principalmente por sua aparência, que engloba: cor, forma, tamanho e aspecto. Destas características, a cor, embora subjetiva, é o atributo de maior influência, exercendo papel decisivo no momento da escolha do alimento a ser consumido e está diretamente correlacionado com a aceitação de um alimento (BORGES, 2013). Desta maneira, o desenvolvimento de alimentos com cores atrativas é uma meta importante para a indústria de alimentos (BLOUKAS; ARVANITOYANNIS; SIOPI, 1999).

A coloração da carne, deriva da presença de vários pigmentos, sendo a mioglobina e a hemoglobina pigmentos de fundamental importância; a coloração pode ser influenciada por fatores como: deterioração bacteriana, alterações do pH do músculo, oxidação lipídica e proteica, temperatura de armazenamento, umidade relativa, iluminação e raios ultravioletas (MACDOUGALL, 1994). A cor da carne pode variar também em função da despesca (BORGES, 2013). Caso o animal esteja muito estressado momentos antes do abate, ocorrerá o consumo excessivo do glicogênio muscular, o que acarretará uma pequena queda do pH post mortem dos músculos (GASPERLIN; ZLENDER, B.; ABRAM, 2000).

Existem equipamentos que fazem a avaliação objetiva da cor, através de parâmetros bem definidos. A medição objetiva da cor das carnes pode ser utilizada por várias razões, como: dar suporte para avaliações visuais descritivas, como base para aceitação ou rejeição de um produto, para documentar e avaliar a deterioração no decorrer do tempo de estocagem ou exposição, e para estimar a proporção dos vários estados químicos na composição da carne. Entretanto, a razão mais importante de se utilizar medições objetivas da cor é a de auxiliar as observações visuais e fornecer evidências imparciais dos efeitos de tratamento que podem ser estatisticamente analisados (AMSA - AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION, 1995).

Os resultados obtidos durante as avaliações de cor e textura instrumentais podem ser correlacionados à percepção humana, permitindo a compreensão do significado dessas características na avaliação da qualidade sensorial do alimento (VIDIGAL, 2009).

1.8.2 Análise do perfil de textura

A textura é um atributo importante para avaliar a qualidade da carne de peixes, determinada pelo seu teor de água (SEN, 2005). O sal de cozinha (NaCl) é geralmente utilizado no processamento de peixes, pois pode aumentar a vida útil e afetar significativamente os atributos físico-químicos, sensoriais e instrumentais dos peixes, principalmente, no que diz respeito à textura, uma vez que a interação proteína-sal causa desnaturação da proteína com perda de água por parte das proteínas miofibrilares, devido ao processo de "salting-out" (CORZO; BRACHO; RODRÍGUEZ, 2015; FUENTES et al., 2012). As substituições de sódio podem alterar vários parâmetros de textura, dependendo do produto processado à base de carne de peixe. Estas alterações dependem de vários fatores que influenciam a qualidade da carne de peixe, como espécie, aditivos, umidade, pH final, teor de lipídios e condições de processamento (DOYLE; GLASS, 2010). O conteúdo lipídico em filés de peixe é geralmente distribuído de forma heterogênea; este fator pode afetar extensivamente a textura dos alimentos (GINÉS et al., 2004; KATIKOU; HUGHES; ROBB, 2001). Os principais fatores avaliados durante a avaliação do perfil de textura em carnes são: dureza, elasticidade, adesividade, coesividade, mastigabilidade, resiliência, goma e força de ruptura.

1.9 Análises físico-químicas

1.9.1 Composição centesimal

A composição centesimal dos alimentos representa a proporção de componentes/grupos de substâncias homogêneas em 100 g de produto/alimento (a porção comestível do alimento), e geralmente, também expõe o valor calórico ou nutricional, bem como os grupos homogêneos (que se encontram em praticamente todos os alimentos) de substâncias alimentares (umidade, lipídios, proteínas, cinzas, fibras e carboidratos). Essas informações são essenciais para avaliar os dados dos alimentos/produtos, permitindo comparar informações nutricionais, calorias, rótulos e avaliar a qualidade e o consumo dos produtos. A composição centesimal do pescado e dos produtos da pesca varia de acordo com a sazonalidade, a produção e o método de preparo, representando, portanto, valores médios derivados da análise de um determinado número de amostras; assim, pequenas variações podem ocorrer e são consideradas normais (DE OLIVEIRA, MARCHINI, 2008).

1.9.2 pH

O pH é um parâmetro físico-químico crítico por estar intimamente relacionado a outros parâmetros físico-químicos da carne, como cor, maciez, suculência, textura e capacidade de retenção de água, propriedades tecnológicas e, principalmente, crescimento microbiano (ARANTES, 2014). A acidificação da carne é considerada uma excelente barreira à deterioração, sendo o pH final da carne um fator significativo na determinação da resistência à deterioração (PINHO, 2009; SIGARINI et al., 2007). Animais submetidos ao estresse originam carnes de pior qualidade e com valores de pH mais básicos, contagens microbianas elevadas e não aceitáveis (ARANTES, 2014). A determinação do pH é um dos parâmetros mais utilizados para avaliar a qualidade da carne fresca por se tratar de uma medida objetiva e confiável. Porém, o pH não se trata de um parâmetro único para considerar um alimento ou produto impróprio para consumo, ou mesmo avaliar a qualidade do pescado; deve-se também realizar análises microbiológicas, químicas, microscópicas e/ou sensoriais para garantir resultados confiáveis. O pH tem a função de indicar a neutralidade, acidez ou

alcalinidade do músculo do peixe em meio aquoso. O pescado é considerado um alimento de baixa acidez (pH superior a 4,5); assim, o pescado é um dos produtos de origem animal mais suscetível ao processo de deterioração, devido ao pH próximo da neutralidade (GONÇALVES, 2017).

1.9.3 Atividade de água (a_w)

A atividade da água (a_w) é uma propriedade termodinâmica usada para prever a probabilidade de mudanças nos atributos físico-químicos e microbianos em produtos alimentares durante o armazenamento e processamento. Por definição, a atividade de água consiste na razão entre a pressão de vapor de água de um sistema alimentar e a pressão de vapor de água saturada em uma dada temperatura e pressão atmosférica. É uma propriedade da água e implica o estado de energia da água em um sistema alimentar de múltiplos componentes; pode ser considerada uma estimativa da água termodinamicamente disponível em um sistema alimentar necessária para os microrganismos sobreviverem, crescerem, se multiplicarem ou por mudanças físico-químicas que ocorrem durante o armazenamento (SYAMALADEVI et al., 2020). A variação da atividade de água nos peixes de frutos do mar observados nos estudos compreende 0,86 – 0,99.

1.10 Justificativa

O presente estudo justifica-se pela ausência de uma revisão sistemática abordando se a substituição total ou parcial de NaCl por sais alternativos e/ou combinações de sais afeta os atributos microbiológicos, sensoriais, instrumentais e físico-químicos em produtos processados à base de carne de peixe e frutos do mar, como também, pela quantidade limitada de informações relativas às vantagens e desvantagens de cada sal, alternativas potenciais de substituição e a necessidade urgente de redução do sódio na dieta da população. Com o objetivo da promoção da saúde, agregação de valor e diversificação dos produtos à base de carne de peixe, procurou-se inferir uma resposta prática da efetividade de uma possível substituição de NaCl nos produtos de pescado processados, sem que esta substituição prejudique os parâmetros de qualidade e aceitação destes mesmos produtos. O fornecimento de novos produtos nutritivos, como também, a prevenção de riscos à saúde da

população, por meio de alimentos seguros e com maior validade comercial e substituídos de sódio, são desafios para a comunidade científica e necessidades atuais da indústria alimentícia, no geral. Além disso, peixe e frutos do mar são alimentos de alto valor nutricional; assim, o fomento do consumo de pescado, o desenvolvimento do setor pesqueiro no Brasil e no mundo, e o aumento de competitividade de produtos à base de pescado que sejam seguros ao consumidor podem contribuir para uma alimentação mais saudável da população, sendo, então, produtos processados à base de carne de peixe reduzidos/substituídos de sódio uma importante estratégia para promoção da saúde e para alavancar o crescimento do setor.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Realizar revisão sistemática para avaliar como a substituição de NaCl por diferentes sais e combinações de sais afeta os atributos físico-químicos, instrumentais, microbiológicos e sensoriais da carne de peixes e frutos do mar durante o armazenamento.

2.2 Objetivos específicos

- Inferir com base nos artigos publicados, os potenciais substitutos para o sódio nos diferentes produtos à base de carne de peixe, bem como a proporção ideal de substituição que não afeta os atributos microbiológicos, sensoriais, instrumentais e físico-químicos destes produtos.
- Identificar as vantagens e desvantagens dos substitutos de sal propostos na literatura para os diferentes derivados de pescado.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Métodos

Primeiramente, buscou-se uma combinação de descritores que obtiveram maiores resultados nas bases de dados Google Scholar, Pubmed, Scopus e Web of Science. Esses resultados foram exportados no formato BibTeX para a ferramenta StArt (State of the Art através da Systematic Review). Essa ferramenta tem como objetivo auxiliar o pesquisador no registro de todas as etapas de aplicação sistemática, de acordo com um protocolo previamente elaborado, dando suporte para a realização da revisão sistemática. Após o protocolo de pesquisa ser preenchido no instrumento, a seleção inicial dos artigos foi realizada por meio da leitura dos títulos, resumos e palavras-chave. Artigos que não avaliaram o resultado de tratamentos de substituição de sódio em pescado usando KCl, MgCl₂ e outros sais alternativos foram excluídos. Além disso, apenas artigos publicados em inglês de 2011 a 2020 foram considerados. Os resultados são relatados de acordo com Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analyses statement (PRISMA).

3.2 Questão focal

As questões foram desenvolvidas de acordo com o método PICO envolvendo população, intervenção, comparação, desfecho e tipo de estudo (Quadro 1). As questões formuladas foram: Quais são os efeitos da substituição de sódio na atividade microbiana, propriedades sensoriais, cor, textura, pH, atividade de água e composição centesimal? Quais níveis de substituição de sódio causaram os efeitos mais prejudiciais/benéficos nos produtos? Qual é o nível máximo de substituição de sódio que pode ser aplicado nos produtos sem afetar negativamente suas propriedades? Qual dos sais alterou menos as propriedades físico-químicas, microbiológicas e sensoriais do produto?

Quadro 1- Questão focal de acordo com a estratégia do PICO

Componente (acrônimo)	Decomposição da questão de pesquisa
População (P)	Produtos de peixe e frutos do mar
Intervenção (I)	Substituição de sódio/redução nos produtos de peixe e frutos do mar utilizando KCl, CaCl ₂ , MgCl ₂ , etc
Comparação ou grupo controle (C)	100 % sais de sódio
Resultados (R)	Tipo de sal e conteúdo do substituto de NaCl; Efeito da inibição microbiana durante o armazenamento; Mudanças na qualidade do produto: <ul style="list-style-type: none"> • Aumento ou redução do pH, a_w • Aumento ou redução na composição centesimal • Mudanças nos atributos sensoriais • Mudanças na cor instrumental • Mudanças no perfil de textura
Tipos de estudos (T)	Artigos originais de pesquisa

Fonte: (O autor, 2021).

Legenda: a_w - atividade de água., KCl- cloreto de potássio, CaCl₂ – cloreto de cálcio, MgCl₂ – cloreto de magnésio.

3.3 Estratégias de busca

A estratégia de busca foi realizada em cooperação com um bibliotecário e usou uma combinação de descritores (MeSH e DeCS) e termos livres. Quatro bancos de dados diferentes foram usados para pesquisa: incluindo Google Scholar, Pubmed, Scopus e Web of Science. O processo de triagem inicial foi realizado de março a abril de 2020. Uma busca manual de artigos publicados foi realizada, para além dessas buscas nas bases, incluindo bibliografias de todos os artigos selecionados.

Para PubMed os componentes da pesquisa 1 (SC1) foram: fish OR seafood OR “fish products” OR “seafood products.” Componentes de pesquisa 2 (SC2) foram: “sodium replacement” OR “salt mixtures” OR “salt reduction.” Depois de recuperar os resultados dos Componentes de pesquisa, o operador booleano “AND” foi usado para combinar SC1 e SC2.

Para o Google Scholar os componentes de pesquisa 1 (SC1) foram: fish OR seafood OR “fish products” OR “fish burger” OR “fish mince” OR “seafood products.” Componentes de pesquisa 2 (SC2) foram: "sodium replacement" OR "sodium reduced" OR "low sodium" OR "salt mixtures" OR "salt replacement" OR "sodium

reduction" OR "salt reduction." Depois de recuperar os resultados dos Componentes de pesquisa, o operador booleano "AND" foi usado para combinar SC1 e SC2.

Para Scopus os componentes de pesquisa 1 (SC1) foram: fish OR seafood OR "fish products" OR "seafood products." Componentes de pesquisa 2 (SC2) foram: "sodium replacement" OR "salt mixtures" OR "salt reduction." Depois de recuperar os resultados dos Componentes de pesquisa, o operador booleano "AND" foi usado para combinar SC1 e SC2.

Para Web of Science os componentes de pesquisa 1 (SC1) foram: fish or seafood OR "fish products" OR "seafood products." Componentes de pesquisa 2 (SC2) foram: "sodium replacement" OR "salt mixtures" OR "salt reduction." Depois de recuperar os resultados dos Componentes de pesquisa, o operador booleano "AND" foi usado para combinar SC1 e SC2.

3.4 Critérios de elegibilidade

Como critérios de elegibilidade foram utilizados: estudos que avaliaram os resultados dos tratamentos de substituição de sódio em carnes de peixes e que responderam pelo menos um destes parâmetros: pH, atividade de água, composição centesimal, atributos sensoriais, cor, textura, perfil microbiológico e prazo de validade; foram excluídos os estudos que não avaliaram os produtos da pesca, bem como os estudos que não eram artigos originais de pesquisa e nem estudos caso-controle.

3.5 Avaliação de risco de viés

O artigo apresenta fontes de viés: critérios de inclusão/exclusão, viés de seleção (apenas estudos em inglês e 2011 a 2020, etc.), fontes de busca escolhidas, tipo de artigo selecionado, viés de síntese e o impacto dos dados ausentes.

3.6 Processo de extração de dados

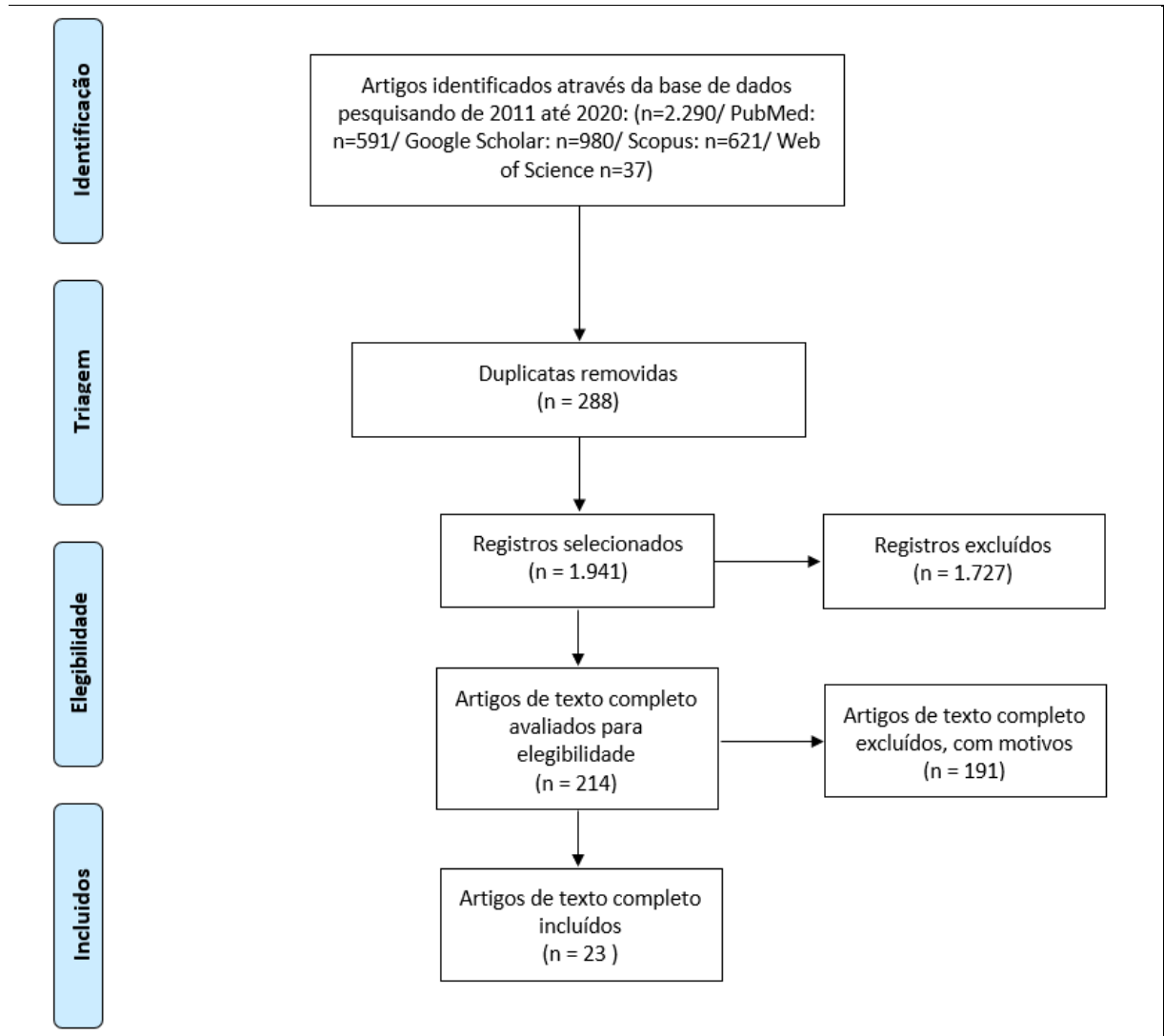
Os dados foram extraídos independentemente a partir de todos os estudos como segue: primeiro autor, ano de publicação, tipo de peixe/fruto do mar ou produto de peixe/fruto do mar, sal substituto e proporção de substituição, prazo de validade,

atributos sensoriais, cor e textura instrumentais, pH, atividade de água (a_w) e composição centesimal.

4 RESULTADOS

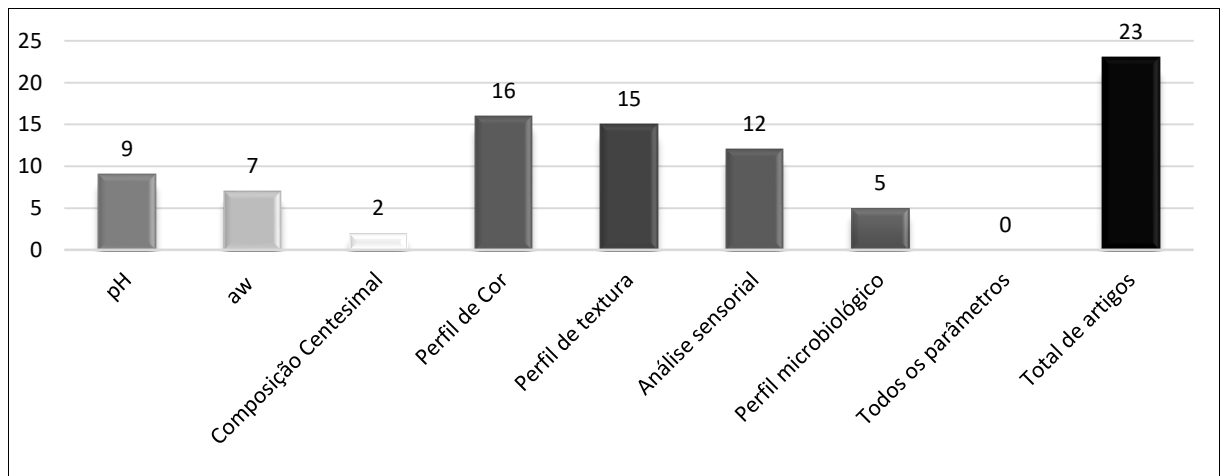
A busca nas bases de dados identificou um total de 2.229 artigos, 621 (28 %) na Scopus, 591 (27 %) na PubMed, 980 (44 %) no Google Scholar e 37 (2 %) na Web of Science. Destes, 288 estavam duplicados, triplicados ou quadruplicados e foram excluídos. Mil setecentos e vinte e sete artigos foram excluídos após a leitura do resumo, do título e das palavras-chave, após essa seleção inicial dos artigos, foram selecionados 214 artigos, uma vez que abordavam os critérios presentes no PICOS. Após a análise na íntegra dos 214 artigos, apenas 23 artigos foram selecionados e considerados adequados para o estudo. Cento e noventa e um artigos foram excluídos por não atenderem aos critérios de elegibilidade. A Figura 1 mostra o fluxograma PRISMA seguido para recuperar o processo de seleção dos artigos desta revisão. Os artigos, geralmente, avaliaram um conjunto de diferentes atributos físico-químicos, microbianos e sensoriais. Dessa forma, foi possível criar o Gráfico 1 que resume os atributos analisados pelos artigos. As análises do perfil microbiológico e da composição centesimal, apesar de serem atributos essenciais para a caracterização dos produtos quanto à carga microbiana e aos valores calóricos e nutricionais, não foram realizadas na maioria dos estudos. Os atributos sensoriais e instrumentais (textura e cor) foram os mais analisados pelos artigos. Nenhum dos artigos analisou todos os atributos simultaneamente.

Figura 1 - Fluxo de etapas do PRISMA seguido durante a seleção dos estudos



Fonte: (O autor, 2021).

Gráfico 1 - Atributos analisados pelos artigos da Revisão Sistemática



Fonte: (O autor, 2021).

4.1 Controle microbiano

O crescimento microbiano e o prazo de validade são dois dos parâmetros mais importantes para avaliar a segurança de um produto alimentício armazenado, pois indicam se o produto está apto ou não para o consumo por meio de análises microbiológicas, que, geralmente, seguem padrões estabelecidos pela legislação, especificando a quantidade de microrganismos que um produto pode apresentar, para ainda estar apto para consumo (JOFFRAUD et al., 2006; LØVDAL, 2015). Assim, é essencial destacar a função conservante do sal, o qual além de ser um agente aromatizante, que também desempenha um papel vital em estender o prazo de validade do produto durante o armazenamento. Por exemplo, na técnica de defumação de peixes, a etapa de salga é fundamental para a preservação, da textura e sabor do produto. Se a substituição do sódio afetar negativamente estas propriedades, o produto se tornará impróprio para consumo ou sua qualidade poderá ser prejudicada. Esta seção analisou o efeito da substituição de sódio por sais de potássio no controle microbiano durante o armazenamento de produtos de peixes defumados, os quais contêm alto teor de sais de sódio.

A Tabela 1 mostra o efeito da substituição de NaCl por sais de potássio nos parâmetros microbiológicos de produtos à base carne de peixe e fruto do mar durante o armazenamento em relação à amostra controle (apenas NaCl) por dados extraídos de cinco artigos recuperados nesta revisão. As substituições de sódio resultaram em um controle microbiano estatisticamente semelhante ou melhor do que o controle. A substituição de NaCl por 50 % de sais de potássio (por exemplo, KCl ou K-lactato) proporcionou o controle microbiano de peixes defumados durante o período de estocagem. Esse controle foi, melhor ou estatisticamente semelhante ao controle de NaCl contra bactérias da família *Enterobacteriaceae*, bactérias mesófilas e *L. monocytogenes* (FUENTES et al., 2011; GIESE et al., 2019; RIZO et al., 2017, 2018). Curiosamente, a substituição de sódio com 20 % de sais de potássio (10 % KCl e 10 % K-lactato) em arenque defumado melhorou mais expressivamente, o controle microbiano da contagem total de bactérias, leveduras e bolores, bactérias psicrófilas e halófilas durante o armazenamento quando comparado aos demais tratamentos de substituição de NaCl (OSHEBA, 2013). Altos níveis de *Enterobacteriaceae* estão relacionados a práticas inadequadas de higiene e manuseio e determinam o prazo de validade do produto (GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ et al., 2002). A substituição de sódio

nos artigos analisados foi eficaz em realizar a inibição microbiana deste grupo de microrganismos (FUENTES et al., 2011; RIZO et al., 2017, 2018). Além disso, podemos inferir que a substituição de sódio por KCl também retardou a formação de aminas biogênicas contribuindo para o controle das alterações oxidativas nos peixes, uma vez que melhorou a inibição de bactérias produtoras de H₂S durante 28 dias de armazenamento, em comparação ao controle (FUENTES et al., 2011, 2012).

É fundamental mencionar que os efeitos conservantes no armazenamento foram resultantes da combinação de substituição de sal com condições de embalagem, como embalagem em atmosfera modificada (MAP) e tecnologias de embalagem a vácuo (FUENTES et al., 2011; GIESE et al., 2019; OSHEBA, 2013) e as condições de processamento do aromatizante de fumaça (por exemplo, sacos permeáveis ao vapor ou tempo de salga a seco) (OSHEBA, 2013; RIZO et al., 2017, 2018).

Tabela 1 - Efeito da substituição de NaCl por sais de potássio nos parâmetros microbiológicos de produtos à base de peixe e frutos do mar durante o armazenamento em comparação com a amostra controle (apenas NaCl) (continua)

Produto de peixe	Nível de NaCl	Nível de substitutos de sódio	Tratamentos adicionais	MO	Redução da contagem ^a	Armazenamento ^b	Ref.
Robalo defumado (<i>Dicentrarchus labrax</i> L.)	50%	50 % KCl	Efeito das condições de embalagem: MAP> vácuo>ar	Bactérias mesofílicas	Tão efetivo quanto o controle	28 dias (4 °C)	(FUENTES et al., 2011)
				Leveduras e bolores		42 dias (4 °C)	
				<i>Enterobacteriaceae</i>	Melhor que o controle	35 dias (4 °C)	
				Bactérias produtoras de - H ₂ S		28 dias (4 °C)	
Arenque defumado (<i>Clupea harengus</i>)	80%	10% KCl+10 % K-Lactato	Salga seca durante 24 h + embalagem à vácuo ^c	Contagem de bactérias totais	Melhor que o controle	48 horas (37°C)	(OSHEBA, 2013)
				Bactéria psicofílica	Melhor que o controle	10 dias (7 °C)	
				Bactérias halofílicas	Melhor que o controle	24 horas (37°C)	
				Total de leveduras e bolores	Tão efetivo quanto o controle, ND	5 dias (25°C)	

Tabela 1 - Efeito da substituição de NaCl por sais de potássio nos parâmetros microbiológicos de produtos à base de peixe e frutos do mar durante o armazenamento em comparação com a amostra controle (apenas NaCl) (conclusão)

Salmão com sabor defumado (<i>Salmo salar</i>)	50%	50% KCl	Aroma de fumaça por bolsas WVP	Bactérias mesofílicas	Estatisticamente similar	35 dias (4 °C)	(RIZO et al., 2017)
				<i>Enterobacteriaceae</i>	Melhor que o controle	42 dias (4 °C)	
Salmão com sabor defumado (<i>Salmo salar</i>)	50%	50% KCl	Aroma de fumaça por bolsas WVP	Bactérias mesofílicas	Estatisticamente similar	Dia 0	(RIZO et al., 2018)
				<i>Enterobacteriaceae</i>		Dia 0	
Salmão defumado a frio (<i>S. salar</i>)	50%	50% (K-lactato)	Defumação a frio + embalagem à vácuo	Contagem aeróbica total	Estatisticamente similar	21 dias (6 °C)	(GIES E et al., 2019)
				Contagem anaeróbica total			
				<i>Listeria monocytogenes</i>	Melhor que o controle	21 dias (7 °C)	

Fonte: (O autor, 2021).

Legenda: MO: microrganismos; ^b: unidades formadoras de colônia em relação ao controle; ^b: tempo de armazenamento em que a contagem microbiana permanece abaixo do limite da legislação local; ^c: em comparação com 48 h de salga a seco (método comercial); MAP: embalagem de atmosfera modificada; WVP: permeável ao vapor de água.

4.2 Avaliação da qualidade sensorial

Em relação aos atributos sensoriais, diferentes testes foram utilizados pelos diversos artigos analisados durante a revisão sistemática: análise de atributos sensoriais, teste de aceitação, escala ideal, análise de penalidade, e intenção de compra. Vários substitutos de sódio foram estudados em vários tipos de matrizes e produtos de peixe (por exemplo, com sabor defumado, produtos reestruturados, produtos fermentados, bacalhau salgado, bolos de peixe e sushi de peixe ou frutos do mar) combinados com tecnologia de processamento de alimentos e condições de embalagem. No entanto, foi possível perceber o interesse pelo cloreto de potássio (KCl) como um candidato potencial para reduzir o teor de sódio em produtos pesqueiros, uma vez que o mesmo foi utilizado em todos os artigos recuperados nesta revisão. A Tabela 2 mostra uma visão geral de como a substituição de sódio pode afetar os atributos sensoriais de vários produtos de pescado em relação ao tratamento de controle (apenas NaCl).

Tabela 2 - Efeito da substituição de sódio nos atributos sensoriais relativos ao controle (apenas NaCl) em vários produtos de pescado (continua)

Produtos de peixe	Conteúdo de NaCl	Nível de substituição de sódio	Tratamento adicional	Atributos sensoriais (aparência, cor, textura, sabor, gosto, aroma)			Gosto geral	Ref.
Almôndega de Truta (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	100%	--	Tecnologia de reestruturação (4 % resíduo de soja+ 1 % MTG)	Aparência : 7,07	Textura: 6,35	Sabor: 6,46 Aroma: 6,91	6,65	(PALMEIRA et al., 2014)
	75%	25% KCl		Aparência : 7,04	Textura: 6,14	Sabor: 6,35 Aroma: 6,89	6,59	
Filés de Tilapia (<i>Oreochromis niloticus</i>)	100%	--	Tecnologia de reestruturação (1 % MTG)	Aparência : 7,20	Textura: 7,27	Sabor: 7,27 Gosto: 6,80	7,22	(MONTEIRO et al., 2015)
	50%	25% KCl + 25 % MgCl ₂		Aparência : 6,98	Textura: 7,02	Sabor: 6,54 Gosto: 6,89	7,17	
Salmão com sabor defumado (<i>S. salar</i>)	3%	--	Salga seca	Cor: 4,68 Brancura: 3,80	Dureza: 3,92 Aspereza: 4,05	Acidez: 2,09, Sabor salgado: 5,54	6,5	(ALMLI; HERSLETH, 2013)
	2%	1% KCl	Salga seca	Cor: 4,97 Brancura: 4,04	Dureza: 3,59 Aspereza: 3,88	Acidez: 2,17 Sabor salgado: 3,03	6,4	
Truta com sabor defumado (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	100%	--	Aroma de fumaça por bolsas WVP durante 42 dias de armazenamento a 4°C	Cor: 6,09 Aparência : 6,13	5,36	Gosto: 4,16	4,73	(RIZO et al., 2017)
	50%	50% KCl		Cor: 6,60 Aparência : 6,87	6,19	Gosto: 6,24	5,73	
Salmão defumado a frio (<i>S. salar</i>)	50%	50% K-lactato	Defumação a frio + embalagem à vácuo durante 21 dias de armazenamento a 6°C	Preservada	Textura mole	Menos sabor salgado que o controle	Dados não mostrados	(GIESE et al., 2019)
Aranque defumado (<i>C. harengus</i>)	100%	--	Salga seca por 48 h (método comercial)	Aparência : 8,00 ^c - 5,90 ^d	Textura: 7,60 ^c - 5,10 ^d	Gosto: 8,50 ^c -6,0 ^d	8,10 ^c - 5,80 ^d	(OSHEBA, 2013)
	80%	10% KCl+10% K-Lactato	Salga seca por 24 h + embalagem à vácuo	Aparência : 8,30 ^c - 6,80 ^d	Textura: 7,70 ^c - 7,30 ^d	Gosto: 9,0 ^c - 7,40 ^d	8,40 ^c - 7,0 ^d	

Tabela 2 - Efeito da substituição de sódio nos atributos sensoriais relativos ao controle (apenas NaCl) em vários produtos de pescado (continuação)

	100%	0%		Cor:7,00	7,00	Gosto:7,00	7,00	
Peixe Kilka (<i>Clupeonella cultriventris caspia</i>)	75%	25% KCl	Defumação a quente durante armazenamento a $\pm 4^{\circ}\text{C}$	Cor:7,00	7,00	Gosto: 7,00	7,00	(FARALIZAD EH; ZAKIP OUR RAHI MABA DI; KHANI POUR , 2016)
Bacalhau pronto para comer com baixo teor de sódio durante a fase de dessalinização	100%	--	Bacalhau dessalgado cru	Aparência : 3,26	Cor: 3,56	Odor: 2,96	3,30	(ALIÑ O et al., 2011)
	-	100% KCl		Aparência : 3,78	Cor: 3,70	Odor: 3,22	3,59	
	100%	--	Bacalhau dessalgado cozido	Aparência : 3,52	Cor: 3,74	Gosto: 3,70	3,74	
	25%	75% KCl		Aparência : 3,48	Cor:3,52	Gosto: 3,48	3,48	
Bolo De Peixe Frito (<i>Nemipterus virgatus</i>)	100 %	--	30 % SRFFC	Cor: 5,16	Mastigabilidade: 4,64	Gosto: 5,26	5,12	(HWA NG; CHOI; LEE, 2013)
	80%	20 % KCl	30 % SRFFC	Cor: 5,20	Mastigabilidade: 4,67	Gosto: 4,13	4,60	
Plaasom: Peixe fermentado tailandês (<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>)	100 %	--	Fermentação (7 dias, temperatura ambiente)	Cor: 8,50	Textura: 8,5	Sabor: 8,60	8,50	(JITTR EPOT CH; ROJS UNTO RNKIT TI; KONG BANG KERD, 2015)
	50%	50 % KCl		Cor: 8,70	Textura: 8,6	Sabor: 8,70	8,60	
	50-75%	50-25% CaCl_2		Cor: 6,60	Textura: 6,7	Sabor: 6,90	6,20	
Pasta fermentada de camarão (<i>Acetes vulgaris</i>)	100%	--	Fermentação (12 semanas, 30-35°C)	Cor: 8,57	-	Sabor: 8,60	8,52	(NITIP ONG; KAMO NWAN ; TEER APOR N, 2020)
	50-75%	50-25% KCl		Cor: 8,65	-	Sabor: 8,64	8,75	

Tabela 2 - Efeito da substituição de sódio nos atributos sensoriais relativos ao controle (apenas NaCl) em vários produtos de pescado (conclusão)

Camarão sushi maki (<i>Pleoticus muelleri</i>)	98%	--	---	Aparência : 14,13	Consistên cia: 12,75	Amargor: 7,91	-	(ĐOR ĐEVIĆ ; BUCH TOVÁ; MACH ARÁČ KOVÁ, 2018)
	58%	38% KCl		Aparência : 12,50	Consistên cia: 14,46	Amargor: 21,48	-	
	87-99%	--	Microsfemas de sal Soda-Lo	Aparência : 12,19	Consistên cia: 14,70	Amargor: 16,19	-	
Sushi nigiri de atum (<i>Thunnus albacares</i>)	98%	--	--	Aparência : 23,88	Consistên cia: 11,80	Sabor salgado: 61,11	-	
	58%	38% KCl	--	Aparência : 14,63	Consistên cia: 14,39	Sabor salgado: 49,59	-	
	87-99%	--	Microsfemas de sal Soda-Lo	Aparência : 15,19	Consistên cia: 14,04	Sabor salgado: 15,86	-	

Fonte: (O autor, 2021).

Legenda: SRFFC: bolos de peixe fritos com teor reduzido de sódio; MTG: transglutaminase microbiana; KCl: cloreto de potássio; MgCl₂: cloreto de magnésio; CaCl₂: cloreto de cálcio; WVP: permeabilidade ao vapor de água c: no tempo zero; d: após 3 meses de armazenamento; --: Nenhum; -: não estudado / dados não mostrados.

O cloreto de sódio é comumente adicionado com enzimas, como a transglutaminase, e outros ingredientes em produtos reestruturados, para melhorar as propriedades sensoriais, funcionais e físico-químicas, aumentando o ganho de cortes com baixo valor comercial (MONTEIRO et al., 2015; PALMEIRA et al., 2014). Foi possível notar que os pesquisadores também têm interesse em reduzir o teor de sódio desses produtos. Almôndegas de truta foram reestruturadas com filés de truta arco-íris de tamanho não comercial (*Oncorhynchus mykiss*), 4 % de proteína de soja, 1 % de resíduos de transglutaminase e 25% de substituição de NaCl por KCl sem prejudicar os atributos sensoriais (por exemplo, aparência, aroma, sabor, textura, e aceitabilidade geral) através de testes de aceitação e escala do ideal (PALMEIRA et al., 2014). Posteriormente, os filés de tilápia com baixo teor de sódio foram reestruturados com 1 % de MTG e substituição de 50 % de sódio por uma mistura trisal de 25 % de KCl e 25 % de MgCl₂, não apresentando diferença estatística em relação ao controle (MONTEIRO et al., 2015). Além disso, a mistura de MgCl₂ e KCl pode superar as desvantagens do sabor amargo ou problemas de textura verificados quando 50 % KCl ou 50 % MgCl₂, respectivamente, são usados separadamente (MONTEIRO et al., 2015).

Várias modificações tecnológicas têm sido realizadas em produtos de peixe defumado com o objetivo de reduzir o teor de sódio desses produtos. A substituição

parcial de NaCl por KCl (aproximadamente 33,3 %) não promoveu mudanças na qualidade sensorial (por exemplo, aparência, odor, sabor e textura) do salmão defumado (*Salmo salar*). A aceitação do consumidor também foi influenciada por tecnologias inovadoras de salga, que preferiram as amostras de salga a seco (ALMLI; HERSLETH, 2013). Além disso, uma substituição de até 40 % de sódio por sais de potássio (KCl/K-lactato) em arenques com sabor de defumado (*Clupea harengus*) foi obtida com uma maior qualidade do produto, reduzindo o tempo de salga seca de 48 h para 24 h (OSHEBA, 2013). A mistura tri-sal foi preferida, uma vez que o produto que contém a substituição com 50 % de K-lactato foi considerado menos salgado (OSHEBA, 2013). Da mesma forma, a substituição de 50 % de sódio por sais de potássio em produtos de peixe com sabor defumado durante o armazenamento (por exemplo, salmão, truta e peixe Kilka) preservou a qualidade sensorial em comparação com o estudo controle (apenas NaCl) (FARALIZADEH; ZAKIPOUR RAHIMABADI; KHANIPOUR, 2016; GIESE et al., 2019; RIZO et al., 2017), dependendo da técnica de defumação (como defumação a quente ou fria) ou condições de embalagem (sacos WVP, sob vácuo ou MAP) aplicadas durante o processo de defumação.

Outro tipo de pescado processado “muito salgado” e “pronto para comer” é o bacalhau salgado. Contrariamente às tentativas de redução de sódio na etapa de salga, um bacalhau "pronto para comer" com baixo teor de sódio foi proposto durante a etapa de dessalinização, substituindo de 75 % a 100 % a água dessalinizada de sódio por salmoura diluída com KCl, sem prejudicar a qualidade sensorial do produto cru e cozido (aparência, cor, odor, sabor e aceitabilidade geral) (ALIÑO et al., 2011). O bolo de peixe frito (FFC), um produto de peixe processado altamente consumido na Coreia do Sul e no Japão, foi reformulado em um FFC com teor de sódio reduzido a 30% (SRFFC) feito de surimi de itoyori congelado (*Nemipterus virgatus*). Embora a substituição por KCl tenha mantido as características de qualidade de odor e sabor, a substituição de sódio por KCl em concentrações acima de 20 %, na estratégia 30 % SRFFC, mudou a cor e reduziu a aceitabilidade dos consumidores (HWANG; CHOI; LEE, 2013). Além disso, o maior preço de fabricação de produtos preparados com KCl e os efeitos adversos na função renal foram apontados como uma preocupação caso o conteúdo de KCl fosse aumentado na estratégia SRFFC (HWANG; CHOI; LEE, 2013).

A fermentação é outra tecnologia para produzir, preservar e aumentar o valor nutricional dos alimentos, em que o teor de NaCl varia de 1 a 10 % em diversos

produtos de pescado fermentados e é essencial para a taxa de fermentação, qualidade sensorial e segurança dos alimentos (JITREPOTCH; ROJSUNTORNKITTI; KONGBANGKERD, 2015). A substituição de sódio por KCl e cloreto de cálcio (CaCl_2) em plaa-som (peixe fermentado tailandês) (JITREPOTCH; ROJSUNTORNKITTI; KONGBANGKERD, 2015) e pasta de camarão fermentada (NITIPONG; KAMONWAN; TEERAPORN, 2020) foi encontrada como forma de reduzir a intensidade das reações de oxidação lipídicas em comparação com NaCl. No entanto, em relação aos parâmetros do teste de aceitabilidade (por exemplo, cor geral, textura e sabor), a substituição de 25-50 % de KCl foi menos favorável que o tratamento controle (100% NaCl), enquanto o CaCl_2 reduziu a aceitação geral para ambos os produtos fermentados (JITREPOTCH; ROJSUNTORNKITTI; KONGBANGKERD, 2015; NITIPONG; KAMONWAN; TEERAPORN, 2020).

Em um prato de sushi de frutos do mar, a substituição de sódio por KCl piorou o amargor no camarão maki e reduziu o sabor salgado no atum nigiri em comparação ao tratamento 100 % NaCl (ĐORĐEVIĆ; BUCHTOVÁ; MACHARÁČKOVÁ, 2018). Uma descoberta interessante é a tecnologia Soda-lo que apresenta um menor conteúdo de NaCl (microesferas ocas de cristais regulares de NaCl) e que foi sugerida como uma alternativa potencial ao KCl para realizar a substituição de sódio, uma vez que a qualidade sensorial dos produtos de sushi feitos de atum ou camarão foi preservada e o conteúdo de sódio reduzido (ĐORĐEVIĆ; BUCHTOVÁ; MACHARÁČKOVÁ, 2018). De modo geral, a substituição de sódio altera os atributos sensoriais o que pode ser observado pelas alterações no gosto/aceitabilidade geral. Contudo é possível observar que em praticamente todos os artigos os atributos sensoriais sofreram algum tipo de alteração. As formulações utilizando 50 % KCL, 10 % KCL + 10 % K-Lactato e 100 % KCL parecem ser as substituições mais promissoras sensorialmente, levando em conta que foram melhores que o tratamento controle em relação ao gosto/aceitabilidade geral.

4.3 Perfil de cor e textura

A cor é um atributo importante para avaliar a qualidade da carne de peixes e frutos do mar e suas características organolépticas, principalmente devido à sua relação com o frescor, sendo a primeira percepção que o consumidor tem do produto. Assim, é um critério para aceitar ou recusar produtos alimentares e um fator de

aceitação no mercado. Produtos de peixe são suscetíveis à deterioração da cor com diminuição do frescor (HUTCHINGS, 1999; LAWLESS, HEYMANN, 2010; LEÓN et al., 2006; NITIPONG, , KAMONWAN, TEERAPORN, 2020).

Tapp, Yancey, Apple (2011) analisaram 1.068 artigos por dez anos e avaliaram o atributo cor instrumental da carne, constatando que apenas 1,3 % do total de artigos analisados apresentava como matriz os peixes, o que mostra a importância da pesquisa desse parâmetro nessa matriz. Contudo, a cor foi um dos parâmetros mais analisados nos artigos desta revisão, ilustrando que artigos recentes estão demandando mais atenção a esse parâmetro.

Segundo Monteiro et al., (2015) a substituição de sódio por tri-sal (NaCl, KCl e MgCl₂) é uma estratégia potencial em filés de tilápia reestruturados com redução do conteúdo de sódio, uma vez que apenas uma ligeira mudança nos atributos de cor foi observada e o valor da coordenada vermelho/verde *a** não foi significativamente afetado ($p < 0,05$). Contrariamente, a escolha de MgCl₂ e CaCl₂ para substituição de 33,3 % de sódio em géis de proteína miofibrilar de carpa-do-limo reestruturada proporcionou um efeito mais significativo no perfil de cor, aumentando a luminosidade *L** e a coordenada vermelho/verde *a** (FENG et al., 2018). No entanto, a substituição parcial de NaCl por KCl, CaCl₂ e MgCl₂ (até 33,3 % de substituição) não diferiu significativamente na brancura do gel de gelificação a frio da proteína miofibrilar de carpa-do-limo reestruturada auxiliada por MTG (CAI et al., 2018). Além disso, a substituição total de sódio por KCl em surimi de frutos do mar reestruturado reduziu ($P < 0,05$) a coordenada amarelo/azul *b** e a coordenada vermelho/verde *a** e, portanto, reduziu ($P < 0,05$) a brancura do gel (TAHERGORABI et al., 2012).

Tabela 3 - Efeito da substituição de sódio nos perfis instrumentais de cor e textura de produtos de pesca em comparação com o controle (apenas NaCl) (continua)

Produto de peixe	Conteúdo de NaCl	Nível de substitutos de sódio	Tratamentos/ condições	Perfil de Cor			Perfil de textura	Ref.
				<i>L*</i>	<i>a*</i>	<i>b*</i>		
Géis de proteína de peixe escamado do Alasca	2% NaCl	-	Melhoria funcional do gel com kapa-carragenina (0,25-1,0 %)	-	-	-	Valores de força aumentados	(HUNT ; PARK, 2013)
	-	2% KCl,		-	-	-	Forças de ruptura superiores ao controle	

Tabela 3 - Efeito da substituição de sódio nos perfis instrumentais de cor e textura de produtos de pesca em comparação com o controle (apenas NaCl) (continuação)

Géis de proteína miofibrilar de lote de Surimi	100% (0,34 mol/L)	-	Tecnologia de reestruturação (gelificação termicamente definida)	87,4	-0,5	8,2	Elasticidade: 1,99 Coesão: 0,72 Goma: 1290 Mastigabilidade: 2491 Resiliência: 0,40	(TAHERGORABI et al., 2012)
	-	100% KCl (0,34 mol/L)		87,1	-1,8	5,2	Elasticidade: 2,05 Coesão: 0,66 Goma: 931 Mastigabilidade: 1857 Resiliência: 0,36	
Géis de Surimi	3% NaCl	-	-	-	-	-	Dureza: 2742,37 Elasticidade: 0,93	(YU et al., 2017)
Géis de Surimi	-	3,82% KCl	-	-	-	-	Dureza: 2722,09 Elasticidade: 0,93	
		1,89% CaCl ₂					Dureza: 3838,67 Elasticidade: 0,89	
Filés de tilápia (<i>Oreochromis niloticus</i>)	100%	--	Tecnologia de reestruturação	52,33	4,97	6,75	Dureza: 679,9 Elasticidade: 0,75 Coesão: 0,46 Mastigabilidade: 188,0 Resiliência: 0,1785	(MONTEIRO et al., 2015)
	50%	25% KCl + 25% MgCl ₂		50,31	6,28	7,10	Dureza: 1176,0 Elasticidade: 0,78 Coesividade: 0,52 Mastigabilidade: 488,4 Resiliência: 0,1740	
Géis de proteína miofibrilar de carpa-do-limo (<i>Ctenopharyngodon idellus</i>)	100%	--	Tecnologia de reestruturação (gelificação a frio por 1% MTG)	Brancura do gel: 99,60		-		(CAI et al., 2018)
	66,6%	33,3% (KCl ou MgCl ₂ ou CaCl ₂)		Brancura do gel: 98,25-99,03		-		
Géis de proteína miofibrilar de carpa-do-limo (<i>Ctenopharyngodon idellus</i>)	100%	--	Tecnologia de reestruturação (gelificação a frio por 1% MTG)	50,20	-3,89	-0,19	-	(FENG et al., 2018)
	66,6%	33,3% KCl		50,83	-4,09	-0,14	-	
	66,6%	33,3% MgCl ₂		52,30	-4,00	0,38	-	
	66,6%	33,3% CaCl ₂		51,49	-4,02	1,54	-	

Tabela 3 - Efeito da substituição de sódio nos perfis instrumentais de cor e textura de produtos de pesca em comparação com o controle (apenas NaCl) (continuação)

Filés de robalo defumado (<i>Dicentrarchus labrax</i> L.)	100%	--	Defumação + embalagem em MAP; durante 42 dias de armazenamento a 4°C	No dia 7: 47,6 No dia 42: 51,8	No dia 7: 0,21 No dia 42: -0,23	No dia 7: 10,8 No dia 42: 12,5	Dureza: 44 Adesividade: 164 Elasticidade: 0,87 Coesão: 0,59 Goma: 24,4 Mastigabilidade: 21,2	(FUENTES et al., 2012)
	50%	50% KCl		No dia 7: 47,3 No dia 42: 51,2	No dia 7: -0,01 No dia 42: 0,02	No dia 7: 14,8 No dia 42: 12,8	Dureza: 39 Adesividade: 140 Elasticidade: 0,85	
Truta com Sabor defumado (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	100%	--	Aroma de fumaça por sacos WVP; durante 42 dias de armazenamento a 4°C	No dia 7: 32 No dia 42: 41	No dia 7: 13 No dia 42: 13	No dia 7: 13 No dia 42: 13	Dureza: 73 Mastigabilidade: 36 Adesividade: 0,46 Elasticidade: 0,73 Coesão: 0,66 Resiliência: 0,42	(RIZO et al., 2017)
	50%	50% KCl		No dia 7: 33 No dia 42: 41	No dia 7: 11 No dia 42: 11	No dia 7: 15 No dia 42: 13	Dureza: 42 Mastigabilidade: 17 Adesividade: 0,18 Elasticidade: 0,60 Coesão: 0,67 Resiliência: 0,01	
Salmão defumado a frio (<i>Salmo salar</i>)	100% (controle)	--	Defumação a frio + embalagem a vácuo; durante 21 dias de armazenamento a 6°C	No dia 6: 39,6 No dia 21: 46,5	-	No dia 6: 4,7 No dia 21: 4,8	-	(GIESE et al., 2019)
	50%	50% K-lactato		No dia 6: 37,7 No dia 21: 38,7	-	No dia 6: 6,2 No dia 21: 5,6	-	
Bagre salgado (<i>Bagre marinus</i>)	100%	-	Folhas de bagre salgado no dia 6 da hora da salga	-	-	-	Umidade: \cong 0,50	(CORZO; BRACHO; RODRÍGUEZ, 2015)
	45%	25% KCl, 20% CaCl ₂ , 10% MgCl ₂		-	-	-	Umidade: \cong 0,25	

Tabela 3 - Efeito da substituição de sódio nos perfis instrumentais de cor e textura de produtos de pesca em comparação com o controle (apenas NaCl) (conclusão)

Bolo De Peixe Frito (<i>Nemipterus virgatus</i>)	100%	--	30 % SRFFC	67,62	6,04	37,45	Força: 30,11 Dureza: 33,69 Adesividade: -1,0	(HWA NG; CHOI; LEE, 2013)
	80%	20% KCl	30 % SRFFC	72,89	4,43	37,24	Força: 11,22 Dureza: 25,02 Adesividade: -0,3	
Plaa-som: Peixe fermentado Tailandês (<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>)	100%	--		59,14	12,65	11,23	Dureza \cong 2250 Adesividade \cong -1,9 Elasticidade \cong 0,78 Coesividade \cong 0,77	(JITTR EPOT CH; ROJS UNTO RNKIT TI; KONG BANG KERD, 2015)
	50%	50% KCl	Fermentação (7 dias, temperatura ambiente)	59,95	12,73	11,61	Dureza \cong 2100 \cong -2,0 Elasticidade \cong 0,78 Coesividade \cong 0,77	
	50-75%	50-25% CaCl ₂		66,11	13,30	13,58	Dureza \cong 2100 Adesividade \cong -3,5 Elasticidade \cong 0,78	
Pasta fermentada de camarão (<i>Acetes vulgaris</i>)	100%	--		33,77	9,39	12,03	-	(NITIP ONG; KAMO NWAN ; TEER APORN, 2020)
	50-75%	50-25% KCl	Fermentação (12 semanas, 30-35°C)	34,09	8,93	10,15	-	
	98%	--	--	\cong 95	\cong 0,0	\cong 0,4	-	(ĐOR ĐEVIĆ ; BUCH TOVÁ; MACH ARÁČ KOVÁ, 2018)
Sushi Nigiri e Maki (salmão, atum e camarão)	87-99%	--	Microsfemas de sal Soda-Lo	\cong 99	\cong 0,05	\cong 2,0	-	

Fonte: (O autor, 2021).

Legenda: *L**: lightness; *a**: redness; *b**: yellowness; --: Nenhum; -: não estudado / dados não mostrados; SRFFC: bolos de peixe fritos com teor reduzido de sódio; MTG: transglutaminase microbiana; KCl: cloreto de potássio; Cloreto de magnésio MgCl₂; CaCl₂: cloreto de cálcio; WVP: permeabilidade ao vapor de água.

CaCl₂ e MgCl₂ parecem ser menos promissores que KCl ao se observar o quesito cor instrumental. É possível observar que os géis de proteína parecem ser menos sensíveis a alterações de cor que poderiam ocorrer após o uso de substitutos de NaCl. Produtos defumados se mostraram mais sensíveis para mudanças na coordenada *a**, principalmente, após sofrerem defumação a quente. Em relação aos

produtos de pescado com sabor defumado, a aplicação de fumaça líquida em peixes pode reduzir as possíveis diferenças, que o uso de diferentes sais pode promover (FUENTES et al., 2011; RIZO et al., 2018) o tipo de sal avaliado isoladamente não forneceu alterações de coloração. No entanto, a condição da embalagem/processamento da defumação e tempo de armazenamento combinados com a substituição de 50 % de sódio afetaram a cor do produto (FUENTES et al., 2011; GIESE et al., 2019; RIZO et al., 2017). Apesar de L^* e b^* terem aumentado, enquanto a^* foi reduzido durante o armazenamento, a substituição de 50 % de sódio em filés de robalo defumado (*Dicentrarchus labrax* L.) embalados em MAP após 42 dias de armazenamento a 4°C causou uma pequena redução na coordenada amarelo/azul b^* em relação ao controle (100 % NaCl) (FUENTES et al., 2012). Comportamento semelhante foi encontrado para a substituição de 50 % de sódio em truta defumada (*Oncorhynchus mykiss*), apesar de L^* e b^* terem aumentado, enquanto a^* foi diminuído durante o armazenamento para 100 % de NaCl, a substituição parcial de sódio da amostra com sabor defumado usando sacos de WVP após 42 dias de armazenamento a 4 °C exerce um pequeno aumento na coordenada vermelho/verde a^* em relação ao controle (100% NaCl) (RIZO et al., 2017). Da mesma forma, para salmão defumado a frio, tanto a amostra controle 100 % NaCl quanto as amostras com redução de sódio 50 % com K-lactato mudaram de cor durante o armazenamento, e o produto substituído de sódio apresentou menor valor L^* e maior valor b^* do que a amostra controle após 21 dias de armazenamento (GIESE et al., 2019).

A substituição de 20 % de sódio por KCl em bolos de peixe fritos alterou significativamente a cor, aumentando os valores de L^* e reduzindo b^* (HWANG; CHOI; LEE, 2013). Curiosamente, enquanto a substituição de 25-50 % de sódio com KCl em peixes fermentados tailandeses não afetou o perfil de cor, o mesmo tipo de substituição na pasta de camarão fermentada mudou significativamente o perfil de cor, aumentando L^* e reduzindo os valores a^* e b^* (JITREPOTCH; ROJSUNTORNKITTI; KONGBANGKERD, 2015; NITIPONG; KAMONWAN; TEERAPORN, 2020). Além disso, a substituição de 25-50 % de sódio com CaCl_2 alterou o perfil de cor, aumentando os valores de L^* , a^* e b^* em peixes fermentados tailandeses (JITREPOTCH; ROJSUNTORNKITTI; KONGBANGKERD, 2015); e redução de L^* e aumento de a^* e b^* na pasta de camarão fermentada (NITIPONG; KAMONWAN; TEERAPORN, 2020). Da mesma forma, a substituição de sódio por microesferas de

sal Soda-Lo em pratos de sushi de peixe e frutos do mar alterou a cor significativamente ($p < 0,05$) aumentando a luminosidade L^* enquanto a coordenada vermelho/verde a^* foi reduzida e a coordenada b^* foi bastante sensível a substituição por microesferas (ĐORĐEVIĆ; BUCHTOVÁ; MACHARÁČKOVÁ, 2018).

A textura é um atributo importante para avaliar a qualidade da carne de peixes, determinada pelo seu teor de água (SEN, 2005). O NaCl é geralmente utilizado no processamento de pescado, pois pode aumentar a vida de prateleira e afetar significativamente os atributos físico-químicos, sensoriais e instrumentais dos peixes, principalmente no que diz respeito à textura. A interação proteína-sal causa desnaturação de proteínas com perda de água pelas proteínas miofibrilares, devido ao processo de “salting-out” (CORZO; BRACHO; RODRÍGUEZ, 2015; ĐORĐEVIĆ; BUCHTOVÁ; MACHARÁČKOVÁ, 2018; FUENTES et al., 2011). Nos produtos de surimi, a textura é afetada pela força iônica e propriedades funcionais das proteínas: a substituição de sódio por um menor teor de CaCl_2 aumentou significativamente ($p < 0,05$) a dureza e reduziu ($p < 0,05$) a elasticidade, enquanto a substituição com o cloreto de potássio não resultou em alterações nos parâmetros de textura do gel (YU et al., 2017). As substituições de sódio podem alterar vários parâmetros de textura, dependendo do produto. Estas modificações dependem de vários fatores que influenciam a qualidade da carne de peixe e outras características de processamento, como espécies, aditivos, umidade, pH final, teor de lipídios e condições de processamento (DOYLE; GLASS, 2010). Por exemplo, a substituição de 50% de NaCl por KCl em filés de robalo defumado não afetou significativamente o perfil de textura (FUENTES et al., 2011). No entanto, vários autores relataram que a substituição do NaCl por outros sais pode afetar a textura dos produtos, pelo menos em alguns atributos (RIZO et al., 2017). O conteúdo lipídico em filés de peixe é geralmente distribuído de forma heterogênea; este fator pode afetar extensivamente a textura dos alimentos (GINÉS et al., 2004; KATIKOU; HUGHES; ROBB, 2001; RIZO et al., 2017). É evidente a partir da Tabela 3 que a substituição de sódio por KCl, MgCl_2 e CaCl_2 altera os atributos de textura de produtos de peixe, como dureza, adesividade, elasticidade, mastigabilidade, coesividade, umidade e propriedades de gel (por exemplo, força de quebra) (CORZO; BRACHO; RODRÍGUEZ, 2015; FENG et al., 2018; HUNT; PARK, 2013; HWANG; CHOI; LEE, 2013; JITTREPOTCH; ROJSUNTORNKITTI; KONGBANGKARD, 2015; MONTEIRO et al., 2015). Os sais, de maneira geral, reduziram a dureza e aumentaram a elasticidade dos produtos,

contudo o CaCl_2 aumentou a dureza nos géis de surimi e diminuiu a sua elasticidade, já no peixe fermentado tailandês o CaCl_2 manteve a dureza e reduziu a adesividade. O maior conteúdo de K^+ no músculo pode estar associado a um aumento na dureza do produto de peixe (MARTÍNEZ-ALVAREZ; GÓMEZ-GUILLÉN, 2013). A eficiência de outros sais clorados (por exemplo, KCl , MgCl_2 e CaCl_2) como substitutos por NaCl na gelificação de géis de proteína miofibrilar de peixes melhorou as propriedades do gel, mas apenas KCl forneceu menos deterioração textural com resultados próximos à amostra de referência de 100% NaCl (FENG et al., 2018), mesmo por reposição total de sódio (TAHERGORABI et al., 2012). A amostra com 20% de substituição de sódio com KCl em 30% SRFFC também alterou significativamente as propriedades texturais, aumentando a adesividade e reduzindo os atributos de resistência e dureza (HWANG; CHOI; LEE, 2013). A substituição de sódio com diferentes níveis de KCl , MgCl_2 e CaCl_2 na salga a seco de lâminas de bagre afetou a umidade com o tempo de salga (CORZO; BRACHO; RODRÍGUEZ, 2015). As interações proteína-sal podem explicar esse comportamento, bem como a alta força iônica nos meios que apresentam maior resistência ao transporte do que a água, diminuindo a difusividade e, portanto, reduzindo a umidade (CORZO; BRACHO; RODRÍGUEZ, 2015; GOU; COMAPOSADA; ARNAU, 2003).

Foi possível identificar que os consumidores não conseguem diferenciar sensorialmente alterações quanto aos parâmetros de cor e textura nos produtos substituídos e o tratamento controle. Contudo é nítida a existência de diferenças nos parâmetros de cor e textura quando os produtos substituídos e o tratamento controle são avaliados instrumentalmente e que o tempo de armazenamento impacta diretamente nos parâmetros de cor e textura instrumental.

4.4 pH e atividade de água

As análises microbiológicas, químicas, microscópicas e/ou sensoriais devem ser realizadas para garantir resultados confiáveis (BERNARDO et al., 2020). O pH é uma análise química que tem a função de indicar neutralidade, acidez, ou alcalinidade do músculo de peixes e frutos do mar em meio aquoso. Peixes e frutos do mar são considerados alimentos de baixa acidez (pH superior a 4,5); assim, o pescado é um dos produtos de origem animal mais suscetível ao processo de deterioração devido ao pH próximo da neutralidade (GONÇALVES, 2017).

A Tabela 4 mostra os tratamentos de substituição de sódio mais eficazes nos estudos selecionados que não apresentaram alterações significativas de pH e atividade de água (a_w) em relação aos produtos de peixe e frutos do mar em amostras controle (apenas NaCl). Os parâmetros de pH e atividade de água de uma maneira geral não foram afetados significativamente pelos tratamentos substitutos em relação ao tratamento controle (Tabela 4). Os estudos avaliaram o comportamento do pH das amostras em diferentes tipos de processamento e tempos de armazenamento, tais como gelificação a frio de proteína miofibrilar (MP), defumação, fermentação, cozimento ou consumo cru, e também diferentes sais para substituição parcial ou total de sódio (KCl, $MgCl_2$, $CaCl_2$, K-lactato, Pansalt 100, sub4sal 100, SaltTrim 100 e microesferas de sal Soda-Lo).

Tabela 4 - pH e a_w dos tratamentos de controle (apenas NaCl) e dos tratamentos de substituição de sódio mais eficazes em produtos à base de carne de peixe e frutos do mar (continua)

Produtos de peixe	Conteúdo de NaCl	Nível do substituto de sódio	Tratamento	pH	a_w	Ref.
Carpa-do-limo (<i>Ctenopharyngodon idellus</i>)	100%	--	Gelificação a frio de proteína miofibrilar de carpa-do-limo por MTG	$\cong 6,5$	--	(CAI et al., 2018)
	66,6%	33,3% KCl ou $MgCl_2$ ou $CaCl_2$		$\cong 6,30 - 6,44$		
Robalo defumado (<i>Dicentrarchus labrax</i> L.)	100%	--	Embalagem a vácuo Condições de embalagem: MAP > vácuo > no ar	6,04	0,958	(FUENTES et al., 2012)
	50%	50% KCl		6,23	0,956	
Truta com sabor defumado (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	100%	--	Sabor defumado por sacos WVP, no dia 28	6,0	0,952	(RIZO et al., 2017)
	50%	50% KCl		6,04	0,955	
Salmão com sabor defumado (<i>Salmo salar</i>)	100%	--	Sabor defumado por sacos WVP, no dia 0	6,27	0,934	(RIZO et al., 2018)
	50%	50% KCl		6,25	0,936	
Matjes nordische Art (<i>Clupea harengus</i>)	100%	--	Embalagem por MAP, período de armazenamento: 2 dias - 30 dias	5,8	0,94	(GIESE et al., 2019)
	40%	30% KCl 30% K-lactato		5,7 - 5,9	0,86 0,94 0,93	

Tabela 4 - pH e a_w dos tratamentos de controle (apenas NaCl) e dos tratamentos de substituição de sódio mais eficazes em produtos à base de carne de peixe e frutos do mar (continuação)

Salmão defumado a frio (<i>Salmo salar</i>)	100%	--	Defumação a frio + embalagem a vácuo, período de armazenamento: 0 dias - 21 dias	6,1	0,97 – 0,94	(GIESE et al., 2019)
	50%	50% K-lactato		5,8 – 6,2	0,95– 0,91	
Arenque defumado (<i>Clupea harengus</i>)	100%	--	Salga a seco por 48 h (método comercial); período de armazenamento tempo zero / 3 meses	6,09/6,28	--	(OSHEBA, 2013)
	80%	10% KCl+10 % K-Lactato	Salga a seco por 48 h + embalagem a vácuo	6,03/6,29	--	
Placa-som: peixe fermentado tailandês (<i>Hypophthalmichthys molitrix</i>)	100%	--	Fermentação (0 dia - 7 dias temperatura ambiente)	\cong 6,3 – 4,9	\cong 0,95 – 0,91	(JITREPOTCH; ROJSUNTORNKITTI; KONGBANGKERD, 2015)
	50%	50% KCl		\cong 6,1 – 4,8	\cong 0,94 – 0,91	
	50%	50% CaCl ₂		\cong 6,2 – 4,9	\cong 0,94 – 0,91	
Sushi maki de camarão (<i>Pleoticus muelleri</i>)	98%	--	--	5,30	0,96	(ĐORĐEVIĆ; BUCHTOVÁ; MACHARÁČKOVÁ, 2018)
	58 %	38% KCl	--	5,41	0,96	
	87-99%	--	Microesferas de sal Soda-Lo	5,31	0,96	
Nigiri sushi de atum (<i>Thunnus albacares</i>)	98%	--	--	5,05	0,95	(ĐORĐEVIĆ; BUCHTOVÁ; MACHARÁČKOVÁ, 2018)
	58%	38% KCl	--	5,05	0,95	
	87-99%	--	Microesferas de sal Soda-Lo	5,04	0,95	
Carne moída cozida com hadoque fresco (<i>Melanogrammus aeglefinus</i>)	100% (0,34 mol pr kg carne moída)	--	Cozido + sacos plásticos + armazenado resfriado por 24 h	6,33	--	(GREIFF et al., 2015)
	--	100% KCl (0,34 mol pr kg carne moída)		6,49	--	

Tabela 4 - pH e a_w dos tratamentos de controle (apenas NaCl) e dos tratamentos de substituição de sódio mais eficazes em produtos à base de carne de peixe e frutos do mar (conclusão)

Carne moída cozida com hadoque congelado (<i>Melanogrammus aeglefinus</i>)	100% (0,34 mol pr kg carne moída)	--	Congelado por 67 dias + Cozido + sacos plásticos + armazenado refrigerado por 24 h	6,50	--	(GREIFF et al., 2015)
	--	100% KCl (0,34 mol pr kg carne moída)		6,61	--	
Proteína miofibrilar do lote Surimi	100% (0,34 mol/L NaCl)	--	Tecnologia de reestruturação (gelificação termicamente definida)	--	0,985	(TAHERGORABI et al., 2012)
	--	100% KCl (0,34 mol/L KCl)		--	0,991	

Fonte: (O autor, 2021).

Legenda: --: Nenhum; -: não estudado / dados não mostrados; SRFFC: bolos de peixe fritos com teor reduzido de sódio; MTG: transglutaminase microbiana; KCl: cloreto de potássio; MgCl₂: cloreto de magnésio; CaCl₂: cloreto de cálcio; WVP: permeabilidade ao vapor de água.

O processamento diferente e/ou o tempo de armazenamento de produtos à base de peixe parece afetar o pH, em alguns casos, mais do que substituição de sódio por outros sais (CAI et al., 2018; FUENTES et al., 2012; JITTREPOTCH; ROJSUNTORNKITTI; KONGBANGKERD, 2015; OSHEBA, 2013; RIZO et al., 2017). Durante o processo de gelificação a frio, a mudança do pH foi relacionada à interação eletrostática entre as moléculas de proteínas, com os valores de pH diminuindo ao longo do tempo (CAI et al., 2018). Após a defumação, a redução do pH está relacionada à absorção de fumaça ácida, perda de umidade e reações fenólicas, polifenólicas e compostos de carbonílicos com proteínas e grupos amino. Nesse caso, o baixo valor de pH da solução de fumaça líquida também contribui para a diminuição do pH (FUENTES et al., 2012). Além disso, os valores de pH aumentaram ligeiramente com o aumento do tempo de armazenamento em produtos de peixe defumado. O aumento do pH pode ser atribuído a amins biogênicas e componentes essencialmente voláteis, como amônia, trimetilamina e nitrogênio volátil total e por bactérias de deterioração de peixes (OSHEBA, 2013). Além disso, o pH diminui quando ocorre um processo de fermentação (JITTREPOTCH; ROJSUNTORNKITTI; KONGBANGKERD, 2015). Apesar disso, alguns estudos não observaram mudanças

significativas de pH durante o tempo de armazenamento dos produtos avaliados (RIZO et al., 2017, 2018).

Comparando os efeitos no pH de diferentes sais usados para substituir o NaCl, na maioria dos estudos, há uma tendência de substituição parcial do NaCl pelo KCl, mais especificamente aplicando-se a reposição de 33-50 % de NaCl, sem afetar significativamente os valores de pH em comparação com o controle (100 % NaCl), provavelmente devido à força iônica semelhante entre NaCl e KCl (CAI et al., 2018; ĐORĐEVIĆ; BUCHTOVÁ; MACHARÁČKOVÁ, 2018; GREIFF et al., 2015; JITTREPOTCH; ROJSUNTORNKITTI; KONGBANGKERD, 2015; RIZO et al., 2017, 2018). No entanto, a carne moída cozida de hadoque congelado (*Melanogrammus aeglefinus*) com 100 % de KCl apresentou valores de pH superiores ao tratamento com 100 % de NaCl (GREIFF et al., 2015). No robalo defumado (*Dicentrarchus labrax L.*), as amostras de Na apresentaram pH mais baixo do que as amostras de Na:K. Isso indica que deve haver uma interação entre a substituição do sal e esses processos. Assim, a substituição de sal por KCl parece mais desafiadora quanto ao pH para produtos defumados e cominuídos (FUENTES et al., 2012).

Peixes fermentados (*Hypophthalmichthys molitrix*) com 75 % de CaCl_2 exibiram pH mais baixo e acidez total maior do que aqueles com 100 %; no entanto, a substituição com 50 % de CaCl_2 não afetou o pH (JITTREPOTCH; ROJSUNTORNKITTI; KONGBANGKERD, 2015). A substituição do NaCl por uma concentração equimolar de MgCl_2 afetou diversos atributos físico-químicos, resultando na redução dos valores de pH (GREIFF et al., 2015). A substituição de 33 % de sódio por MgCl_2 ou CaCl_2 na carpa-do-limo (*Ctenopharyngodon idellus*) não afetou o pH em comparação com o tratamento 100 % NaCl. Dessa maneira, é possível influir que a substituição utilizando 75 % CaCl_2 e MgCl_2 em concentração equimolar ao NaCl não é muito vantajosa levando em conta peixes fermentados, uma vez que os atributos físico-químicos e o pH sofreram alterações expressivas. É interessante notar que a aplicação de microesferas de sal Soda-Lo (microesferas de NaCl) em sushi maki de camarão e nigiri e sushi de atum foi satisfatória, sem alterar os valores de pH. No estudo de Giese et al. (2019), embora os diferentes tipos de sais estudados para reposição parcial de NaCl não tenham afetado significativamente o pH, os autores indicam que a formulação 30 % KCl 30 % K-lactato 40 % NaCl é o tratamento mais eficaz para Matjes nordische Art (*Clupea harengus*), e a formulação de 50 % K-lactato 50 % NaCl é o tratamento mais eficaz para salmão defumado a frio (*Salmo*

salar), sem afetar o valor do pH em comparação com amostras 100 % NaCl. O tratamento de substituição de sódio utilizando 10 % KCl + 10 % K-Lactato foi o mais eficaz em arenque defumado (*Clupea harengus*) sem alteração do pH.

Por fim, a concentração de sal e o tipo de frutos do mar ou pescado podem afetar o pH, onde uma maior concentração de sal aplicada no produto diminui o pH (JITREPOTCH; ROJSUNTORNKITTI; KONGBANGKERD, 2015). No estudo de Đorđević et al. (2018), amostras de sushi de peixes e frutos do mar (salmão, atum, camarão) apresentaram valores de pH diferentes ($p < 0,05$) dentro da mesma concentração e tipo de sal usado na reposição de NaCl, em que as amostras de camarão apresentaram o maior valor de pH.

A atividade da água (a_w) é uma propriedade termodinâmica usada para prever a probabilidade de mudanças nos atributos físico-químicos e microbianos em um sistema/produto alimentar durante o armazenamento. Por definição, a_w consiste na razão entre a pressão de vapor de água de um sistema alimentar e a pressão de vapor de água saturada em uma dada temperatura e pressão atmosférica. É uma propriedade da água e implica o estado de energia da água em um sistema alimentar multicomponente e pode ser considerada uma estimativa da água termodinamicamente disponível em um sistema alimentar necessária para que os microrganismos sobrevivam, cresçam, se multipliquem (SYAMALADEVI et al., 2020).

A Tabela 4 mostra os tratamentos de substituição de sódio mais eficazes nos estudos que não mostraram alterações significativas na atividade de água (a_w) em relação as amostras 100 % NaCl. Os estudos avaliaram o comportamento da a_w das amostras em diferentes tipos de processamento e tempos de armazenamento, tais como defumação, fermentação, cozimento ou consumo cru, gelificação por termofixação, e também diferentes sais para substituição parcial ou total de sódio (KCl, CaCl_2 , K -lactato, Pansalt 100, sub4salt 100, SaltTrim 100 e microesferas de sal Soda-Lo).

Como esperado, o processo de salga-defumação reduziu o teor de água e os valores de a_w resultantes da absorção de sal e desidratação (RIZO et al., 2018); da mesma forma, o processo de fermentação também diminui a a_w nos produtos da pesca (JITREPOTCH; ROJSUNTORNKITTI; KONGBANGKERD, 2015). De acordo com alguns estudos que avaliaram a substituição de sódio por KCl, CaCl_2 e Soda-Lo, a a_w não parece ter sido afetada nos produtos, comportando-se de forma semelhante ao controle (100% NaCl); a maioria destes estudos envolveu algum processo de

fermentação ou defumação (ĐORĐEVIĆ; BUCHTOVÁ; MACHARÁČKOVÁ, 2018; FUENTES et al., 2012; JITTREPOTCH; ROJSUNTORNKITTI; KONGBANGKERD, 2015; RIZO et al., 2017, 2018). A Portaria nº 143, de 18 de dezembro de 2017, estabelece em seu artigo sétimo que a atividade de água para peixes defumados resfriados deve ser inferior a 0,94 (BRASIL, 2017). *Clostridium botulinum* não pode crescer e produzir toxina abaixo de 3°C ou abaixo de a_w de 0,94 (CXS 311-2013, 2018). A partir disso, é possível inferir que os produtos de pescado (amostras 100% NaCl e 50% KCl) do estudo de Fuentes et al. (2012) e Rizo et al. (2017) estão fora do padrão, e as amostras do estudo de Rizo et al. (2018) está dentro da norma referente a a_w para peixes defumados.

Em Matjes nordische Art (*Clupea harengus*), foi observada uma ligeira diferença em relação à a_w do tratamento controle (100 % NaCl) e a_w da mistura 30-30 KCl-K-Lactato usada para substituir o sódio, que apresentaram uma a_w mais alta, sendo mais suscetível a alterações físico-químicas e microbiológicas. Apesar disso, durante as análises microbiológicas não foram observadas alterações, possivelmente, devido às propriedades antimicrobianas do K-Lactato (SHELEF; YANG, 1991; TAN; SHELEF, 2002).

De acordo com Giese et al. (2019), há uma diminuição da a_w dos produtos de pescado com o tempo de armazenamento, mas essa redução não ocorre de forma consistente. A amostra de Matjes nordische Art contendo a mistura 30-30 KCl-K-Lactato usada para substituir o sódio revelou a_w de 0,94 após 2-3 dias de armazenamento, a_w de 0,93 nos dias 9-10, 0,90 nos dias 23-24, 0,93 nos dias 28-30. Enquanto isso, a amostra controle de a_w (100 %NaCl) diminuiu de 0,94 para 0,90 após 23-24 dias de armazenamento, caindo novamente para 0,86 nos dias 28-30, apresentando diminuição consistente de a_w . No salmão defumado a frio, na amostra controle (100 % NaCl) a a_w diminuiu de 0,97 para 0,91 após 15 dias de armazenamento, voltando a subir para 0,94 no dia 21, apresentando diminuição inconsistente de a_w durante a estocagem. Da mesma forma, a a_w do salmão defumado a frio contendo 50 % K-Lactato aumentou de 0,95 para 0,96 no 8º dia de armazenamento, diminuindo para 0,92 no 15º dia e para 0,91 no 21º dia.

Finalmente, no estudo de Tahergorabi et al., (2012) a a_w da amostra do lote Surimi 100 % de substituição de KCl foi maior (0,991) e estatisticamente diferente do controle 100 % NaCl (0,985). Dessa forma, um dos desafios associados ao uso de

substitutos do NaCl em produtos cárneos reestruturados é que a redução de a_w pode não ser tão substancial quanto ao tratamento 100 % NaCl (RUIZ, 2007).

4.5 Composição centesimal

A composição centesimal dos alimentos representa a proporção de componentes/grupos de substâncias em 100 g de produto/alimento (a porção comestível do alimento) e geralmente expõe o valor calórico ou nutricional, bem como os grupos homogêneos (que se encontram em praticamente todos os alimentos) de substâncias alimentares (umidade, lipídios, proteínas, cinzas, fibras e carboidratos). Essas informações são essenciais para avaliar os dados dos alimentos/produtos, fornecendo informações nutricionais, calorias, rótulos e avaliando sua qualidade e consumo. A composição centesimal do pescado e dos produtos à base de pescado varia de acordo com a sazonalidade, a produção e o método de preparação, representando, portanto, valores médios derivados da análise de um determinado número de amostras; assim, pequenas variações podem ocorrer e são consideradas normais (DE OLIVEIRA, MARCHINI, 2008; VIANA et al., 2013)

A Tabela 5 mostra o efeito da substituição de sódio na composição centesimal de produtos de peixe em comparação com a amostra controle (100 % NaCl). Apesar da importância de analisar a composição centesimal para caracterizar os novos produtos com substitutos de sódio, poucos estudos realizaram esta análise. A composição centesimal revelou que os produtos de peixe apresentam alto teor de proteínas (FARALIZADEH; ZAKIPOUR RAHIMABADI; KHANIPOUR, 2016; PALMEIRA et al., 2014). Em Palmeira et al. (2014), os resultados atendem aos parâmetros do regulamento técnico de identidade e qualidade da almôndega relacionado a lipídios (max-18 %), proteínas (min-12 %) e carboidratos (max-10 %). Além disso, ocorreu um aumento significativo da umidade do produto após a substituição parcial utilizando 25 % de KCl, devido a maior capacidade de retenção de água do KCl. Em Faralizadeh; Zakipour Rahimabadi; Khanipour (2016), o parâmetro umidade é aceitável, pois se enquadra entre peixes salgados e secos, conforme descrito na Portaria nº 143, de 18 de dezembro de 2017 (BRASIL, 2017). Essa mesma concentração de KCl ocasionou um aumento significativo no conteúdo proteico de peixe Kilka, derivado de uma possível mais elevada solubilização proteica realizada por KCl o que pode gerar uma maior perda de proteínas durante o

processamento. Embora a substituição do NaCl pelo KCl tenha alterado a composição química dos produtos, estes ainda se mantiveram dentro do padrão de identidade e qualidade; portanto, não houve perdas significativas de macronutrientes nos produtos, não afetando sua qualidade e identidade.

Tabela 5 - O efeito da substituição de sódio na composição centesimal de produtos de pesca em comparação com a amostra de controle (apenas NaCl)

Produtos de peixe	Conteúdo de NaCl	Nível de substitutos de sódio	Tratamentos adicionais	Umidade	Lipídios	Cinz a	Prote ínas	Carboidra tos	Ref.
Almôndegas de truta (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	100%	--	Tecnologia de reestruturação (4 % de resíduos de soja + 1 % de MTG)	69,24	3,05	3,10	20,80	3,81	(PALMEIRA ET AL., 2014)
	75%	25% KCl		71,53	2,45	2,10	20,60	3,32	
Peixe kilka (<i>Clupeonella cultriventris caspia</i>)	100%	0%	Defumado a frio durante armazenamento a $\pm 4^{\circ}\text{C}$	47,70	13,54	4,40	30,35	--	FARALIZADEH ET AL., 2016)
	75%	25% KCl		46,05	11,29	5,50	32,75	--	

Fonte: (O autor, 2021).

Legenda: --: Nenhum; -: não estudado / dados não mostrados; KCl: cloreto de potássio; MTG.: transglutaminase microbiana.

5 CONCLUSÕES E PERSPECTIVAS

Considerando a substituição de sódio por KCl, K-Lactato, MgCl_2 e CaCl_2 nos produtos de peixe processados “prontos para comer”, como produtos com sabor defumado e o bolo de peixe frito, notamos que embora as propriedades físico-químicas e a segurança microbiológica durante o armazenamento não tenham sido significativamente afetadas, estes sais impactaram negativamente a qualidade sensorial de sabor, cor e textura, além da composição centesimal e cor e textura instrumental. As substituições utilizando KCl 25 % - 50 % foram as que apresentaram os melhores resultados em relação a qualidade/aceitabilidade dos produtos. A aceitabilidade do consumidor foi reduzida em várias tentativas, porque sabores

estranhos podem ser gerados por esses sais fornecendo percepção amarga, metálica ou menos salgada. Portanto, os efeitos potencialmente adversos desses sais na qualidade sensorial precisam ser considerados na formulação do produto de peixe. Além disso, o efeito sobre o valor nutricional, tendo como principal alteração a perda de proteínas é uma lacuna que poderá e deve ser preenchida/analísada em avaliações nutricionais futuras. Novas tecnologias para a salga, como microesferas de sal Soda-lo, contendo teor reduzido de sódio, parecem ser uma alternativa potencial para peixes e frutos do mar processados com redução do conteúdo de sódio, gerando menor impacto na saúde e preservando a qualidade sensorial, se mostrando talvez como uma tendência para pesquisas futuras. Da mesma forma, a combinação de embalagem com tecnologia MAP com sais de potássio tem sido evidenciada como uma ferramenta potencial para reduzir o teor de sódio em produtos de peixe defumado, contudo mais estudos são necessários, uma vez que algumas propriedades físico-químicas foram comprometidas e mudanças de cor foram observadas durante o armazenamento.

Em relação aos produtos reestruturados como proteína miofibrilar de gel de peixe, a substituição parcial do sódio por KCl ou sua mistura com $MgCl_2$ e $CaCl_2$ poderia superar os desafios do teste de aceitabilidade quanto ao sabor amargo ou menos salgado. No entanto, os parâmetros físico-químicos de cor e textura têm sido alterado. Além disso, o efeito dessas estratégias de redução/substituição de sódio na qualidade microbiológica e valor nutricional de tais produtos reestruturados ainda deve ser considerado por uma avaliação adicional da composição centesimal.

Assim, apesar do grande destaque do KCl como principal substituto do sódio nos artigos, esses artigos revelaram a necessidade de mais estudos com outras combinações de sais com opções com uma performance mais adequada para realizar a substituição. Desta forma, a grande variedade de produtos pesqueiros em relação às condições de matéria-prima, formulação, processamento e armazenamento faz com que a aplicação do conceito de redução/substituição de sódio a outros produtos pesqueiros sempre exija testes abrangentes do produto nas empresas antes que uma reformulação do produto seja possível, pois é necessário reduzir o teor de NaCl sem alterar a aceitabilidade do produto. Algumas preocupações também foram levantadas em estudos para validar a substituição do sódio em larga escala pelo KCl, o sal mais idealizado, como o preço e os efeitos adversos para pessoas com doenças renais crônicas pela alta ingestão de sais de potássio.

Acredita-se que essa revisão pode fornecer oportunidades de estudos futuros na substituição de sódio, uma vez que a análise não considerou alguns outros fatores essenciais para determinar a segurança e qualidade do pescado, como a oxidação lipídica e a formação de aminas biogênicas. Além disso, a maioria das tentativas bem-sucedidas revisadas abordou a preservação da qualidade alimentar/sensorial e das propriedades físico-químicas usando KCl e sugeriu este sal como substituto parcial ou total de sódio; no entanto, essas tentativas ainda não estudaram o efeito da substituição de sódio sobre os parâmetros microbiológicos, prazo de validade, oxidação lipídica e sobre a formação de aminas biogênicas, para outros produtos de peixe processado, além do peixe com sabor defumado, como reestruturado, salgado e produtos fermentados. Esta revisão sistemática também encontrou poucos estudos analisando a composição centesimal, apesar de sua importância, e dos produtos de peixe e frutos do mar apresentarem alto teor de proteínas e lipídios essenciais. Uma vez que a substituição do sódio altera a composição química e o sódio desempenha um papel crucial na segurança e preservação dos alimentos, essa lacuna precisa ser preenchida para afirmar se sua substituição é insuficiente para causar perdas significativas de nutrientes. A análise da oxidação lipídica também é fundamental antes de se afirmar que as estratégias revisadas apresentam um potencial significativo para a indústria alimentícia. Da mesma forma, nenhum dos estudos contemplou a avaliação completa de todos os parâmetros necessários para inferir a substituição parcial ou total do sódio sem alterar ou comprometer a qualidade dos produtos industrializados de carne de pescado, incluindo as condições de armazenamento. Devido à complexidade do processo que requer uma abordagem diferenciada para cada tipo de produto, a existência de poucas publicações nesta área e a necessidade urgente de redução do sódio na dieta da população, o esforço contínuo da comunidade científica nesta área de pesquisa deve ser enfatizado. Este trabalho contribuirá como fonte de consulta para estudos e revisões da literatura futuros.

REFERÊNCIAS

- AKITA, S. *et al.* Effects of the dietary approaches to stop hypertension (DASH) diet on the pressure-natriuresis relationship. **Hypertension**, v. 42, n. 1, p. 8–13, 2003.
- ALCICEK, Z.; ATAR, H. H. The effects of salting on chemical quality of vacuum packed liquid smoked and traditional smoked rainbow trout (*Oncorhynchus Tnykiss*) fillets during chilled storage. **Journal of Animal and Veterinary Advances**, v. 9, n. 22, p. 2778–2783, 2010.
- ALIMENTOS, G. C. EM. **Teste de aceitação**: o que é e qual a importância de realizá-lo. 2019. Disponível em: <https://gepea.com.br/teste-de-aceitacao/#closePopup>. Acesso em: 21 mar. 2021.
- ALIÑO, M. *et al.* Development of a low-sodium ready-to-eat desalted cod. **Journal of Food Engineering**, v. 107, n. 3–4, p. 304–310, 2011.
- ALLISON, A.; FOULADKHAH, A. Adoptable interventions, human health, and food safety considerations for reducing sodium content of processed food products. **Foods**, v. 7, n. 2, 2018.
- ALMLI, V. L.; HERSLETH, M. Salt replacement and injection salting in smoked salmon evaluated from descriptive and hedonic sensory perspectives. **Aquaculture International**, v. 21, n. 5, p. 1091–1108, 2013.
- AMAGLIANI, G.; BRANDI, G.; SCHIAVANO, G. F. Incidence and role of Salmonella in seafood safety. **Food Research International**, v. 45, n. 2, p. 780-788, 2012.
- AMERICAN MEAT SCIENCE ASSOCIATION. **Meat color measurement guidelines**. Kearney: AMSA, 1995.
- ANTUNES, G.G.B.; OLIVEIRA, B.A.; VARGAS, M.R.; SANTOS, J. R. C. **Análise sensorial do extrato da amêndoa de baru com e sem torrefação**. 2017. Disponível em: <http://www.abq.org.br/entequi/2017/trabalhos/50/50-12547-20968.html#:~:text=Para o teste de intenção,caso esse estivesse sendo comercializado>. Acesso em: 21 mar. 2021.
- ARANTES, S. M. P. **Importância do pH na carne de bovino embalada**. 2014.
- ASKAR, A. *et al.* Pasterma and beef bouillon - The effect of substituting KCl and K-lactate for sodium chloride. **Fleischwirtsch. Int.**, v. 1, p. 50, 1994.
- BARASH, J. R.; ARNON, S. S. A novel strain of *Clostridium botulinum* that produces type B and type H botulinum toxins. **The Journal of infectious diseases**, v. 209, n. 2, p. 183-191, 2014.
- BARAT, J. M. *et al.* Partial replacement of sodium in meat and fish products by using magnesium salts: a review. **Plant and Soil**, v. 368, n. 1–2, p. 179–188, 2013.

BENTO, R. DE A.; ANDRADE, S. A. C.; SILVA, A. M. A. D. **Técnico em Alimentos - Análises sensorial de alimentos**. 2013. Disponível em: http://proedu.rnp.br/bitstream/handle/123456789/950/Analise_Sensorial_BOOK_WE B.pdf?sequence=1&isAllowed=y. Acesso em: 22 mar. 2021.

BERNARDO, Y. A. A. *et al.* Fish Quality Index Method: Principles, weaknesses, validation, and alternatives—A review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 19, n. 5, p.2657–2676, 2020.

BLOUKAS, J. G.; ARVANITTOYANNIS, I. S.; SIOPI, A. A. Effect of natural colourants and nitrites on colour attributes of frankfurters. **Meat Science**, v. 52, n. 3, p. 257–265, 1999.

BORGES, A. **Parâmetros de qualidade do pacu (*Piaractus mesopotamicus*), tambaqui (*Colossoma macropomum*) e do seu híbrido eviscerados e estocados em gelo**. 2013. 222 f. Tese (Doutorado em Medicina Veterinária) - Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2013.

BOTTONE, E.J., BERCOVIER, H., MOLLARET, H.H., GENUS, X.L.I. Yersinia. *In*: GARRITY, G.M., BRENNER; D.J., KRIEG, N.R., STALEY, J.T. **Bergey's manual of systematic bacteriology. The proteobacteria. Part B. The gammaproteobacteria**, 2nd ed. New York: Springer Press, p. 838–848, 2005.

BOTTINO, F. D. O. *et al.* Influence of UV-C Radiation on Shelf Life of Vacuum Package Tambaqui (*Colossoma macropomum* x *Piaractus mesopotamicus*) Fillets. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 41, n. 4, 2017.

BRASIL. Casa Civil. Decreto 9013 de 29 de março de 2017. Regulamenta a Lei 1283 de 18 de dezembro de 1950 e Lei 7889 de 23 de novembro de 1989, que dispõem sobre a inspeção industrial sanitária de produtos de origem animal. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**: seção 1, Brasília, DF, p. 3, 30 mar 2017.

BRASIL. Congresso Nacional. Câmara dos Deputados. Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, p. 3, 30 mar. 2017. Disponível em: <https://osf.io/nf5me%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.tree.2015.01.012%0Ahttps://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/1047840X.2017.1373546%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.lindif.2016.07.011%0Ahttp://dx.doi.org/10.1016/j.paid.2017.06.011%0Ahttp://programme.exo>. Acesso em: 21 mar. 2021.

BRASIL. Ministério da agricultura Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa número 1 de 15 de janeiro de 2019 que dispõe sobre o padrão de identidade e qualidade de peixe salgado e peixe salgado e seco. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**: seção 1, Brasília, DF, página 2, 18 jan. 2019.

BRASIL. Portaria nº 143, de 18 de dezembro de 2017. Submete à Consulta Pública, pelo prazo de 60 (sessenta) dias, a contar da data da publicação desta Portaria, a proposta de Instrução Normativa, anexa, que estabelece o Regulamento Técnico

sobre a identidade e requisitos mínimos de qualidade que deve atender o peixe curado. **Diário Oficial da União**. 2017.

BREWER, M. S. *et al.* Measuring pork color: Effects of bloom time, muscle, pH and relationship to instrumental parameters. **Meat Science**, v. 57, n. 2, p. 169–176, 2001.

BUDIATI, T. *et al.* Prevalence, antibiotic resistance and plasmid profiling of *Salmonella* in catfish (*Clarias gariepinus*) and tilapia (*Tilapia mossambica*) obtained from wet markets and ponds in Malaysia. **Aquaculture**, v. 372, p. 127-132, 2013.

CAI, L. *et al.* Effect of Partial Substitutes of NaCl on the Cold-Set Gelation of Grass Carp Myofibrillar Protein Mediated by Microbial Transglutaminase. **Food and Bioprocess Technology**, v. 11, n. 10, p.1876–1886, 2018.

CANTO, A. C. V. C. S. *et al.* Physico-chemical and sensory attributes of low-sodium restructured caiman steaks containing microbial transglutaminase and salt replacers. **Meat Science**, v. 96, n. 1, p.623–632, 2014.

CARDINAL, M. *et al.* Effect of various smoking techniques on the nature of volatile compounds and on the sensory characteristics of salmon meat. **Sciences Des Aliments**, v. 17, n. 6, p. 679–696, 1997.

CARDINAL, M. *et al.* Effects of the smoking process on odour characteristics of smoked herring (*Clupea harengus*) and relationships with phenolic compound content. **Food Chemistry**, v. 96, n. 1, p.137–146, 2006.

CARDOSO, J. M. P.; BOLINI, H. M. A. Different sweeteners in peach nectar: Ideal and equivalent sweetness. **Food Research International**, v. 40, n. 10, p. 1249–1253, 2007.

CASABURI, A. *et al.* Bacterial populations and the volatilome associated to meat spoilage. **Food microbiology**, v. 45, p. 83-102, 2015

CHAKROBORTY, T.; CHAKRABORTY, S. C. Comparative Analysis of nutritional composition and microbial quality of salt-smoke-dried mirror carp (*Cyprinus carpio* var. *Specularis*) during storage at 22-28 ° C and 4 ° C. **International Journal of Food Science and Nutrition**, v. 2, n. 1, p. 86–89, 2017.

CHOI, S. H.; CHIN, K. B. Evaluation of sodium lactate as a replacement for conventional chemical preservatives in comminuted sausages inoculated with *Listeria monocytogenes*. **Meat Science**, v. 65, n. 1, p. 531–537, 2003.

Codex Alimentarius CODEX STAN 311-2013. Standard for Smoked Fish, Smoke-Flavoured Fish and Smoke-Dried Fish. Disponível em: http://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?Ink=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCODEX%20STAN%20311-2013%252FCXS_311e.pdf. Acesso em: 19 abr. 2021.

CORZO, O.; BRACHO, N.; RODRÍGUEZ, J. Modeling mass transfer during salting of catfish sheets. **Journal of Aquatic Food Product Technology**, v. 24, n. 2, p. 120–130, 2015.

COXSON, P. G. *et al.* Response to mortality benefits from US population-wide reduction in sodium consumption: Projections from 3 modeling approaches. **Hypertension**, v. 61, n. 6, 2013.

DAVIDSON, P. M.; TAYLOR, T. M.; SCHMIDT, S. E. Chemical Preservatives and Natural Antimicrobial Compounds. **Food Microbiology**, p. 765–801, 2014.

DE OLIVEIRA, J. E. D.; MARCHINI, J. S. **Ciências nutricionais: aprendendo a aprender**. 2. ed. São Paulo: Sarvier, 2008.

DESMOND, E. Reducing salt: A challenge for the meat industry. **Meat Science**, v. 74, n. 1, p. 188–196, 2006.

DE VALK, H. *et al.* Surveillance of Listeria infections in Europe. **Eurosurveillance**, v. 10, n. 10, p. 9-10, 2005.

DORĐEVIĆ, Đ.; BUCHTOVÁ, H.; MACHARÁČKOVÁ, B. Salt microspheres and potassium chloride usage for sodium reduction: Case study with sushi. **Food Science and Technology International**, v.24, n. 1, p. 3–14, 2018.

DOULGERAKI, A. I.; PARAMITHIOTIS, S.; NYCHAS, G.-J. E. Characterization of the Enterobacteriaceae community that developed during storage of minced beef under aerobic or modified atmosphere packaging conditions. **International journal of food microbiology**, v. 145, n. 1, p. 77-83, 2011.

DOYLE, M. E.; GLASS, K. A. Sodium Reduction and Its Effect on Food Safety, Food Quality, and Human Health. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 9, n. 1, p. 44–56, 2010.

DUFFES, F. Improving the control of Listeria monocytogenes in cold smoked salmon. **Trends in Food Science and Technology**, v. 10, n. 6–7, p. 211–216, 1999.

FARALIZADEH, S.; ZAKIPOUR RAHIMABADI, E.; KHANIPOUR, A. A. The influence of sodium chloride replacement with potassium chloride on quality changes of hot smoked Kilka (*Clupeonella cultriventris caspia*) during storage at $\pm 4^{\circ}\text{C}$. **Iranian Journal of Fisheries Sciences**, v. 15, n. 2, p.662–676, 2016.

FENG, J. *et al.* Effects of partial substitution of NaCl on gel properties of fish myofibrillar protein during heating treatment mediated by microbial transglutaminase. **Lwt**, v. 93, p. 1–8, 2018.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. Fisheries and Aquaculture Department. **The State of world fisheries and aquaculture 2012**. Rome: FAO, 2012.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2018**. Meeting the sustainable development goals. Rome: FAO, 2018.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2020**. Rome: FAO, 2020.

FOULADKHAH, A.; BERLIN, D.; BRUNTZ, D. High-Sodium Processed Foods: Public Health Burden and Sodium Reduction Strategies for Industry Practitioners. **Food Reviews International**, v. 31, n. 4, p. 341–354, 2015.

FUENTES, A. *et al.* Influence of sodium replacement and packaging on quality and shelf life of smoked sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.). **LWT - Food Science and Technology**, v. 44, n. 4, p. 917–923, 2011.

FUENTES, A. *et al.* Effect of partial sodium replacement on physicochemical parameters of smoked sea bass during storage. **Food Science and Technology International**, v. 18, n. 3, p. 207–217, 2012.

GALLART-JORNET, L. *et al.* Influence of brine concentration on Atlantic salmon fillet salting. **Journal of Food Engineering**, v. 80, n. 1, p. 267–275, 2007.

GAŠPERLIN, L.; ŽLENDER, B.; ABRAM, V. Colour of normal and high pH beef heated to different temperatures as related to oxygenation. **Meat science**, v. 54, n. 4, p. 391-398, 2000.

GAUTHIER, D. T. Bacterial zoonoses of fishes: a review and appraisal of evidence for linkages between fish and human infections. **The Veterinary Journal**, v. 203, n. 1, p. 27-35, 2015.

GELEIJNSE, J. M. *et al.* Sodium and potassium intake and risk of cardiovascular events and all-cause mortality: The Rotterdam Study. **European Journal of Epidemiology**, v. 22, n. 11, p. 763–770, 2007.

GELEIJNSE, J. M.; KOK, F. J.; GROBBEE, D. E. Blood pressure response to changes in sodium and potassium intake: A metaregression analysis of randomised trials. **Journal of Human Hypertension**, v. 17, n. 7, p. 471–480, 2003.

GERMANO, P. M. L.; GERMANO, M. I. S. **Higiene e vigilância sanitária de alimentos**: qualidade das matérias-primas, doenças transmitidas por alimentos, treinamento de recursos humanos. 5. ed. São Paulo. Editora Manole, 2015 p.1075.

GIESE, E. *et al.* Sodium reduction in selected fish products by means of salt substitutes. **European Food Research and Technology**, v. 245, n. 8, p. 1651–1664, 2019.

GIESE, E. *et al.* Sodium reduction in selected fish products by means of salt substitutes. **European Food Research and Technology**, v. 245, n. 8, p. 1651–1664, 2019.

GINÉS, R. *et al.* Effects of rearing temperature and strain on sensory characteristics, texture, colour and fat of Arctic charr (*Salvelinus alpinus*). **Food Quality and Preference**, v. 15, n. 2, p. 177–185, 2004.

GONÇALVES, A.A. **Tecnologia do pescado**. São Paulo: Atheneu, 2006.

GONÇALVES, A. A. The PH of the Seafood Meat: A Problem that Deserves to be Clarified. **MOJ Food Processing & Technology**, v. 4, n. 1, 2017.

GONZÁLEZ-RODRÍGUEZ, M. N. *et al.* Numbers and types of microorganisms in vacuum-packed cold-smoked freshwater fish at the retail level. **International Journal of Food Microbiology**, v. 77, n. 1–2, p. 161–168, 2002.

GOU, P.; COMAPOSADA, J.; ARNAU, J. NaCl content and temperature effects on moisture diffusivity in the *Glutens medius* muscle of pork ham. **Meat Science**, v. 63, n. 1, p. 29–34, 2003.

GOULAS, A. E.; KONTOMINAS, M. G. Effect of salting and smoking-method on the keeping quality of chub mackerel (*Scomber japonicus*): Biochemical and sensory attributes. **Food Chemistry**, v. 93, n. 3, p. 511–520, 2005.

GREIFF, K. *et al.* Effects of type and concentration of salts on physicochemical properties in fish mince. **Lwt**, v. 64, n. 1, p. 220–226, 2015.

GUINARD, J. X. *et al.* Consumer acceptance of dishes in which beef has been partially substituted with mushrooms and sodium has been reduced. **Appetite**, v. 105, p. 449–459, 2016.

HANSEN, C. H.; VOGEL, B. F.; GRAM, L. Prevalence and survival of *Listeria monocytogenes* in Danish aquatic and fish-processing environments. **Journal of food protection**, v. 69, n. 9, p. 2113–2122, 2006.

HEIMANN, J. C. Sal e hipertensão: aspectos históricos e práticos. *Revista Brasileira de Hipertensão*, v. 7, n. 1, p. 11–13, 2000.

HENNEY, J. E.; TAYLOR, C. L.; BOON, C. S. Taste and Flavor Roles of Sodium in Foods: A Unique Challenge to Reducing Sodium Intake. **Institute of Medicine**, p. 67–90, 2010.

HORNER, W. F. A. Preservation of fish by curing (drying, salting and smoking). **Fish Processing Technology**, p. 32–73, 1997.

HUNT, A.; PARK, J. W. Alaska Pollock Fish Protein Gels as Affected by Refined Carrageenan and Various Salts. **Journal of Food Quality**, v. 36, n. 1, p. 51–58, 2013.

HUTCHINGS, J. B. Instrumental specification. *In: FOOD colour and appearance*. Boston, MA: Springer, 1999. p. 199–237.

HWANG, H. J.; CHOI, S. Y.; LEE, S. C. Preparation and quality analysis of sodium-reduced fried fishcakes. **Preventive Nutrition and Food Science**, v. 18, n. 3, p. 222–225, 2013.

INGUGLIA, E. S. *et al.* Salt reduction strategies in processed meat products—A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 59, p. 70-78, 2017.

IWAMOTO, M. *et al.* Epidemiology of seafood-associated infections in the United States. **Clinical microbiology reviews**, v. 23, n. 2, p. 399-411, 2010.

JEE, S. H. A. *et al.* The effect of magnesium supplementation on blood pressure: A meta-analysis of randomized clinical trials. **American Journal of Hypertension**, v. 15, n. 8, p. 691–696, 2002.

JESAYANTA, I.; PRAKASH, S.; JAMILA, P. Wet and dry salting processing of double spotted queen fish *Scomberoides lysan*. **International Journal of Fisheries and Aquatic Studies**, v. 3, n. 4, p. 330–338, 2016.

JITREPOTCH, N.; ROJSUNTORNKITTI, K.; KONGBANGKARD, T. Physico-chemical and sensory properties of Pla-som, a Thai fermented fish product prepared by using low sodium chloride substitutes. **International Food Research Journal**, v. 22, n. 2, p. 721–730, 2015.

JOFFRAUD, J. J. *et al.* Effect of bacterial interactions on the spoilage of cold-smoked salmon. **International Journal of Food Microbiology**, v. 112, n. 1, p. 51–61, 2006.

KAFEELAH, A. Y. *et al.* Influence of fish smoking methods on polycyclic aromatic hydrocarbons content and possible risks to human health. **African Journal of Food Science**, v. 9, n. 3, p. 126–135, 2015.

KATIKOU, P.; HUGHES, S. I.; ROBB, D. H. F. Lipid distribution within atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets. **Aquaculture**, v. 202, n. 1–2, p. 89–99, 2001.

KENNETH, S. Fish Smoking Procedures for Forced Convection Smokehouses. p. 1–42, 2001. KIMURA, M. *et al.* Potassium chloride supplementation diminishes platelet reactivity in humans. **Hypertension**, v. 44, n. 6, p. 969–973, 2004.

KUMAR, R.; SURENDRAN, P. K.; THAMPURAN, N. Distribution and genotypic characterization of *Salmonella* serovars isolated from tropical seafood of Cochin, India. **Journal of Applied Microbiology**, v. 106, n. 2, p. 515-524, 2009.

LAWLESS, H. T.; HEYMANN, H. **Sensory evaluation of food: principles and practices**. 1. ed. New York: Springer Science & Business Media, 2013.

LEÓN, K. *et al.* Color measurement in L*a*b* units from RGB digital images. **Food Research International**, v. 39, n. 10, p. 1084–1091, 2006.

- LI, T.-H. *et al.* Consumption of groundwater as an independent risk factor of Salmonella Choleraesuis infection: a case-control study in Taiwan. **Journal of environmental health**, v. 72, n. 5, p. 28-32, 2009.
- LIANOU, A.; SOFOS, J. N. A review of the incidence and transmission of Listeria monocytogenes in ready-to-eat products in retail and food service environments. **Journal of food protection**, v. 70, n. 9, p. 2172-2198, 2007.
- LØVDAL, T. The microbiology of cold smoked salmon. **Food Control**, v. 54, p. 360–373, 2015.
- MACDOUGALL, D. B. Colour of meat. *In*: QUALITY attributes and their measurement in meat, poultry and fish products. Springer: [s. l.], 1994. p. 79- 93.
- MAJUMDAR, R. K. *et al.* Chemical and microbial properties of shidal, a traditional fermented fish of Northeast India. **Journal of Food Science and Technology**, v. 53, n. 1, p. 401–410, 2016.
- MARCHETTI, L. *et al.* Sodium-reduced lean sausages with fish oil optimized by a mixture design approach. **Meat Science**, v. 104, p. 67–77, 2015.
- MARINS, B. R.; TANCREDI, R. C. P.; GEMAL, A. L. **Segurança alimentar no contexto da vigilância sanitária**: reflexões e práticas. [S.l.]: [s.n.]. p. 288.
- MARQUES, E. C.; DA COSTA, S. R. R.; TABAI, K. C. Levantamento da Produção de Pescado no Brasil e no Estado do Rio de Janeiro. **Revista de Ciência da Vida**, v. 32, n 2, p. 07–16, 2012.
- MARTELO-VIDAL, M. J. *et al.* Obtaining reduced-salt restructured white tuna (Thunnus alalunga) mediated by microbial transglutaminase. **LWT - Food Science and Technology**, v. 65, p. 341–348, 2016.
- MARTÍNEZ-ALVAREZ, O.; GÓMEZ-GUILLÉN, C. Influence of mono- and divalent salts on water loss and properties of dry salted cod fillets. **LWT - Food Science and Technology**, v. 53, n. 2, p. 387– 394, 2013.
- MARTINEZ-URTAZA, J. *et al.* Influence of environmental factors and human activity on the presence of Salmonella serovars in a marine environment. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 70, n.4, p. 2089-2097, 2004.
- MARTINI, L. A. Magnesium supplementation and bone turnover. **Nutrition Reviews**, v. v. 57, n., p.227– 229, 1999.
- MIETTINEN, H.; WIRTANEN, G. Prevalence and location of Listeria monocytogenes in farmed rainbow trout. **International Journal of Food Microbiology**, v. 104, n. 2, p. 135-143, 2005.
- MONTEIRO, M. L. G. *et al.* Partial sodium replacement in tilapia steak without loss of acceptability. **Food Science and Technology International**, v. 21, n. 4, p. 295–305, 2015.

MORENO, H. M. *et al.* New Alternatives in Seafood Restructured Products. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 56, n. 2, p. 237–248, 2016.

MUELLER, E.; KOEHLER, P.; SCHERF, K. A. Applicability of salt reduction strategies in pizza crust. **Food Chemistry**, v. 192, p. 1116–1123, 2016.

MUTZ, Y. da S. *et al.* Salmonella enterica: A hidden risk for dry-cured meat consumption?. **Critical reviews in food science and nutrition**, v. 60, n. 6, p. 976-990, 2020.

NEVES, R. Os salgados portugueses no séc. XX - que perspectivas para as salinas portuguesas no séc. XXI? In: SEMINÁRIO INTERNACIONAL SOBRE O SAL PORTUGUÊS, 1., 2005, Porto. **Anais...** Porto: Instituto de História Moderna da Universidade do Porto, 2005.

NITIPONG, J.; KAMONWAN, R.; TEERAPORN, K. Effects of low sodium chloride substitutes on physico-chemical and sensory properties of kapi, a fermented shrimp paste, during fermentation. **Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences**, v. 9, n. 4, p. 695–699, 2020.

NOVOSLAVSKIJ, A. *et al.* Major foodborne pathogens in fish and fish products: a review. **Annals of microbiology**, v. 66, n. 1, p. 1-15, 2016.

NYCHAS, G.-J.E., MARSHALL, D., SOFOS, J. Meat poultry and seafood. In: DOYLE, M.P.; BEUCHAT, L.R.; MONTVILLE, T.J. (ed.). **Food Microbiology Fundamentals and Frontiers**. 3. ed. [S. l.]: ASM Press, p. 105-140, 2007.

NYCHAS, G. -J.E. *et al.* Meat spoilage during distribution. **Meat science**, v. 78, n. 1-2, p. 77-89, 2008.

OSHEBA, A. S. Technological attempts for production of low sodium smoked herring fish (Renga). **Advance Journal of Food Science and Technology**, v. 5, n. 6, p. 695–706, 2013.

PALMEIRA, K. R. *et al.* Use of transglutaminase, soybean waste and salt replacement in the elaboration of trout (*Oncorhynchus mykiss*) meatball. **International Food Research Journal**, v. 21, n.4, p. 1597–1602, 2014.

PEIXE BR. **Anuário Brasileiro da Piscicultura PEIXE BR 2019**. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/anuario-2020/>. Acesso em: 22 mar. 2021.

PEIXE BR. **Anuário Brasileiro da Piscicultura PEIXE BR 2020**. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/anuario-2020/>. Acesso em: 22 mar. 2021.

PHILLIPS, F. Don't pass the salt. **Nutrition Bulletin**, v. 28, p. 339-340, 2003.

PINHO, A. P. dos S. **Caracterização físico-químicas da carne bovina de marcas comercializadas no município de Porto Alegre**. 2009. 171 f. Tese (Doutorado em

Zootecnia) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Faculdade de Agronomia, Porto Alegre, 2009. p. 161,

REMENANT, B. *et al.* Bacterial spoilers of food: behavior, fitness and functional properties. **Foodmicrobiology**, v. 45, p. 45-53, 2015.

RIZO, A. *et al.* Development of a novel smoke-flavoured trout product: An approach to sodium reduction and shelf life assessment. **Journal of Food Engineering**, v. 211, p. 22–29, 2017.

RIZO, A. *et al.* Development of a novel smoke-flavoured salmon product by sodium replacement using water vapour permeable bags. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 98, n. 7, p. 2721–2728, 2018.

RODRIGUES, B. L. *et al.* Fatty acid profiles of five farmed Brazilian freshwater fish species from different families. **PLoS ONE**, v. 12, n. 6, 2017.

RODRIGUES, M. G. **Impacto da expectativa ao beber na aceitação da cachaça**. 2018. 77 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Araraquara, 2018.

RØRÅ, A. M. B. *et al.* Process yield, colour and sensory quality of smoked Atlantic salmon (*Salmo salar*) in relation to raw material characteristics. **Food Research International**, v. 31, n. 8, p. 601–609, 1998.

RUIZ, J. Ingredients. *In*: TOLDRÁ, F. *et al.* **Handbook of Fermented Meat and Poultry**. New Jersey: Blackwell Publishing, 2007. p. 59–76.

RUUSUNEN, M.; POULANNE, E. Sodium in meat products. *In*: INTERNATIONAL CONGRESS OF MEATSCIENCE AND TECHNOLOGY, 50., 2004, Helsinque. **Anais** [...]. Helsinque: ICoMST, 2004.

SEN, D. P. **Advances in fish processing technology**. New Delhi: Allied Publ. Pvt. Lmt, 2005.

SHELEF, L. A.; YANG, Q. Growth suppression of *Listeria monocytogenes* by lactates in broth, chicken, and beef. **Journal of Food Protection**, v. 54, n. 4, p. 283–287, 1991.

SIGARINI, C. DE O. *et al.* Avaliação bacteriológica da carne bovina desossada, em estabelecimentos comerciais do município de Cuiabá, MT Parte II. **Higiene Alimentar**, v. 21, n. 157, p. 111–117, 2007.

SIGURGISLADOTTIR, S. *et al.* Effects of different salting and smoking processes on the microstructure, the texture and yield of Atlantic salmon (*Salmo salar*) fillets. **Food Research International**, v. 33, n. 10, p. 847–855, 2000.

SILVA, N. *et al.* **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. 3. ed. São Paulo: Varela, 2007.

- SISKOS, I. *et al.* The effect of liquid smoking of fillets of trout (*Salmo gairdnerii*) on sensory, microbiological and chemical changes during chilled storage. **Food Chemistry**, v. 101, n. 2, p. 458–464, 2007.
- SMITH, K. F. *et al.* Microbial diversity and potential pathogens in ornamental fish aquarium water. **PloS one**, v. 7, n. 9, p. e39971, 2012.
- SMITH, L.D.S., SUGIYAMA, H. **Botulism**: the organism, its toxins, the disease, 2nd ed. Springfield, Illinois, p. 139, 1988.
- SOCIETY OF SENSORY PROFESSIONALS. **Penalty Analysis**. 2021. Disponível em: [https://www.sensorysociety.org/knowledge/sspwiki/Pages/Penalty Analysis.aspx](https://www.sensorysociety.org/knowledge/sspwiki/Pages/Penalty%20Analysis.aspx). Acesso em: 21 mar. 2021.
- STOŁYHWO, A.; SIKORSKI, Z. E. Polycyclic aromatic hydrocarbons in smoked fish - A critical review. **Food Chemistry**, v. 91, n. 2, p. 303–311, 2005.
- SYAMALADEVI, R. M. *et al.* Enthalpy Relaxation and Food Stability. **Water Activity in Foods**, p.271–285, 2020.
- TAHERGORABI, R. *et al.* Salt substitution in surimi seafood and its effects on instrumental quality attributes. **LWT - Food Science and Technology**, v. 48, n. 2, p. 175–181, 2012.
- TAN, W.; SHELEF, L. A. Effects of sodium chloride and lactates on chemical and microbiological changes in refrigerated and frozen fresh ground pork. **Meat Science**, v. 62, n. 1, p. 27–32, 2002.
- TAPP, W. N.; YANCEY, J. W. S.; APPLE, J. K. How is the instrumental color of meat measured? **Meat Science**, v. 89, n. 1, p. 1–5, 2011.
- TATE & LYLE'S. 2014. SODA-LO® salt microspheres. Product Brochure.
- TAYLOR, C.; DOYLE, M.; WEBB, D. “The safety of sodium reduction in the food supply: A cross- discipline balancing act”—Workshop proceedings. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 58, n. 10, p. 1650–1659, 2018.
- TOTOSAUS, A.; PÉREZ-CHABELA, M. L. Textural properties and microstructure of low-fat and sodium-reduced meat batters formulated with gellan gum and dicationic salts. **LWT - Food Science and Technology**, v. 42, n. 2, p. 563–569, 2009.
- TRESPALACIOS, P.; PLA, R. Simultaneous application of transglutaminase and high pressure to improve functional properties of chicken meat gels. **Food Chemistry**, v. 100, n. 1, p. 264–272, 2007.
- VIANA, Z. C. V. *et al.* Composição centesimal em músculo de peixes no litoral do estado da Bahia/ Brasil. **Revista de Ciências Médicas e Biológicas**, v. 12, n. 2, p. 157, 2013.

VICKERS, Z. Sensory Specific Satiety in Lemonade Using a Just Right Scale for Sweetness. **Journal of Sensory Studies**, v. 3, n. 1, p. 1–8, 1988.

VIDAL, V. A. S. *et al.* Influence of the addition of kcl and cacl₂ blends on the physicochemical parameters of salted meat products throughout the processing steps. **Food Science and Technology**, v. 40, n. 3, p. 665–670, 2020.

VIDIGAL, M. C. T. **Caracterização reológica e sensorial de sobremesa láctea diet contendo concentrado protéico de soro**. p. 86, 2009. 101 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos; Tecnologia de Alimentos; Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2009.

WATSON, E. **Soda-Lo**: Tate & Lyle's novel solution to sodium reduction (clue: it's salt, only much, much smaller...). 2012. Disponível em: https://www.bakeryandsnacks.com/Article/2012/11/16/Soda-Lo-Tate-Lyle-s-novel-solution-to-sodium-reduction-clue-it-s-salt-only-much-much-smaller?utm_source=copyright&utm_medium=OnSite&utm_campaign=copyright. Acesso em: 19 abr. 2021.

WEIS, K. E. *et al.* Vibrio illness in Florida, 1998–2007. **Epidemiology & Infection**, v. 139, n. 4, p. 591-598, 2011.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Mapping salt reduction initiatives in the WHO European Region. **World Health Organ. Tech. Rep.**, p. 1–64, 2013.

XIA, X. *et al.* Decreased gelling and emulsifying properties of myofibrillar protein from repeatedly frozen-thawed porcine longissimus muscle are due to protein denaturation and susceptibility to aggregation. **Meat Science**, v. 85, n. 3, p. 481–486, 2010.

YOTSUYANAGI, S. E. *et al.* Technological, sensory and microbiological impacts of sodium reduction in frankfurters. **Meat Science**, v. 115, p. 50-59, 2016.

YU, N. *et al.* Textural and physicochemical properties of surimi gels prepared with potassium and calcium chloride as substitutes for sodium chloride. **International Journal of Food Properties**, v. 20, p. 1539–1552, 2017.

ZANG, J. *et al.* Dynamics and diversity of microbial community succession during fermentation of Suan yu, a Chinese traditional fermented fish, determined by high throughput sequencing. **Food Research International**, v. 111, p. 565–573, 2018.

ZANG, J. *et al.* Quality, functionality, and microbiology of fermented fish: a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 60, n. 7, p. 1228–1242, 2.