



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, SOCIAIS E AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA
AGROALIMENTAR

PRODUÇÃO DE SURIMI A PARTIR DO SUBPRODUTO
DO POSTEJAMENTO DE PESCADA CAMBUCU E USO
DO EXTRATO DO BAGAÇO DO CAJÁ COMO
ANTIOXIDANTE NATURAL

Thamyres César de Albuquerque Sousa

Bacharela em Engenharia de Alimentos

BANANEIRAS, 2021



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, SOCIAIS E AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA
AGROALIMENTAR

PRODUÇÃO DE SURIMI A PARTIR DO SUBPRODUTO
DO POSTEJAMENTO DE PESCADA CAMBUCU E USO
DO EXTRATO DO BAGAÇO DO CAJÁ COMO
ANTIOXIDANTE NATURAL

Thamyres César de Albuquerque Sousa
Orientador: Dr. Fábio Anderson Pereira da Silva
Co-orientadora: Dr.^a Valquíria Cardoso da Silva Ferreira

Dissertação apresentada ao Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias, campus III da UFPB, como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Tecnologia Agroalimentar.

BANANEIRAS, 2021

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S725p Sousa, Thamyres Cesar de Albuquerque.

Produção de surimi a partir do subproduto do postejamento de pescada cambucu e uso do extrato do bagaço do cajá como antioxidante natural / Thamyres Cesar de Albuquerque Sousa. - Bananeiras, 2021.
86 f. : il.

Orientação: Fabio Anderson Pereira da Silva.
Coorientação: Valquíria Cardoso da Silva Ferreira.
Dissertação (Mestrado) - UFPB/CCHSA.

1. Antioxidantes Naturais. 2. Compostos fenólicos. 3. Crioprotetores. 4. Oxidação lipídica. 5. Oxidação protéica. 6. Resíduos Agroindustriais. 7. Surimi. I. Silva, Fabio Anderson Pereira da. II. Ferreira, Valquíria Cardoso da Silva. III. Título.

UFPB/Bananeiras-CCHSA

CDU 631.8 (043.2)

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, SOCIAIS E AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM TECNOLOGIA AGROALIMENTAR

PARECER DE DEFESA DO TRABALHO DE DISSERTAÇÃO

TÍTULO: Produção de surimi a partir do subproduto do postejamento de pescada cambucu e uso do extrato do bagaço do cajá como antioxidante natural

AUTOR: Thamyres César de Albuquerque Sousa

JULGAMENTO

CONCEITO: APROVADO

EXAMINADORES:



Prof. Dr. Fábio Anderson Pereira da Silva
Orientador
Universidade Federal da Paraíba/UFPB



Profa. Dra. Íris Braz da Silva Araújo
Examinadora
Universidade Federal da Paraíba/UFPB



Prof. Dr. Raimundo Bernadino Filho
Examinador
Universidade Federal do Agreste Pernambucano/UFAP

Bananeiras, 07 de junho de 2021

Aos meus Avôs (Joatão Monteiro de Souza e Evilásio Batista de Albuquerque in memoriam), aos meus pais Silvia César Batista de Albuquerque e Joatão Junior Vieira de Sousa, meu irmão Thulyo César de Albuquerque Sousa, meu namorado Arthur Alcantara Marinho e a todos os meus doguinhos.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por sempre me guiar e me dar forças para chega até aqui, não foi fácil, passei por momentos bem complicados, mas ele nunca me abandonou.

A Universidade Federal da Paraíba, pela oportunidade de cursar um programa de pós-graduação.

A CAPES pela concessão da bolsa para realizar essa pesquisa.

Agradeço em especial a minha mãe, Silvia César, por tudo que sempre fez e faz por mim, por nunca medir esforços para me apoiar, mesmo me estressando de vez em quando. Sem ela eu não conseguiria, obrigada por tudo minha mainha, você sempre foi minha maior inspiração como mulher e educadora.

Ao meu pai, meu irmão e minha cunhada, Joatão Junior, Thulyo César e Leticia Moreira. Obrigada por todo amor e carinho.

A meu namorado, Arthur Alcantara, que sempre foi meu porto seguro, estava ali nos meus piores momentos sempre dizendo que tudo ia ficar bem. Você foi minha calma no meio de todo o caos e sempre acreditou em mim.

A meu orientador, Prof. Fábio Anderson Pereira da Silva, que nunca mediu esforços para que essa pesquisa saísse do papel. Obrigada por todo puxão de orelha, como diz mainha: se ele cobra é porque sabe que você é capaz. Sem dúvidas o senhor teve um papel fundamental no meu crescimento como pesquisadora. Sei que além de um orientador, ganhei um amigo.

A minha co-orientadora Valquiria Cardoso, que sempre esteve presente para ajudar na pesquisa ou para levantar o astral e dizer que tudo ia dar certo. Obrigada por toda positividade, isso sempre fez diferença nos meus dias.

A Prof^a Iris Braz, por ser sempre tão maravilhosa e sempre me lembrar que sou capaz.

O José Evangelista, por sempre me socorrer no laboratório com toda paciência do mundo, sem dúvidas uma das pessoas mais inteligentes que conheci.

Aos meus amigos, Cecylyana Leite, Rerisson Alves, Edylayne Nobrega e Monique Saraiva, que sempre estiveram ao meu lado de alguma forma,

trocando experiências ou reclamações. Vocês tornaram a caminhada mais leve.

Ao meu fiel ajudante e aluno de PIBIC-EM, Edson Luís, obrigada por tudo, não sei o que faria sem sua ajuda. Conte comigo sempre.

Agradeço a todos que fazem o PPGTA, professores, técnicos, alunos, cada um teve sua importância na minha jornada.

Aos meus doguinhos, que me ajudaram com minhas crises de ansiedade, me dando muito amor e carinho. Eu amo vocês demais.

A mim mesma, por nunca desistir, por sempre ser determinada e dedicada naquilo me proponho a fazer.

A todas as pessoas que direta ou indiretamente contribuíram para minha pesquisa e torceram por mim.

Muito obrigada!

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Eu, Thamyres César de Albuquerque Sousa, brasileira, solteira, natural da cidade de Timbaúba-PE, nascida em 05 de agosto de 1994, possuo grau de Bacharela em Engenharia de Alimentos pelo Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande – Campus Pombal, trabalhei com substituição de gordura em hambúrguer caprino. Atuei como monitora da disciplina de Microbiologia Geral, no curso de Engenharia de Alimentos, nos semestres 2016.1 e 2018.1 e da disciplina de Tecnologia de Carnes e derivados nos semestres 2017.1 e 2017.2. Fiz estágio voluntário no Centro Vocacional Tecnológico (CVT) durante os semestres 2016.1 a 2018.2. Possuo experiência na área de microbiologia geral e microbiologia de alimentos, desenvolvimento de novos produtos, controle de qualidade, produtos cárneos e pescado e reaproveitamento de resíduos agroindustriais.

PRODUÇÃO DE SURIMI A PARTIR DO SUBPRODUTO DO POSTEJAMENTO DE PESCADA CAMBUCU E USO DO EXTRATO DO BAGAÇO DO CAJÁ COMO ANTIOXIDANTE NATURAL

RESUMO GERAL – O descarte de resíduos de origem vegetal e animal têm sido uma preocupação constante para indústria de alimentos, forçando a busca por opções de reaproveitamento destes materiais. Neste trabalho, objetivou-se elaborar surimi a partir do subproduto do postejamento de pescada cambucu (*Cynoscion virescens*) e avaliar o efeito da incorporação de extrato rico em compostos fenólicos oriundos do bagaço de *Spondias mombim* L. na estabilidade oxidativa lipídica e protéica dos surimis elaborados. Quatro diferentes formulações de surimi foram processadas: SC (surimi controle), SE (surimi com adição de 1% de extrato), SCP (surimi com adição dos crioprotetores sorbitol 4% + sacarose 4%) e SECP (surimi com adição de 1% de extrato + 4% de sorbitol +4% de sacarose) que foram armazenados a +4°C por 12 dias. Durante o armazenamento foram feitas análises de oxidação lipídica e protéica, brancura, capacidade de retenção de água, capacidade emulsificante e compostos fenólicos totais do surimi. Os géis de surimi foram preparados após cada ponto de armazenamento, sendo analisados com relação ao perfil de textura e brancura. O conteúdo de fenólicos do tratamento SE (115,95 mg EAG/100g) foi significativamente superior aos outros tratamentos, indicando que o extrato foi incorporado ao surimi. Ao final dos 12 dias de armazenamento refrigerado, tanto a adição de 1% do extrato do resíduo de cajá quanto a adição dos crioprotetores apresentaram efeito na inibição da oxidação lipídica para o número de TBARS e N-BVT, com valores de 0,48 mg de MDA/kg e 10,64mg de N/100g, respectivamente. Os valores de compostos carbonílicos totais também foram menores nas amostras adicionadas do extrato do bagaço do cajá e dos crioprotetores de forma isolada ou combinada quando comparados ao tratamento controle. Ao final do armazenamento, o tratamento SE apresentou 23,1 moles de carbonila/mg de proteína, indicando uma menor oxidação das proteínas em relação às demais amostras avaliadas. A capacidade emulsificante do surimi foi preservada com o uso do extrato do bagaço do cajá, que também mostrou efeito significativo no perfil de textura dos géis do surimi, mantendo a qualidade estrutural do gel ao longo do armazenamento. Portanto, o extrato antioxidante do resíduo de cajá é uma alternativa promissora para manutenção das características de qualidade do surimi.

PALAVRAS-CHAVE: Antioxidantes naturais, Compostos fenólicos, Crioprotetores, Oxidação lipídica, Oxidação protéica, Resíduos agroindustriais, Surimi

SURIMI PRODUCTION FROM THE CUTTING BY-PRODUCT OF CAMBUCU HAKE AND USE OF CAJÁ BAGASSE EXTRACT AS A NATURAL ANTIOXIDANT

GENERAL ABSTRACT –The disposal of residues of plant and animal origin has been a concern for the food industry, forcing the seek for alternative options for these materials. This work aimed to prepare surimi from the cutting by-product of cambucu hake (*Cynoscion virescens*) and to evaluate the effect of the incorporation of a polyphenol-rich extract from *Spondias mombim* L bagasse on the lipid and protein oxidative stability of the elaborated surimi. Four different formulations of surimi were processed: SC (surimi control), SE (surimi with addition of 1% extract), SCP (surimi with addition of cryoprotectant sorbitol 4% + sucrose 4%) and SECP (surimi with addition of 1% of extract + 4% sorbitol + 4% sucrose) which were stored at + 4 °C for 12 days. During storage, analyzes were carried out every 4 days for lipid and protein oxidation, whiteness, water retention capacity, emulsifying capacity, and total phenolic compounds of surimi. Surimi gels were prepared after each storage time, being evaluated for texture and whiteness profile. The phenolic content of the SE treatment (115.95 mg EAG / 100g) was higher than the other treatments, indicating that the extract was incorporated into surimi. At the end of 12 days of refrigerated storage, both yellow mombin extract and cryoprotectants were effective on the inhibition of lipid oxidation for the number of TBARS and N-BVT, with values of 0.48 mg of MDA/kg and 10.64mg of N/100g, respectively. The values of carbonyl compounds were also lower in the samples with yellow mombin extract and cryoprotectants alone or combined when compared to the control treatment. At the end of storage, the SE treatment presents 23.1 moles of carbonyl/mg of protein, indicating less protein oxidation compared to the others samples. The emulsifying capacity of surimi was preserved with the use of yellow mombin extract, which also showed a significant effect on the texture profile of the surimi gels, maintaining the structural quality of the gel throughout storage. Therefore, the yellow mombin bagasse extract is a promising alternative for maintaining the quality characteristics of surimi and surimi gels.

KEYWORDS: Natural antioxidants, Phenolic compounds, Cryoprotectants, Lipid oxidation, Protein oxidation, Agro-industrial waste, Surimi.

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

µg: Micrograma

µL: Microlitro

ANOVA: Análise de Variância

BSA: Albumina Sérica Bovina

CMS: Carne Mecanicamente Separada

CRA: Capacidade de Retenção de água

4-DPS: 4-41-Dithiodipiridina

DNPH: 2,4-Dinitrofenilhidrazina

DPPH: 2,2-difenil-1-picri-hidrazil

ABTS: 3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico

BHA: Hidroxilanol butilado

BHT: Hidroxitolueno butilado

FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations

GuHCl: Cloridrato de Guanidina

HCl: Ácido Clorídrico

HPLC: Cromatografia Líquida de Alta Eficiência

IUPAC: International Union of Pure and Applied Chemistry

m/v: massa/volume

MDA: Malonaldeído

MPA: Ministério da Pesca e Aqüicultura

m.s: matéria seca

mg: Miligrama

mgEAG: Miligramas de Equivalente em Ácido Gálico

nm: nanômetro

N-BVT: Bases nitrogenadas voláteis totais

NaOH: Hidróxido de sódio

SC: Surimi controle

SE: Surimi com extrato

SCP: Surimi com crioprotetores

SECP: Surimi com extrato e crioprotetores

TBA: Ácido 2-tiobarbitúrico

TEP: Tetraetoxipropano

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 3 – PRODUÇÃO DE SURIMI A PARTIR DO SUBPRODUTO DO POSTEJAMENTO DE PESCADA CAMBUCU E USO DO EXTRATO DO BAGAÇO DO CAJÁ COMO ANTIOXIDANTE NATURAL

Figura 1. Delineamento do projeto. 57

Figura 2. Etapas do processamento de elaboração do surimi. Subproduto do postejamento de pescada cambucu (A), lavagem (B), drenagem (C), adição do extrato (D), homogeneização em cutter (E), moldagem e embalagem (F)..... 59

Figura 3. Conteúdo de fenólicos totais do surimi..... 65

Figura 4. Efeito do armazenamento refrigerado sobre a brancura do surimi e do gel de surimi. (A) surimi, (B) gel de surimi..... 66

Figura 5. Capacidade emulsificante do surimi durante o armazenamento. 68

Figura 6. Capacidade de retenção de água (A) e perda de peso por centrifugação (B) do surimi durante o armazenamento..... 71

Figura 7. Valores de TBA-RS (base seca) durante o armazenamento refrigerado do surimi..... 73

Figura 8. Valores de N-BVT durante o armazenamento do surimi controle (SC), surimi com 1% de extrato (SE), surimi com crioprotetores (SCP) e surimi com crioprotetores e extrato (SECP) 74

Figura 9.Valores de compostos carbonílicos totais (CCT) em base seca durante o armazenamento do surimi controle (SC), surimi com 1% de extrato (SE), surimi com crioprotetores (SCP) e surimi com crioprotetores e extrato (SECP) 76

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO 2 - INGREDIENTES NATURAIS COMO PROMOTORES DE QUALIDADE NO SURIMI: UMA BREVE REVISÃO'

Tabela 1. Aditivos naturais e seus efeitos nas propriedades do surimi..... 38

CAPÍTULO 3 – PRODUÇÃO DE SURIMI A PARTIR DO SUBPRODUTO DO POSTEJAMENTO DE PESCADA CAMBUCU E USO DO EXTRATO DO BAGAÇO DO CAJÁ COMO ANTIOXIDANTE NATURAL

Tabela 1. Valores do perfil de textura dos géis de surimi no armazenamento refrigerado. (A) dureza, (B) elasticidade, (C) coesividade, (D) gomosidade, (E) mastigabilidade e (F) resiliência..... 71

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS	15
1. INTRODUÇÃO.....	15
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	17
2.1 Indústrias da Pesca e geração de subprodutos	17
2.2 Surimi.....	18
2.3 Aditivos alimentares naturais para conservação do surimi	20
2.3.1 Antioxidantes naturais.....	20
2.3.2 Potencial do resíduo do cajá como fonte de antioxidantes naturais	21
3. REFERÊNCIAS.....	23
CAPÍTULO 2 - Aditivos naturais como promotores de qualidade no surimi: uma breve revisão	31
1. INTRODUÇÃO.....	33
2. CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DO SURIMI.....	34
3. ADITIVOS NATURAIS COMO PROMOTORES DA QUALIDADE DO SURIMI	37
3.1. Compostos de origem vegetal como aditivos naturais em surimi.....	41
3.2. Compostos de origem animal como aditivos naturais em surimi	42
4. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	43
5. REFERÊNCIAS	44
CAPÍTULO 3 – Alterações na estabilidade oxidativa de surimi do subproduto de pescada cambucu (<i>Cynoscion virescens</i>) adicionado de extrato do resíduo de <i>Spondias mombin L.</i>	52
1. INTRODUÇÃO.....	54
2. MATERIAL E MÉTODOS	56

2.1. Material e reagentes.....	56
2.2. Delineamento experimental.....	56
2.3. Elaboração e caracterização do extrato do resíduo de <i>Spondias mombim</i> L ..	57
2.4. Preparação do surimi	58
2.5. Preparação do gel de surimi.....	60
2.6. Determinação dos compostos fenólicos totais do surimi	60
2.7. Medição da brancura do surimi e do gel de surimi	60
2.8. Medição da capacidade emulsificante do surimi	61
2.9. Capacidade de retenção de água do surimi	61
2.10. Perda de peso por centrifugação do surimi.....	61
2.11. Determinação do perfil de textura dos géis de surimi	61
2.12. Determinação do índice de TBARS dosurimi	62
2.13. Quantificação das bases nitrogenadas voláteis totais (N-BVT) do surimi.....	62
2.14. Determinação dos compostos carbonílicos totais do surimi...	62
2.15. Análise Estatística.....	63
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	63
3.1. Conteúdo e perfil de fenólicos do extrato do bagaço de cajá	63
3.2. Conteúdo de fenólicos totais do surimi.....	64
3.3. Medição da brancura do surimi e do gel de surimi durante armazenamento	65
3.4. Capacidade emulsificante, capacidade de retenção de água e perda de peso por centrifugação do surimi no armazenamento	67
3.5. Perfil de textura (TPA) do gel de surimi.....	70
3.6. Alterações na estabilidade oxidativa	72
4. CONCLUSÕES.....	77
5. REFERÊNCIAS	78

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. INTRODUÇÃO

O Brasil tem uma economia bastante ligada ao setor agropecuário e, por isso, produz grande quantidade de subprodutos agroindustriais. O aproveitamento destes compostos se mostra uma alternativa ao desperdício e ao beneficiamento e processamento, configurando-se como uma oportunidade de desenvolvimento de novos produtos, e também uma forma de agregar valor a esses resíduos (Costa et al., 2017). Segundo o Decreto n.º 6.286, de 22 de novembro de 2007, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2007), classifica-se como subproduto tudo que resulta do processamento, da industrialização ou do beneficiamento econômico de uma matéria prima de origem vegetal ou animal.

A composição rica em fibras, açúcares, proteínas, vitaminas, minerais e compostos com potencial antioxidante faz dos subprodutos de origem vegetal e animal uma alternativa em substituição aos compostos sintéticos utilizados em bioprocessos (Panesar et al., 2016). Os antioxidantes naturais são substâncias bioativas que englobam os tocoferóis, flavonoides, ácidos fenólicos, terpenos, antocianinas e carotenoides (Weng et al., 2015; Bodoira et al., 2017;). Apresentam-se como uma alternativa para prevenir a deterioração oxidativa dos alimentos e minimizar os danos oxidativos nos seres vivos, tendo em vista que o emprego de antioxidantes sintéticos na indústria de alimentos tem sido alvo de questionamentos quanto a sua toxicidade (Falcão et al., 2016). Estudos recentes têm demonstrado que as frutas são ricas em muitos nutrientes e compostos antioxidantes, e que esses constituintes se concentram majoritariamente nas cascas e sementes (Nirmala et. al, 2018; Devi et al., 2018; Al-Qassabi et al., 2018). O efeito protetor dos polifenóis tem sido atribuído à presença de fitoquímicos com ação antioxidante. Os compostos fenólicos são os maiores responsáveis pela atividade antioxidante em frutos (Lima et al., 2019).

Frutas do gênero *Spondias* tais como cajá (*Spondias mombin*, L.), umbu-cajá (*Spondias* spp.) e seriguela (*Spondias purpúrea*, L.) têm sido reportadas como fontes de compostos antioxidantes (Carvalho et al., 2011; Melo e

Andrade, 2010; Silva e Melo, 2013). As espécies do gênero *Spondias*, tal como outras espécies frutíferas nativas e exóticas não tradicionais, da região do Nordeste brasileiro, são consideradas frutas com grande potencial comercial, tendo em vista que apresentam características atrativas ao setor agroindustrial, e por serem tidas como uma fonte promissora de grande variedade de compostos bioativos reconhecidos por proporcionar benefícios à saúde (Silva et al., 2012). Além das características sensoriais, o cajá apresenta boa fonte de pró-vitamina A e atividade antioxidante (Chaves Neto et al., 2019). De acordo com Santana Neto (2019), o uso de extrato antioxidante do bagaço de cajá teve efeito antioxidante natural efetivo, sendo capaz de inibir as reações de oxidação lipídica e protéica, bem como promover a manutenção da coloração de hambúrgueres de frango prontos para consumo durante armazenamento refrigerado por 15 dias.

Entre os subprodutos de origem animal, destacam-se os oriundos da indústria da pesca. Nas indústrias de beneficiamento, após a captura, os peixes são submetidos a procedimentos como descamação, retirada de nadadeiras, rabo e cabeça seguidos do postejamento, onde os peixes congelados são cortados em postas através de máquina serra-fita. Os subprodutos do processamento de pescados, especialmente da etapa de postejamento, consistem na mistura de pequenos pedaços de carne e ossos, ricos em proteínas e minerais. Normalmente, esses os mesmos são descartados ou transformados em farinha para ração animal (Silva et al., 2014) ou ainda, majoritariamente descartados, contribuindo para a poluição do meio ambiente e perdas econômicas (Ko et al., 2013).

De acordo com o Decreto nº 9.013 da Presidência da República (Brasil, 2017), produtos comestíveis de pescado são definidos como aqueles elaborados a partir de pescado inteiro ou de parte dele, aptos para o consumo humano. As características físico-químicas dos subprodutos oriundos do postejamento na máquina serra-fita são similares a carne de peixe (Lima et al., 2020). Sendo assim é possível a utilização destes como matéria-prima para a elaboração de produtos comestíveis de pescado.

Dentre as possíveis formas de reaproveitamento dos subprodutos do pescado, está o surimi, que é uma matéria-prima intermediária, feita da carne picada de peixe após sucessivas lavagens, usado para produção de novos

produtos (Zhou et al., 2021). Durante o processamento e armazenamento sob congelamento, as mudanças de movimento da molécula de água, a formação e o aumento dos cristais de gelo e o enriquecimento do soluto promovem a agregação de proteínas do surimi, o que pode acelerar o processo de desnaturação proteica no congelamento. Além disso, a oxidação pode causar desnaturação das proteínas miofibrilares do surimi congelado (Cao et.al., 2018; Du et al., 2018).

A fim de suprimir a desnaturação da proteína, podem ser utilizados aditivos com função crioprotetora. O mecanismo de ação do crioprotetor pode proteger os peixes picados da interação e integração dos grupos funcionais e moléculas de proteína na superfície do peixe (Parvathy e George, 2014). Alguns antioxidantes sintéticos como Hidroxitolueno butilado (BHT) e Hidroxilanisol butilado (BHA) são aplicados no peixe para armazenamento. Porém, os aditivos sintéticos não são bem-vistos pelo consumidor. Portanto, os antioxidantes do resíduo de cajá podem representar uma alternativa ao uso de conservantes sintéticos.

Em revisão de literatura realizada, não foram encontrados estudos que tivessem foco na utilização de subprodutos de pescado para elaboração de surimi com incorporação de antioxidantes provenientes de resíduos de origem vegetal. Diante desta ausência de estudos pode-se observar uma necessidade de desenvolver métodos para aproveitamento dos resíduos, visando à criação de novos subprodutos, gerando um menor impacto ambiental.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Indústrias da Pesca e geração de subprodutos

O Brasil possui um importante papel no cenário mundial da pesca de captura em águas continentais, encontrando-se entre os 11 principais países dessa modalidade de pesca e apresenta perspectivas promissoras de crescimento. Todavia, devido ao extrativismo da pesca de captura, esta atividade deve ser praticada de modo controlado para não comprometer a sustentabilidade do ecossistema bem como, garantir a rentabilidade desta mesma (FAO, 2016). Segundo dados da Organização das Nações Unidas para

a Agricultura e a Alimentação, a produção global de pescados atingiu 179 milhões de toneladas, com faturamento de US\$ 401 bilhões em 2018. A aquicultura foi responsável por 82 milhões de toneladas. Do total produzido (pesca e aquicultura) 156 milhões de toneladas foram para consumo humano e o restante, para produção de farinha e óleo de peixe (FAO, 2020).

O Brasil é banhado por uma costa marítima de 8,5 mil quilômetros, possui 12% de toda a água doce do planeta e ainda 8,2 bilhões de metros cúbicos de água distribuídos em rios, lagos, açudes e represas. Com condições ambientais e climáticas favoráveis e tanta riqueza natural o Brasil tem potencial para se tornar um dos maiores produtores de pescado do mundo (MPA, 2015). Porém, com o aumento da produção pesqueira e, conseqüentemente, do volume do pescado processado mundialmente, tem-se gerado uma grande quantidade de resíduos e subprodutos (Shanthi et al., 2021).

Os resíduos da indústria de pescado apresentam uma vasta composição em compostos orgânicos e inorgânicos (Seibel e Soares, 2003). Alguns destessão utilizados como alimentos de baixo valor biológico e como fertilizantes (Li et al., 2013) ou são simplesmente descartados no ambiente sem tratamento prévio, causando numerosos problemas ambientais. As características físico-químicas do resíduo do postejamento de pescados são similares a carne de peixe (Lima et al., 2020), tendo assim um grande potencial para seu reaproveitamento.

O peixe pescada-cambucu (*Cynoscion virescen*) é uma espécie comumente comercializada no Brasil. De acordo com a APN (2016) os peixes podem ser classificados em função do teor em gordura em magros (< 2 g de lipídeos/100 g), baixo teor de gordura (2 a 4 g de lipídeos/100 g), e médio teor de gordura (4 a 8 g de lipídeos/100 g) e gordos (> 8 g de lipídeos/100 g), sendo o pescada-cambucu (*Cynoscion virescens*) um peixe magro. A carne da pescada-cambucu (*Cynoscion virescens*) é clara e de excelente qualidade podendo ser utilizada para elaboração de produtos derivados de pescado, tais como o surimi (Mira e Lanfer-Marquez, 2005).

2.2 Surimi

Surimi é um concentrado protéico rico em proteína miofibrilar e usado para produzir produtos de alto valor agregado (Zhang et al., 2018). O mesmo apresenta uma extensa vida de prateleira sob congelamento, entre 6 meses e 1 ano, é um ingrediente protéico altamente funcional e de boa qualidade nutricional. Não é um produto de consumo direto, é uma matéria-prima intermediária para a elaboração de produtos processados, constituindo assim uma alternativa viável para o aproveitamento do pescado de baixo valor comercial. (Martinho, 2011).

Durante o processamento do surimi uma das etapas mais importantes são os ciclos de lavagens. No processo de fabricação do mesmo, a carne triturada é lavada repetidamente com água gelada para remover proteínas sarcoplasmáticas, lipídios e impurezas, para produzir um produto insípido e inodoro (Bourtoom et al., 2009). O número de lavagens pode ser efetivo na remoção da mioglobina e hemoglobina, melhorando a coloração do mesmo além de inibir a oxidação lipídica e proteica durante o armazenamento (Li et al., 2016).

Algumas características finais do surimi como uma coloração mais clara, odor não muito forte, e uma boa textura são de grande importância, pois serão determinantes na aceitação do produto. Uma das propriedades importantes do surimi é a sua capacidade de formar géis fortes e deformáveis ao se processar termicamente. Geralmente quanto mais forte seja o gel do surimi, melhor a sua qualidade (Tao et al., 2020; Zhang et., 2018).

Durante o processamento e o armazenamento do surimi, pode ocorrer a desnaturação das proteínas. Para prevenir o problema da agregação e da desnaturação das proteínas causadas pelo congelamento, substâncias crioprotetoras são adicionadas ao surimi. A sacarose e o sorbitol, isolados ou misturados, são os mais utilizados pela indústria na proporção de 6 e 9% do peso de surimi. (Park e Lin, 2005). Os crioprotetores atuam aumentando a tensão superficial da água em torno da proteína impedindo o seu congelamento. Esse fenômeno previne a retirada da água ligada à proteína, estabilizando-a em sua forma original durante o período de estocagem sob congelamento (Oetterer et al., 2006).

Fatores intrínsecos e extrínsecos podem afetar a qualidade final do surimi, como espécie do pescado, sazonalidade, maturidade sexual, frescor,

colheita, água de lavagem, ciclos de lavagens, salinidade e pH. Algumas etapas do processamento são de grande relevância para se elaborar um surimi de alta qualidade, dentre as quais podemos citar a etapa de lavagem, pois o perfil de textura, cor, odor e o sabor do produto final são altamente melhorados quando as impurezas são removidas na lavagem. (Park e Lin, 2005).

2.3 Aditivos alimentares naturais para conservação do surimi

Aditivos alimentares são substâncias adicionadas aos alimentos processados ou bebidas para melhorar as características organolépticas e atender às necessidades de produção, processamento e armazenamento (Pereira et al., 2020). Estes podem ser naturais ou sintéticos, os primeiros podem ocorrer naturalmente no alimento ou serem extraídos de fontes naturais, já os sintéticos são definidos como substâncias artificialmente sintetizadas (Zeece, 2020). Considerando todos os aspectos negativos do uso de aditivos alimentares sintéticos, é crescente a busca por aditivos naturais para a conservação de alimentos visando contribuir para a saúde dos consumidores. Dentre os ingredientes naturais mais estudados e aplicados estão à fibra alimentar, compostos fenólicos, vitaminas, pigmentos naturais, ácidos graxos, peptídeos bioativos pertencentes a frutas e vegetais, algas, peixes e microrganismos (Chai et al., 2018).

Vários grupos de pesquisa têm estudado maneiras de melhorar a qualidade dos produtos à base de surimi, investigando as alterações no conteúdo microbiano, atividade enzimática, nutrientes, características de aceitabilidade, uso de matérias-primas, padronização do processo de fabricação, armazenamento e comercialização, utilizando aditivos naturais de qualidade alimentar, como farinha de konjac, clara de ovo e hidrocoloides, foram utilizados para melhorar as propriedades gelificantes do surimi (Wang et al., 2018; Liu et al., 2019; Zhou et al., 2019).

2.3.1 Antioxidantes naturais

Na literatura muito já sabe sobre a variedade de compostos com capacidade antioxidante encontrados em produtos de origem vegetal e seus

diversos benefícios. Os antioxidantes são compostos que podem retardar ou inibir reações de oxidação provocadas pelos radicais livres, pela doação de hidrogênio ou transferência de elétrons para o radical, inibindo sua forma reativa (Cechin et al., 2020). Os principais antioxidantes nos vegetais são as vitaminas C e E, os carotenóides e os compostos fenólicos, especialmente os flavonóides. (Podsedeck, 2007).

Estudos já comprovaram que antioxidantes exógenos, obtidos dos alimentos, são essenciais para a resistência ao estresse oxidativo. A busca por antioxidantes naturais para produtos alimentícios, cosméticos e farmacêuticos vem representando um importante desafio para a pesquisa industrial nos últimos 20 anos (Leitzke et al., 2013). Uma vez que os consumidores vêm apresentando rejeição pelo uso de antioxidantes sintéticos, há um crescente interesse na obtenção de substâncias antioxidantes provenientes de produtos vegetais. Além disso, alguns produtos naturais (como extrato de gengibre e de outros temperos) apresentaram, *in vitro*, maior atividade antioxidante que os produtos sintéticos (Parejo et al., 2002; Murcia et al., 2004).

De acordo com Hitz et al. (2018), os compostos fenólicos apresentam capacidade antioxidante, e efeitos positivos em enfermidades cardiovasculares, cancerígenas e neurológicas. Os antioxidantes podem atuar por diversos mecanismos protegendo os lipídios, alvo dos iniciadores da oxidação ou interrompendo a fase de propagação. O principal mecanismo de ação de compostos fenólicos, naturalmente presentes nos vegetais em geral, é a inativação de radicais livres de lipídios, diminuindo a produção de espécies reativas e, conseqüentemente, interrompendo a fase de propagação da autoxidação lipídica (Gordon, 2004). Semelhante a oxidação lipídica, a oxidação protéica é descrita como um processo de reações em cadeia, mediadas por radicais livres. Os mecanismos da reação têm uma complexidade mais elevada, e uma grande variedade de compostos podem ser formados (Souza, 2011).

2.3.2 Potencial do resíduo do cajá como fonte de antioxidantes naturais

O Brasil possui um dos mais altos níveis de biodiversidade do mundo, sendo que as regiões Norte e Nordeste são aquelas onde a maior parte da

biodiversidade existente está concentrada, o que permite o acesso a vários tipos de plantas e espécies de frutas (Mattietto et al., 2010). A *Spondias mombin* L. é uma planta pertencente à família *Anacardiaceae*. Esta espécie é nativa do Brasil e seus frutos são comumente conhecidos como "cajá". Ocorre amplamente em regiões tropicais da América, África e Ásia. No Brasil, é encontrado principalmente nas regiões Norte e Nordeste (Soares, 2005).

O mombin amarelo, conhecido em português como 'cajá', 'taperebá', 'cajá-mirim' ou 'cajá verdadeiro', possui características relevantes para a industrialização e apresenta aroma agradável e sabor agridoce, o que gera interesse na própria região e também em outras regiões do Brasil onde esse fruto não é produzido (Anselmo et al., 2006).

Embora o cajá seja um fruto aromático, característica responsável pela alta aceitabilidade do fruto pelos consumidores, não existe pomares para produção comercial no Brasil. Além disso, a produção do cajá é sazonal e de caráter extrativista, de modo que todos os frutos são colhidos em plantas selvagens, de forma manual e coletando-se os frutos maduros caídos no solo (Mata et al., 2005; Brito et al., 2008). Mesmo assim a produção do cajá não ocorre apenas para atender as demandas do mercado local, mas também atinge outras partes do país onde é altamente apreciado e comercializado, principalmente como polpa congelada (Tiburski et al., 2011).

Contreras-Calderón et al. (2011) avaliaram a atividade antioxidante da polpa e casca de cajá e constataram alto potencial antioxidante, enquanto Omena et al. (2012) avaliaram o extrato etanólico da polpa, casca e semente de umbu e seriguela, e encontraram elevado potencial antioxidante frente a radicais livres como DPPH e ABTS. Felix et al. (2018) reportaram que o extrato proveniente do bagaço de *Spondias mombin* L. apresenta alta capacidade de redução de cobre e ferro. Estes resultados evidenciam a viabilidade da aplicação desses extratos na indústria de alimentos como antioxidantes naturais, promovendo a redução do impacto ambiental e agregação de valor ao subproduto gerado pela agroindústria.

3. REFERÊNCIAS

Al-Qassabi, J. S. A., Weli, A. M., Hossain, M. A. (2018). Comparison of total phenols content and antioxidant potential of peel extracts of local and imported lemons samples. **Sustainable Chemistry and Pharmacy**, 8, 71-75.

Anselmo, G. C. S.; Cavalcanti-Mata, M. E. R. M.; Arruda, P. C.; Sousa, M. C. (2006). Determinação da higroscopicidade do cajá em pó por meio da secagem por atomização. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, 6, 58-65.

APN, Associação portuguesa de nutrição. **Pescar Saúde**, 2016. Disponível em: https://www.apn.org.pt/documentos/ebooks/E-book_pescado_Final_High.pdf. Acesso em: 19/06/2020.

Brasil. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento** (2007). Decreto nº 6.286, de 22 de novembro de 2007. Institui a classificação de produtos vegetais, seus subprodutos e resíduos de valor econômico, e dá outras providências. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília.

Brasil. **Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento** (2017). Instrução Normativa nº 21, de 31 de maio de 2017. Regulamento Técnico que fixa a identidade e as características de qualidade que deve apresentar o peixe congelado. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília.

Brito, C. H., Costa, N. P., Batista, J. L., Nascimento, L. C., Oliveira, H. D., Barreto, E. S. (2008). Termoterapia para o controle de patógenos em pós-colheita em frutos de cajazeira. **Acta Scientiarum. Agronomy**, 30, 19-23.

Bodoira, R., Velez, A., Andreatta, A. E., Martínez, M., Maestri, D. (2017). Extraction of bioactive compounds from sesame (*Sesamum indicum* L.) defatted seeds using water and ethanol under sub-critical conditions. **Food chemistry**, 237, 114-120.

Bourtoom, T., Chinnan, M. S., Jantawat, P., Sanguandeeikul, R. (2009). Recovery and characterization of proteins precipitated from surimi wash-water. **LWT-Food Science and Technology**, 42(2), 599-605.

Cao, J. X., Zhou, C. Y., Wang, Y., Sun, Y. Y., Pan, D. D. (2018). The effect of oxidation on the structure of G-actin and its binding ability with aroma compounds in carpgrass skeletal muscle. **Food Chemistry**, 240, 346–353.

Carvalho, A. V., Cavalcante, M. A., Santana, C. L., Alves, R. M. (2011). Physical, chemical and antioxidant activity of fruits of cassava matrices in the State of Pará. **Brazilian Journal of Food and Nutrition**, 22(1), 45-53.

Chai, J., Jiang, P., Wang, P., Jiang, Y., Li, D., Bao, W., Li, Y. (2018). The intelligent delivery systems for bioactive compounds in foods: Physicochemical and physiological conditions, absorption mechanisms, obstacles and responsive strategies. **Trends in Food Science & Technology**, 78, 144-154.

Chaves Neto, J. R. C., Schunemann, A. P. P., dos Santos, A. M. D. G., Silva, S. D. M. (2019). Compostos fenólicos, carotenoides e atividade antioxidante em frutos de cajá-manga. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, 36(1).

Cechin, K. S. R. D. S., Bernardi, D. M. (2020). Elaboração e análise sensorial de patê de frango com ômega-3 e antioxidantes naturais do bagaço de uva. **Fag Journal of Health (FJH)**, 2(1), 93-102.

Contreras-Calderón, J., Calderón-Jaimes, L., Guerra-Hernández, E., García-Villanova, B. (2011). Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia. **Food Research International**, 44, 2047–2053.

Costa Filho, D. V., Silva, A., Silva, P., Sousa, F. (2017). Aproveitamento de resíduos agroindustriais na elaboração de subprodutos. **In II Congresso Internacional das Ciências Agrárias–COINTER–PDVAgro**.

Devi, A., Das, V. K., Deka, D. (2018). Evaluation of the effectiveness of potato peel extract as a natural antioxidant on biodiesel oxidation stability. **Industrial Crops and Products**, 123, 454-460.

Du, X. J., Sun, Y. Y., Pan, D. D., Wang, Y., Ou, C. R., & Cao, J. X. (2018a). Change of the structure and the digestibility of myofibrillar proteins in Nanjing dry-cured duck during processing. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 98, 3140–3147.

FAO. 2020. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. In brief. Sustainability in action**. Roma. Disponível em: <http://www.fao.org/3/ca9229en/ca9229en.pdf> . Acesso em 20/04/2021.

FAO, 2016. **El estado mundial de la pesca y la acuicultura: contribución a la seguridad alimentaria y la nutrición para todos**. Disponível em: <http://www.fao.org/3/i5555s/i5555s.pdf>. Acesso em: 28/07/2020.

Falcão, H. R. D. C. **Síntese e caracterização de novo antioxidante fenólico derivado da biomassa da castanha de caju (LCC-técnico) para biodiesel por método eletroanalítico**. 2019. 120f. Tese (Doutorado em Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Felix, A. C. S., Novaes, C. G., Pires Rocha, M., Barreto, G. E., do Nascimento, B. B., & Giraldez Alvarez, L. D. (2018). Mixture Design and Doehlert Matrix for the Optimization of the Extraction of Phenolic Compounds from *Spondias mombin* L Apple Bagasse Agroindustrial Residues. **Frontiers in Chemistry**, 5, 1-8.

Gordon, M. H. (2004). Factors affecting lipid oxidation. **Understanding and measuring the shelf-life of food**, 128-141.

Hitz, D., Barbosa, M., Nezello, M., Mazur, C. E. (2018). Ação dos compostos fenólicos na aterosclerose: Uma revisão. **Visão Acadêmica**, 19(1), 107-112.

Ko, J. Y.; LEE, J.-H.; Samarakoon, K.; Kim, J.-S.; Jeon, Y.-J. (2013). Purification and determination of two novel antioxidant peptides from flounder fish (*Paralichthys olivaceus*) using digestive proteases. **Food and Chemical Toxicology**, 52, 113–120.

Kuhn, C. R.; Soares, G. J. D.; Hernández, C. P.; Vendruscolo, J. L. da S. (2003). **Avaliação da força de gel de surimi de resíduos de pescada-foguete (*Macrodonancylodon*) enriquecido com aditivos protéicos**. B.CEPPA, Curitiba, 21, p. 239-248.

Leitzke, T. S., De Souza, V. R. D., Fioravante, J. B., Rodrigues, R. D. S., Da, A., Moreira, S., Vendruscolo, C. T. (2013). Avaliação de antocianinas e capacidade antioxidante de polpas de mirtilo em diferentes tempos de armazenamento. **In Congresso de Iniciação Científica, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas**.

Li, Cm., Zhong, Zh., Wan, Qh. (2008). Preparation and thermal stability of collagen from scales of grass carp (*Ctenopharyngodonidellus*). **European Food Research and Technology**, 227, 1467-1473.

Li, P., Yang, H., Zhu, Y., Wang, Y., Bai, D., Dai, R., Ma, L. (2016). Influence of washing and cold storage on lipid and protein oxidation in catfish (*Clarias lazera*) surimi. **Journal of Aquatic Food Product Technology**, 25(6), 790-801.

Liu, J.; Fang, C.; Luo, Y.; Ding, Y.; Liu, S. (2019). Effects of konjac oligo-glucomannan on the physicochemical properties of frozen surimi from red gurnard (*Aspitriglacuculus*). **Food Hydrocolloids**, 89, 668-673.

Lima, M. C., de Sousa, C. P., Fernandez-Prada, C., Harel, J., Dubreuil, J. D., & De Souza, E. L. (2019). A review of the current evidence of fruit phenolic compounds as potential antimicrobials against pathogenic bacteria. **Microbial pathogenesis**, 130, 259-270.

Lima, D. A. S. **Potencial tecnológico de hidrolisados protéicos obtidos de subprodutos de peixes produzidos pela máquina de serra fitas**. 2019. 105f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tec. De Alimentos) – Universidade Federal da Paraíba, 2019.

Martinho, H. C. R. P. S. **Produção de surimi e derivados em comunidade pesqueira desfavorecida do rio de janeiro**. 2011. Disponível em: <[https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/4075/1/Dissertação Henrique C. R. P. São Martinho.pdf](https://www.repository.utl.pt/bitstream/10400.5/4075/1/Disserta%C3%A7%C3%A3o%20Henrique%20C.%20R.%20P.%20S%C3%A3o%20Martinho.pdf)>. Acesso em: 20/06/2020.

Mata, M. E. R. M. C.; Duarte, M. E. M.; Zanini, H. L. H. T. (2005). Calor específico e densidade da polpa de cajá (*Spondias lútea L.*) com diferentes concentrações de sólidos solúveis sob baixas temperaturas. **Engenharia Agrícola**, 25, 88-498.

Mattietto, R.A., Lopes, A.S., Menezes, H.C., (2010). Caracterização física e físico-química dos frutos da cajazeira (*Spondias mombin L.*) e de suas polpas obtidas por dois tipos de extrator. **Brazilian Journal of Food Technology**, 13, 156-164.

Mira, N. V. M.; Lanfer-Marquez, U. M. (2005). Avaliação da composição centesimal, aminoácidos e mercúrio contaminante de surimi. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 25, 665-671.

Murcia, M. A.; Egea, I.; Romojaro, F.; Parras, P.; Jiménez, A. M.; Martínez-Tomé, M. (2004). Antioxidant evaluation in dessert spices compared with common food additives. Influence of irradiation procedure. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, 52, 1872- 1881.

Nirmala, C., Bisht, M. S., Bajwa, H. K., Santosh, O. (2018). Bamboo: A rich source of natural antioxidants and its applications in the food and pharmaceutical industry. **Trends in Food Science & Technology**, 77, 91-99.

Omena, C. M. B., Valentim, I. B., Guedes, G. S., Rabelo, L. A., Mano, C. M., Bechara E. J. H., Sawaya, A. C. H. F., Trevisan, M. T. S., Costa, J. G., Ferreira, R. C. S., Sant'ana, A. E. G., Goulart, M. O. F. (2012). Antioxidant, anti-acetylcholinesterase and cytotoxic activities of ethanol extracts of peel, pulp and seeds of exotic Brazilian fruits. **Food Research International**, 49, 334–344.

Oetterer, M.; Regitano-D'arce, M.; Spoto, M. (2006). **Fundamentos de Ciência e Tecnologia de Alimentos**. São Paulo, Brasil: Manole Ltda.

Panesar, P.S., Kaur, R, Singla, G., Sangwan, R.S. (2016). Bio-processing of agro-industrial wastes for production of food-grade enzymes: progress and prospects. **Applied Food Biotechnology**, 3, 208-227.

Parejo, I.; Viladomat, F.; Bastida, J.; Rosas-Romero, A.; Flerlage, N.; Burillo, J.; Codina, C. (2002). Comparison between the radical-scavenging activity and antioxidant activity of six distilled and non-distilled mediterranean herbs and aromatic plants. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, 50, 6882-6890.

Park, J.W., Lin, T.M., **Surimi: manufacturing and evaluation** (2005). In: Park, J.E.(Ed.), *Surimi and Surimi Seafood*. Taylor and Francis, Boca Raton, 33–105.

Parvathy, U.; George, S. (2014). Influence of cryoprotectant levels on storage stability of surimi from *Nemipterus japonicus* and quality of surimi-based products. **Journal of Food Science & Technology**, 51, 982–987.

Pereira, J. M. G., Formigoni, M., Viell, F. L. G., Pante, G. C., Bona, E., Vieira, A. M. S. (2020). Aditivos alimentares naturais emergentes: Uma revisão. **Realidades e Perspectivas**, 46

Podsedek, A. (2007) Natural antioxidants and antioxidant capacity of Brassica vegetables: A review. **LWT-Food Science and Technology**, 40, 1-11.

Santana Neto, D. C. **Desenvolvimento e aplicação de extrato de Spondiasmombin L. para manutenção da qualidade de hambúrguer de frango pronto para consumo** (2019). 167f. Dissertação (Mestrado em Tec. Agroalimentar) – Universidade Federal da Paraíba, 2019.

Seibel, N.F.; Soares, L.A.S. (2003). Produção de silagem química com resíduos de pescado marinho. **Brazilian Journal of Food Technology**, 6, 333 – 337.

Shanthi, G., Premalatha, M., Anantharaman, N. (2021). Potential utilization of fish waste for the sustainable production of microalgae rich in renewable protein and phycocyanin-Arthrospira platensis/Spirulina. **Journal of Cleaner Production**, 294, 126106.

Silva, F.V.G.; Silva, S.M.; Silva, G.C.; Mendonça, R.M.N.; Alves, R.E.; Dantas, A.L. (2012). Bioactive compounds and antioxidant activity in fruits of clone and ungrafted genotypes of yellow mombin tree. **Ciência Tecnologia de Alimentos**, 32, 685-691.

Silva, J. F. X.; K. RIBEIRO, SILVA J. F.; CAHÚ, T. B.; BEZERRA R. S. Utilization of tilapia processing waste for the production of fish protein hydrolysate (2014). **Animal Feed Science and Technology**, v. 196, p. 96–106.

Silva, T. M.; Melo, E. A. Resíduo de ciriguela (*Spondias purpurea*, L.): teor de fitoquímicos e potencial antioxidante (2013). **Anaisda XIII Jornada de Ensino, Pesquisa e Extensão – JEPEX**. Recife.

Soares, E.B. **Avaliação de genótipos de cajazeira (*Spondias mombin L.*): Caracterização físico-química dos frutos e repetibilidade de caracteres morfoagronômicos**. 2005. 58f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal do Piauí, 2005.

Souza, M. A. A. **Oxidação lipídica e proteica em carnes**. 2011. 245f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos). Universidade Estadual de Londrina, 2011.

Souza, M. C. C. de; Silva, M. V. L. Determinação da Capacidade Antioxidante de Frutas Típicas do Semiárido. XVI **Jornada de Iniciação Científica**, Salvador. 2012.

Tiburski, J. H., Rosenthal, A., Deliza, R., Godoy, R. L. O., Pacheco, S. (2011). Nutritional properties of yellow mombin (*Spondias mombin L.*) pulp. **Food Research International**, 44, 2326–2331.

Wang, W., Shen, M., Liu, S., Jiang, L., Song, Q., Xie, J. (2018). Gel properties and interactions of Mesonablumes polysaccharide-soy protein isolates mixed gel: The effect of salt addition. **Carbohydrate polymers**, 192, 193-201.

Weng, C. J., Yen, G. C. (2015). Natural plant extracts as antioxidants for food preservation. **Handbook of Antioxidants for Food Preservation**, 235-249.

Zeece, M (2020). Food additives. In Introduction to the Chemistry of Food. **Elsevier**. 251–311

Zhang, L., Li, Q., Shi, J., Zhu, B., Luo, Y. (2018). Changes in chemical interactions and gel properties of heat-induced surimi gels from silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) fillets during setting and heating: Effects of different washing solutions. **Food Hydrocolloids**, 75, 116-124.

Zhou, X., Chen, T., Lin, H., Chen, H., Liu, J., Lyu, F., & Ding, Y. (2019). Physicochemical properties and microstructure of surimi treated with egg white modified by tea polyphenols. **Food Hydrocolloids**, 90, 82-89.

CAPÍTULO 2 - Aditivos naturais como promotores de qualidade no surimi: uma breve revisão

NATURAL ADDITIVES AS QUALITY PROMOTERS IN SURIMI: A BRIEF REVIEW

RESUMO – O surimi é um concentrado protéico formado basicamente por proteínas miofibrilares de pescado. Trata-se de uma matéria-prima bastante susceptível a alterações durante o congelamento e armazenamento. Para melhor conservação da qualidade, o surimi é adicionado de crioprotetores naturais ou sintéticos, com destaque para sacarose, sorbitol e tripolifosfato de sódio. No entanto, várias pesquisas têm reportado o efeito adverso do consumo de aditivos artificiais para a saúde, sendo relacionados com o aparecimento de síndromes metabólicas, obesidade, diabetes, doenças gastrointestinais, entre outros. Esta revisão destaca a importância da redução do uso de aditivos sintéticos para a conservação do surimi, e sugere potenciais alternativas naturais para a substituição total ou parcial destes aditivos, além discutir acerca dos efeitos dos diferentes tipos de substâncias naturais nas características de qualidade do gel de surimi.

Palavras-chave: Aditivos naturais, Antioxidantes, Desnaturação proteica, Saudabilidade, Surimi

ABSTRACT - Surimi is a protein concentrate formed basically by fish myofibrillar proteins. It is a raw material very susceptible to changes during freezing and storage. For better quality conservation, surimi is added with natural or synthetic cryoprotectants, especially sucrose, sorbitol and sodium tripolyphosphate. However, several studies have reported the adverse effect of consuming these artificial additives for health, reporting the appearance of metabolic syndromes, obesity, diabetes, gastrointestinal diseases, among others. This review highlights the importance of reducing the use of synthetic additives for surimi conservation, and natural alternative characteristics for the total or partial replacement of these additives, in addition to discussing the different effects of natural additive types on the quality characteristics of surimi gel.

Keywords: Natural additives, Antioxidants, Protein denaturation, Healthiness, Surimi

1. INTRODUÇÃO

O surimi é uma matéria-prima originária do Japão obtido a partir de sucessivas lavagens da carne mecanicamente separada (CMS) de pescado para remoção da gordura, pigmentos e outras substâncias solúveis, seguida de adição de agentes crioprotetores. O processo de obtenção do surimi dá origem a um concentrado protéico esbranquiçado, sem odor e de alta qualidade nutricional (Oh et al., 2019; Park, 2013).

Até o presente momento, não há referência estatística oficial e atualizada sobre a produção mundial de surimi. Contudo, de acordo com Guenneugues (2020) da *Future Seafood*, empresa do ramo de pescado, estima-se que a produção mundial de surimi atingiu um milhão de toneladas em 2019, sendo os países asiáticos os maiores produtores. Em nível global, aproximadamente 65% dos surimis são produzidos a partir de peixes tropicais. Segundo Guenneugues e Ianelli (2013), o aumento anual de 2-3% do volume de produção de surimis de peixes tropicais tem sido suficiente para atender a demanda global.

O surimi possui diversas funcionalidades e apresenta elevada capacidade de formar gel em virtude da alta concentração de proteínas miofibrilares (Wang et al., 2017). Por isso, o processo de elaboração do surimi é uma alternativa para o reaproveitamento de subprodutos, sendo muito utilizado para criar e imitar texturas, servindo de base para a produção de uma série de produtos, tais como kamaboko, kanikama e os palitos de carangueijo.

Por se tratar de uma matéria prima rica em proteínas de alto valor biológico, o surimi é bastante susceptível à deterioração microbiana, sendo, por isso, armazenado em temperatura de congelamento. No entanto, as propriedades do surimi são fortemente afetadas pelo congelamento e tempo de estocagem, os quais afetam a integridade do tecido muscular e aceleram a desnaturação e a agregação das proteínas, ocasionando defeitos de qualidade no produto final (Du et al., 2018).

Para minimizar os efeitos do congelamento e do armazenamento na qualidade, substâncias crioprotetoras são adicionadas na massa após as etapas de lavagem. Os principais crioprotetores utilizados pela indústria são a sacarose e o sorbitol, isolados ou misturados, na proporção de 6 a 9% do peso

de surimi (Park e Lin, 2005). Embora estes aditivos forneçam maior estabilidade às proteínas miofibrilares do surimi ao longo do armazenamento congelado, o produto final pode apresentar sabor doce indesejável e maior conteúdo de calorias a depender da concentração de açúcares utilizada (Limpisophon et al., 2015).

Visando substituir ou reduzir o percentual de açúcares e de outros aditivos sintéticos na preparação do surimi, pesquisadores têm estudado o potencial de aditivos naturais para promoção da qualidade do surimi e de seus géis. Polifenóis extraídos de maçãs apresentaram efeito antioxidante e conservante significativo em surimi de carpa capim (Sun et al., 2017). Hidrolisados têm sido amplamente utilizados na conservação do surimi por seu efeito positivo ao retardar reações de oxidação (Zhang et al., 2020).

Sabendo-se do crescente interesse dos consumidores no processo produtivo e nos ingredientes que fazem parte dos alimentos, as indústrias alimentícias têm direcionado a atenção no desenvolvimento de produtos com apelo natural e menor conteúdo de aditivos sintéticos, considerados não saudáveis (Ansioli et al., 2017). Esta revisão objetivou descrever o potencial de aditivos naturais para a promoção da qualidade de surimis e seus géis.

2. CARACTERÍSTICAS DE QUALIDADE DO SURIMI

O surimi é um concentrado protéico miofibrilar estabilizado e obtido da carne desossada de peixes por lavagem e desidratação, que é utilizado como matéria-prima intermediária para a produção de diversos produtos de elevado valor (Mi et al., 2021). Este tem grande popularidade em todo o mundo graças ao seu excelente valor nutricional e sua capacidade de formação de gel (Moreno et al., 2016).

Fatores intrínsecos e extrínsecos podem afetar a qualidade final do surimi, como espécie do pescado, sazonalidade, maturidade sexual, frescor da matéria-prima, técnica de captura, origem do pescado (água salgada ou doce), ciclo de lavagens, teor de sal e nível de pH do produto. Algumas etapas do processamento são de grande relevância para a qualidade, com destaque para o processo de lavagem, que deve ser realizado com água de boa qualidade e a baixas temperaturas, tem a função de remover as impurezas da massa,

melhorando as características de textura, cor, odor e sabor do produto final (Park e Lin, 2005). O processo de lavagem do surimi pode ser realizado em diferentes ciclos dependendo da metodologia utilizada. De acordo com São Martinho et al. (2011), o uso de bicarbonato de sódio a 0,5% neutraliza o pH do músculo e o cloreto de sódio pode aumentar a força iônica e facilitar a remoção do excesso de água. A etapa de drenagem entre as lavagens tem a função de controlar o teor de umidade do surimi. Os percentuais finais de umidade recomendados variam de 72 a 77% (Mello et al., 2010). A temperatura da água também é um fator importante no processamento, sendo ideais valores inferiores a 10°C para evitar a desnaturação das proteínas (Mello et al., 2009).

No surimi ocorrem diversas mudanças durante seu armazenamento congelado. Visando minimizar essas alterações, são utilizados crioprotetores para prevenir a oxidação e desnaturação das proteínas. Os crioprotetores mais usados incluem principalmente açúcares como sorbitol e sacarose devido a seu efeito protetor e baixo preço (Lin et al., 2019). O armazenamento congelado diminui a integridade do surimi devido à formação dos cristais de gelo, a adição dos crioprotetores evita a desnaturação e estabiliza o funcionamento das propriedades estruturais da proteína, o que é possível pela sua capacidade de aumentar a tensão superficial da água, retardando a perda de água das proteínas e protegendo a ligação de hidrogênio entre a proteína-proteína e proteína-água (Whalayat et al., 2020).

Propriedades funcionais como cor e textura são consideradas características sensoriais importantes que podem afetar a aceitação do consumidor de produtos à base de surimi. As alterações na estrutura e funcionalidade protéica em decorrência de uma maior instabilidade oxidativa podem desestruturar a rede do gel (Zhou et al., 2014). Os principais fatores que influenciam a cor e a textura do surimi e seus géis são o conteúdo proteico e perfil de aminoácidos além do teor de umidade. A força e a deformação do gel são altamente dependentes da concentração de proteínas (Kong et al., 2016).

O gel de surimi é uma rede tridimensional de proteínas miofibrilares que possui boas características de força, elasticidade e deformabilidade após aplicação de calor. Tais propriedades de textura são importantes para determinar a qualidade e o preço do produto final (Zhou et al., 2017). Os produtos elaborados geralmente são aquecidos abaixo de 40°C para induzir a

reticulação da proteína miofibrilar pela transglutaminase endógena, em seguida, aquecidos em alta temperatura para formar gel com uma forte estrutura de rede de gel (Jia et al., 2019).

A elevada capacidade de formar gel é diretamente relacionada com conteúdo de proteínas miofibrilares (Li et al., 2021). A oxidação das proteínas e o crescimento microbiano no surimi diminuem a solubilidade protéica e as capacidades de retenção de água e de gelificação (Zheng et al., 2021). Surimis com alto teor de gordura e baixa quantidade de proteínas miofibrilares possuem menor capacidade de formar gel (Luo et al., 2020).

A cor é uma das características mais usadas na classificação do surimi. Geralmente, os consumidores exigem alta luminosidade (L^*), baixa intensidade da cor amarela (b^*) e alta brancura (W) (Luo et al., 2020). A brancura é um dos parâmetros de qualidade mais importantes na avaliação da qualidade e pode ser obtida com a remoção a mioglobina, pigmentos heme e lipídios no processo de lavagem (Priyadarshini et al., 2017). A coloração da matéria prima também possui grande influência na brancura final do surimi. A obtenção de surimi a partir de peixes com carne escura dá origem a um produto final com problemas de coloração, o que pode afetar a qualidade dos produtos derivados. Para minimizar este efeito, alternativas estão sendo estudadas para melhorar a brancura a partir de matérias primas de coloração escura. Agentes como peróxido de hidrogênio, bicarbonato de sódio e carbonato de cálcio têm sido utilizados para branquear surimis preparados a partir de carne escura (Zaghib et al., 2017).

Por se tratar de uma matéria prima utilizada na elaboração de novos produtos, a ausência de sabores e odores fortes é uma propriedade importante do surimi. Os ácidos graxos presentes em peixes e derivados são muito suscetíveis à oxidação e, portanto, à formação de radicais livres e hidroperóxidos lipídicos, que por sua vez dão origem a compostos de aroma desagradáveis e sabor rançoso (Li et al., 2016). A oxidação dos lipídios também afeta a cor (Shi et al., 2021). As sucessivas lavagens realizadas na polpa do peixe removem a maior parte dos lipídios presentes, resultando numa pasta protéica insípida e inodora. Géis firmes, de coloração clara e odor não muito forte dão origem a produtos derivados com elevada aceitação sensorial (Tao et al., 2020; Zhang et al., 2018).

3. ADITIVOS NATURAIS COMO PROMOTORES DA QUALIDADE DO SURIMI

Na indústria de alimentos, aditivos sintéticos são usados para melhorar as características de qualidade dos produtos processados. Porém, alguns estudos têm alertado sobre a relação entre o consumo excessivo de aditivos alimentares sintéticos com reações gastrointestinais, respiratórias, dermatológicas e neurológicas adversas (Souza et al., 2019). Os principais aditivos sintéticos usados no surimi são antioxidantes (BHA e BHT), que tem como principal função proteger o alimento de alterações oxidativas aumentando sua vida de prateleira (Supawong et al., 2019).

Considerando-se todos os aspectos negativos do uso de aditivos alimentares sintéticos, é crescente a busca por ingredientes naturais para a conservação de alimentos visando contribuir para a saúde dos consumidores. Neste sentido, estudos têm testado o efeito de aditivos naturais de origem animal e vegetal nas características de qualidade do surimi, seus géis e produtos derivados, alguns estão listados na tabela abaixo. Na Tabela 1 estão listados os principais aditivos naturais usados em surimi e produtos derivados.

Tabela 1. Aditivos naturais e seus efeitos nas propriedades do surimi e derivados.

ORIGEM	INGREDIENTE	OBJETIVO	EFEITO	REFERÊNCIA
Vegetal	Óleo de chá de camélia	Determinar o efeito do óleo de chá de camélia nas propriedades dos géis de surimi	Aumentou a dureza, capacidade de retenção de água e brancura dos géis	Zhou et al. 2017
Vegetal	Polifenóis da maçã	Estudar a atividade antioxidante dos polifenóis da maçã e seu efeito conservante no surimi e nas propriedades do gel	Retardou a oxidação proteica e lipídica, melhorou força do gel e propriedades texturais	Sun et al. 2017
Vegetal	Amido de batata doce	Investigar os impactos do amido de batata doce na qualidade dos géis de surimi após congelamento	Melhorou as propriedades gelificantes, reduziu danos na estrutura após o congelamento	Jia et al. 2018
Vegetal	Fibra insolúvel de okara	Investigar os efeitos da fibra insolúvel de okara nas propriedades de gelificação do surimi	Melhorou a textura do gel e sua força de ruptura	Yin et al. 2019
Vegetal	Glicomananas do konjac	Investigar o efeito crioprotetor da glicomananas do konjac em surimi	Inibiu a desnaturação das proteínas, apresentou atividade antioxidante na oxidação lipídica, diminuiu a doçura do surimi	Liu et al. 2019
Vegetal	Lecitina de soja	Aprimorar o surimi nutricionalmente e investigar o uso da lecitina nas propriedades texturais, reológicas e química dos surimis.	Não alterou significativamente as propriedades do gel apenas melhorou o surimi nutricionalmente	Zhou et al. 2020
Vegetal	Isolado de proteína de	Investigar o uso do composto para	Melhorou a rede do gel e aumentou sua flexibilidade.	Borderias et

	ervilha	melhorar propriedades mecânicas e viscoelásticas do surimi e seus géis visando substituir parte da proteína do peixe por proteínas de origem vegetal	Agregou valor ao produto pela presença de compostos bioativos	al. 2020
Animal	Inibidor de tripsina purificado de ovas de atum albacora	Investigar os efeitos nas propriedades gelificantes do surimi	Melhorou a capacidade de retenção de água e a força do gel de surimi	Klomkiao et al. 2016
Animal	Hidrolisado de brânquias de peixe	Investigar o efeito antioxidante e crioprotetor do hidrolisado em surimi congelado	O hidrolisado branquial reduziu a oxidação de proteínas e a desnaturação de surimi congelado	Lin et al. 2019
Animal	Clara de ovo modificada	Investigar o efeito da clara de ovo modificada nas propriedades físico-químicas do gel de surimi	Melhorou a textura e a capacidade de retenção de água, porém diminuiu a brancura	Zhou et al. 2019
Animal	Óleo de peixe comercial	Investigar os efeitos do óleo de peixe combinado com microondas nas propriedades de gelificação e oxidação do gel de surimi	Sozinho diminuiu a força do gel. Associado ao microondas melhorou a brancura e maciez do gel	Jiao et al. 2019
Animal	Hidrolisados de proteínas dos subprodutos do processamento de surimi	Investigar os possíveis efeitos antioxidantes e crioprotetores do hidrolisado de subprodutos	Retardou a oxidação proteica, melhorou a capacidade de formar gel e a capacidade de retenção de água	Zhang et al. 2020

Animal	Banha suína emulsionada	Investigar o efeito da banha suína emulsionada nas características do gel de surimi	Melhorou a brancura e suculência, diminuiu a força de quebra, dureza e mastigabilidade	Fang et al. 2021
--------	-------------------------	---	--	---------------------

3.1. Compostos de origem vegetal como aditivos naturais em surimi

Os aditivos naturais de origem vegetal têm sido aplicados nos surimis com funções diversas. De maneira geral, os ingredientes vegetais têm sido usados para melhorar as propriedades sensoriais, além de ter função conservante. Entre os ingredientes naturais mais estudados e aplicados estão a fibra alimentar, compostos fenólicos, vitaminas, e peptídeos bioativos de frutas e vegetais (Chai et al., 2018). Os pesquisadores têm focado no desenvolvimento de novos produtos de surimi com aditivos multifuncionais, que não apenas aumentam as propriedades do gel, a capacidade de retenção de água, entre outros fatores, mas também conferem funções adicionais aos derivados de surimi (Alipour et al., 2018).

O amido é amplamente utilizado como aditivo alimentar em produtos à base de surimi devido à sua alta capacidade de retenção de água e à capacidade de manter as propriedades da proteína e, conseqüentemente, do gel. A adição de amido pode promover interações hidrofóbicas e aumentar a resistência do surimi devido ao grupo hidroxila ou resíduos de glicose no amido sofrem reticulação com resíduos miofibrilares e funcionarem como preenchimento na matriz de gel para aumentar as interações hidrofóbicas (Mi et al., 2021).

As mudanças de qualidade dos géis de surimi estão relacionadas ao tamanho do grânulo e à capacidade de absorção de água do amido, bem como ao dano estrutural após o congelamento, e a adição de amido de pequenos grânulos pode reduzir essas mudanças de qualidade após o congelamento e descongelamento (Jia et al., 2020). Os efeitos da adição do amido de batata doces em surimi foram avaliados por Jia (2018). De acordo com os autores, o amido melhorou as propriedades do gel de surimi e reduziu os danos às estruturas das proteínas no processo de congelamento e descongelamento.

A rica composição em fenólicos das frutas tem sido amplamente explorada na ciência e tecnologia de alimentos. Esses compostos apresentam atividade antioxidante e antimicrobiana, sendo capazes de eliminar radicais livres e controlar o crescimento microbiano, caracterizando-se como uma alternativa natural aos conservantes sintéticos (Kalem et al., 2017; Venkatesan et al., 2017).

Os principais antioxidantes presentes nos vegetais são as vitaminas C e E, os carotenóides e os compostos fenólicos, especialmente os flavonóides. Estas substâncias absorvem radicais livres e inibem a cadeia de iniciação ou interrompem

a propagação das reações oxidativas promovidas pelos radicais (Podsdek, 2007). Os polifenóis extraídos de maçãs apresentaram forte efeito antioxidante e conservante em surimi de carpa capim, retardando a formação de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARs), do nitrogênio das bases voláteis totais (N-BVT) e Índice de peróxido. Além disso, os polifenóis da maçã foram capazes de inibir a desnaturação das proteínas e conservar propriedades funcionais do surimi como atividade emulsificante e estabilidade da emulsão (Sun et al., 2017).

3.2. Compostos de origem animal como aditivos naturais em surimi

O surimi elaborado com matéria-prima de baixa qualidade pode comprometer a formação do gel, tornando-o fraco e com baixa aceitabilidade. Para minimizar estes problemas, vários aditivos com diferentes funções têm sido empregados na indústria de pescado.

Dentre os ingredientes de origem animal, os hidrolisados, isolados e concentrados protéicos de pescado têm se destacado pela capacidade de estabilizar emulsões e retardar reações de oxidação em proteínas. Segundo Morales-Medina et al. (2016), hidrolisados de pescado são capazes de estabilizar fisicamente emulsões, mantendo as mesmas estáveis quando submetidas a processos de homogeneização e microencapsulação por pulverização. Emulsões estáveis são capazes de formar uma rede de gel mais uniforme, agregando valor ao produto derivado do surimi. O hidrolisado de subprodutos do processamento do surimi estudado por Zhang et al. (2020) teve efeito positivo no retardamento das reações de oxidação e desnaturação das proteínas e melhorou a resistência do gel, sendo uma alternativa ao uso dos antioxidantes sintéticos e crioprotetores convencionais.

Os lipídios são indispensáveis para manter as propriedades reológicas, textura e sensação dos produtos no paladar. A interação lipídeo-proteína miofibrilar na emulsificação pode promover uma melhora nas propriedades dos produtos derivados do surimi, aumentando a aceitação sensorial (Jiao et al., 2019). Em comparação com os óleos vegetais, a gordura animal, como a banha suína, não oxida facilmente, o que por sua vez diminui as chances de alterações oxidativas ao longo do processamento e armazenamento. Em estudo realizado por Fang et al. (2021) a banha suína melhorou a suculência do surimi devido a propriedades já

conhecidas dos lipídios e a brancura, efeito que pode ser atribuído a dispersão da luz devido a emulsão.

Com a crescente preocupação da população relacionada às alergias, tem aumentado a busca por alimentos que contenham ingredientes naturais que ao mesmo tempo melhorem as características tecnológicas do produto e forneça benefícios à saúde do consumidor. É esperado que nos próximos anos haja um aumento na substituição dos aditivos sintéticos pelos naturais. Com o aumento das pesquisas sobre a incorporação dos ingredientes naturais e seus efeitos positivos no surimi, espera-se que a indústria de alimentos substitua os conservantes sintéticos, oferecendo assim um produto mais atrativo e saudável para os consumidores.

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O surimi é uma matéria prima rica em proteínas miofibrilares bastante utilizada em todo o mundo para a produção de derivados de pescado e para imitar texturas de alimentos diversos. Em decorrência da preocupação crescente dos consumidores com a ingestão de aditivos sintéticos, a incorporação de ingredientes naturais para a conservação ou melhora das características de qualidade do surimi e de seus géis tem sido uma prática bastante explorada na literatura. Uma variedade de materiais derivados de produtos naturais de origem vegetal e animal, ricos em fibras, compostos antioxidantes e amido, são amplamente utilizados como ingredientes no desenvolvimento do surimi. A inclusão desses ingredientes deve ser baseada em suas propriedades físico-químicas, antioxidantes, tecnológicas, nutricionais e custo-benefício. Pesquisas futuras devem se concentrar na efetividade desses ingredientes a longo prazo quando aplicados no surimi. Melhorar as propriedades nutritivas e funcionais do surimi por meio da inclusão desses materiais pode ser uma alternativa de interesse tanto para indústria quanto para consumidores.

5. REFERÊNCIAS

Alipour, H. J.; Rezaei, M.; Shabanpour, B.; Tabarsa, M. (2018). Effects of sulfated polysaccharides from green alga *Ulva intestinalis* on physicochemical properties and microstructure of silver carp surimi. **Food Hydrocolloids**, 74, 87-96.

Asioli, J.; AschemannWitzel, V.; Caputo, R.; Vecchio, A.; Annunziata, T.; Næs, P.; (2017). Making sense of the “clean label” trends: A review of consumer food choice behavior and discussion of industry implications. **Food Research International**, 99, 58-71.

Bashir, K. M. I.; Jin-Soo K.; Jeong H. A.; Jae H. S.; Jae-Suk C. (2017). "Natural Food Additives and Preservatives for Fish-Paste Products: A Review of the Past, Present, and Future States of Research", **Journal of Food Quality**.

Borderias, J. A.; Tovar, C. A.; Domínguez-Timón, F.; Días, T. M. (2020). Characterization of healthier mixed surimi gels obtained through partial substitution of myofibrillar proteins by pea protein isolates. **Food Hydrocolloids**, 107, 105976.

Chai, J., Jiang, P., Wang, P., Jiang, Y., Li, D., Bao, W., Li, Y. (2018). The intelligent delivery systems for bioactive compounds in foods: Physicochemical and physiological conditions, absorption mechanisms, obstacles and responsive strategies. **Trends in Food Science & Technology**, 78, 144-154.

De Souza, B. A., Pias, K. K. S., Braz, N. G.; Bezerra, A. S. (2019). Food Additives: Technological Aspects and Impacts on Human Health. **Context & Cheers Magazine**, 19(36), 5-13.

Du, X. J.; Sun, Y. Y.; Pan, D. D.; Wang, Y.; Ou, C. R.; Cao, J. X. (2018a). Change of the structure and the digestibility of myofibrillar proteins in Nanjing dry-cured duck during processing. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 98, 3140–3147.

Fang, Q., Shi, L., Ren, Z., Hao, G., Chen, J., & Weng, W. (2021). Effects of emulsified lard and TGase on gel properties of threadfin bream (*Nemipterusvirgatus*) surimi. **LWT**, 146, 111513.

FAO. 2020. **The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. In brief. Sustainability in action.** Roma.

Guenneugues, P. **The surimi industry in 2020.** Available at: <https://surimitech123.com/wp-content/uploads/2019/10/1h-Surimi-Market-Update-September-2019-Surimi-Forum-Madrid-September-2019.pdf> Accessed on: 05 de May, 2021.

Guenneugues, P., e Ianelli, J. (2013). Surimi resources and market. **Surimi and surimi seafood**, 25-53.

Jia, R., Katano, T., Yoshimoto, Y., Gao, Y., Nakazawa, N., Osako, K., & Okazaki, E. (2020). Effect of small granules in potato starch and wheat starch on quality changes of direct heated surimi gels after freezing. **Food Hydrocolloids**, 104, 105732.

Jia, R., Jiang, Q., Kanda, M., Tokiwa, J., Nakazawa, N., Osako, K., & Okazaki, E. (2019). Effects of heating processes on changes in ice crystal formation, water holding capacity, and physical properties of surimi gels during frozen storage. **Food Hydrocolloids**, 90, 254-265.

Jia, R.; Katano, T.; Yoshimoto, Y.; Gao, Y.; Watanabe, Y.; Nakazawa, N.; Osako, K.; Okazak, E. (2018). Sweet potato starch with low pasting temperature to improve the gelling quality of surimi gels after freezing. **Food Hydrocolloids**, 81, 467-473.

Jiao, X.; Cao, H.; Fan, D.; Huang, J.; Zhao, J. (2019). Effects of fish oil incorporation on the gelling properties of silver carp surimi gel subjected to microwave heating combined with conduction heating treatment. **Food Hydrocolloids**, 94, 164-173.

Kalem, I.K., Bhat, Z.F., Kumar, S., Desai, A. (2017). Terminalia arjuna: A novel natural preservative for improved lipid oxidative stability and storage quality of muscle foods. **Food Science and Human Wellness**, 6, 167-175.

Klomkiao, S., Benjakul, S., Kishimura, H., Osako, K., & Simpson, B. K. (2016). Trypsin inhibitor from yellowfin tuna (*Thunnus albacores*) roe: Effects on gel properties of surimi from bigeye snapper (*Priacanthus macracanthus*). **LWT-Food Science and Technology**, 65, 122-127.

Kong, W., Zhang, T., Feng, D., Xue, Y., Wang, Y., Li, Z., Xue, C. (2016). Effects of modified starches on the gel properties of Alaska Pollock surimi subjected to different temperature treatments. **Food Hydrocolloids**, 56, 20-28.

Li, F., Du, X., Wang, B., Pan, N., Xia, X., Bao, Y. (2021). Inhibiting effect of ice structuring protein on the decreased gelling properties of protein from quick-frozen pork patty subjected to frozen storage. **Food Chemistry**, 353, 129104.

Li, P., Yang, H., Zhu, Y., Wang, Y., Bai, D., Dai, R., Ma, L. (2016). Influence of washing and cold storage on lipid and protein oxidation in catfish (*Clarias lazera*) surimi. **Journal of Aquatic Food Product Technology**, 25(6), 790-801.

Lin, J.; Hong, H.; Zhang, L.; Zhang, C.; Luo, Y. (2019). Antioxidant and cryoprotective effects of hydrolysate from gill protein of bighead carp (*Hypophthalmichthys nobilis*) in preventing denaturation of frozen surimi. **Food Chemistry**, 298, 124868.

Liu, S. L.; Zhao, P. C.; Zhang, J. J.; Xu, Q. H.; Ding, Y. T.; Liu, J. H. (2017). Comparative study of the physical properties-properties and aptitude of the myofibrillar protein of the glycated silver carp with glucose and maltodextrin. **RSC Advances**, 7, 1008 – 1015.

Liu, J.; Fang, C.; Luo, Y.; Ding, Y.; Liu, S. (2019). Effects of konjac oligo-glucomannan on the physicochemical properties of frozen surimi from red gurnard (*Aspitriglacuculus*). **Food Hydrocolloids**, 89, 668-673.

Limpisophon, K.; Iguchi, H.; Tanaka, M.; Suzuki, T.; Okazaki, E.; Saito, T.; Takahashi, K.; Osako, K. (2015). Cryoprotective effect of shark skin gelatin hydrolyzate on the denaturation of frozen surimi compared to that of bovine skin. **Fisheries Science**, 81, 383 – 392.

Luo, H., Guo, C., Lin, L. (2020). Combined Use of Rheology, LF-NMR, and MRI for Characterizing the Gel Properties of Hairtail Surimi with Potato Starch. **Food Bioprocess Technology** 13, 637–647.

Mi, H., Li, Y., Wang, C., Yi, S., Li, X., & Li, J. (2021). The interaction of starch-gums and their effect on gel properties and protein conformation of silver carp surimi. **Food Hydrocolloids**, 112, 106290.

Mello, S. C. R. P. **Physical-chemical, bacteriological and sensory characterization of “fishburger” and “kamaboko” derived from the pulp and “surimi” of tilapia (*Oreochromis niloticus*)**. 2009. 116 f. Thesis (Doctorate in Veterinary Hygiene and Technological Processing of Animal Products) – Fluminense Federal University, Niterói, 2009.

Mello S. C. R. P.; Freitas M. Q.; Clemente S. C. S.; Franco R. M, Nogueira E. B.; Pinto M. D. S. R. (2010). Chemical and bacteriological characterization of pulp and surimi obtained from the residual spine of tilapia filleting. **Rural Science**, v.40, 648-653.

Moreno, H.; Herranz, B.; Pérez-Mateos, M.; Sánchez-Alonso, I.; Borderías, J.(2016). Alternatives in restructured seafood products.**Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 56, 237 – 248.

Morales-Medina, R., Tamm, F., Guadix, A. M., Guadix, E. M., Drusch, S. (2016). Functional and antioxidant properties of hydrolysates of sardine (*S. pilchardus*) and horse mackerel (*T. mediterraneus*) for the microencapsulation of fish oil by spray-drying. **Food chemistry**, 194, 1208-1216.

MPA (2015). **Ministry of Fisheries and Aquaculture. Article: Fisheries Scenario in Brazil.**

Oh, J.-Y., Kim, E.-A., Lee, H., Kim, H.-S., Lee, J.-S., & Jeon, Y.-J. (2019). Antihypertensive effect of surimi prepared from olive flounder (*Paralichthys olivaceus*) by angiotensin-I converting enzyme (ACE) inhibitory activity and characterization of ACE inhibitory peptides. **Process Biochemistry**, 80, 164–170.

Parvathy, U.; George, S. (2014). Influence of cryoprotectant levels on storage stability of surimi from *Nemipterus japonicus* and quality of surimi-based products. **Journal of Food Science & Technology**, 51, 982–987.

Park, J.W.; Lin, T.M., Surimi: manufacturing and evaluation. In: Park, J.E. (Ed.), **Surimi and Surimi Seafood**. Taylor and Francis, Boca Raton, pp. 33–105, 2005.

Park, J.W. *Surimi and Surimi Seafood*, 3rd ed. 666p. CRC Press, Boca Raton, FL. 2013.

Priyadarshini, B., Xavier, K. M., Nayak, B. B., Dhanapal, K., & Balange, A. K. (2017). Instrumental quality attributes of single washed surimi gels of tilapia: Effect of different washing media. **LWT**, 86, 385-392.

Podsedek, A. (2007). Natural antioxidants and antioxidant capacity of Brassica vegetables: A review. **LWT- Food Science and Technology**, 40, 1-11.

São Martinho, H. C. R. P. **Production of surimi and derivatives in a disadvantaged fishing community in Rio de Janeiro**. 2011. 57f. Dissertation (Masters in Food Engineering). Higher Institute of Agriculture, Technical University of Lisbon, Lisbon, 2011.

Shi, L., Yin, T., Huang, Q., You, J., Hu, Y., Jia, D., Xiong, S. (2021). Effects of filleting methods on composition, gelling properties and aroma profile of grass carp surimi. **Food Science and Human Wellness**, 10(3), 308-315.

Sun, L.; Sun, J.; Thavaraj, P.; Yang, X.; Guo, Y. (2017). Effects of thinned young apple polyphenols on the quality of grass carp (*Ctenopharyngodonidellus*) surimi during cold storage. **Food Chemistry**, 224, 372–381.

Sun, N.; Chen, J.; Wang, D.; Lin, S. (2018). Advance in food-derived phospholipids: Sources, molecular species and structure as well as their biological activities. **Trends in &Technology**, 80, 199-211.

Supawong, S., Park, J. W., Thawornchinsombut, S. (2019). Effect of rice bran hydrolysates on physicochemical and antioxidative characteristics of fried fish cakes during repeated freeze-thaw cycles. **Food Bioscience**, 32, 100471.

Tinello, F. e Lante, A. (2018). Recent advances in the control of polyphenol oxidase activity in fruit and vegetable products. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, 50, 73-83.

Tinello, F.; Mihaylova, D.;Lante, A. (2018). Immersion effect of the pre-treatment with green grape juice in dried slices of apple “Golden Delicious”. **Food and Bioprocesses Technology**, 11, 2275-2285.

Venkatesan, A.; Kathirvel, A.; Prakash, S.; Sujatha, V. (2017). Antioxidant, antibacterial activities and identification of bioactive compounds from terminalia chebula bark extracts. **Free Radicals and Antioxidants**,7, 43-49.

Wang, H., Luo, Y., Ertbjerg, P. (2017). Myofibrillar protein gel properties are influenced by oxygen concentration in modified atmosphere packaged minced beef. **Food chemistry**, 230, 475-481.

Walayat, N., Xiong, H., Xiong, Z., Moreno, H. M., Nawaz, A., Niaz, N., Randhawa, M. A. (2020). Role of Cryoprotectants in Surimi and Factors Affecting Surimi Gel Properties: A Review. **Food Reviews International**, 1-20.

Yin, T.; Reed, Z. H.; Park, J. W. (2014). Gelling properties of surimi affected by fishbone particle size. **Food Science and Technology**, 58, 412 – 416.

Zaghib, I., Felix, M., Romero, A., Arafa, S., & Hassouna, M. (2017). Effects of whitening agents and frozen storage on the quality of sardine (*Sardina pilchardus*) surimi: physicochemical and mechanical properties. **Journal of Aquatic Food Product Technology**, 26(1), 29-42.

Zhang, L., Li, Q., Hong, H., Luo, Y. (2020). Prevention of protein oxidation and enhancement of gel properties of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) surimi by addition of protein hydrolysates derived from surimi processing by-products. **Food Chemistry**, 316, 126343.

Zhang, Z.; Xia, G.; Yang, Q.; Fan, X.; Lyu, S. (2019). Effects of chitosan-based coatings on storage quality of Chinese shrimp. **Food Science and Nutrition**, 7, 4085-4094.

Zhang, L., Li, Q., Shi, J., Zhu, B., & Luo, Y. (2018). Changes in chemical interactions and gel properties of heat-induced surimi gels from silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) fillets during setting and heating: Effects of different washing solutions. **Food Hydrocolloids**, 75, 116-124.

Zheng, M., Liu, X., Chuai, P., Jiang, Z., Zhu, Y., Zhang, B., Li, Q. (2021). Effects of crude fucoidan on physicochemical properties, antioxidation and bacteriostasis of surimi products. **Food Control**, 122, 107806.

Zhou, X.; Chong, Y.; Ding, Y.; Gu, S.; Liu, L. (2016). Determination of the effects of different washing processes on aroma characteristics in silver carp mince by MMSE–GC–MS, e-nose and sensory evaluation. **Food Chemistry**, 207, 205-213.

Zhou, X.; Jiang, S.; Zhao, D.; Zhang, J. (2017) Changes in physicochemical properties and protein structure of surimi enhanced with camellia tea oil. **LWT- Food Science and Technology**, 84, 562-571.

Zhou, X. X.; Lin, H. H.; Zhu, S. C.; Xu, X.;Lyu, F. (2020). Textural, rheological and chemical properties of surimi nutritionally-enhanced with lecithin. **LWT-Food Science and Technology**, 122, 108984.

Zhou, X., Chen, T., Lin, H., Chen, H., Liu, J., Lyu, F., & Ding, Y. (2019). Physicochemical properties and microstructure of surimi treated with egg white modified by tea polyphenols. **Food Hydrocolloids**, 90, 82-89.

Zhou, F., Zhao, M., Zhao, H., Sun, W., &Cui, C. (2014). Effects of oxidative modification on gel properties of isolated porcine myofibrillar protein by peroxy radicals. **Meat Science**, 96(4), 1432-1439.

CAPÍTULO 3 – Alterações na estabilidade oxidativa de surimi do subproduto de pescada cambucu (*Cynoscion virescens*) adicionado de extrato do resíduo de *Spondias mombin L.*

Oxidative stability of green weakfish (*Cynoscion virescens*) by-product surimi enhanced with *Spondias mombin L.* waste extract

RESUMO – O extrato antioxidante do resíduo de *Spondias mombim L.* foi utilizado com a finalidade de inibir as alterações de qualidade de surimi elaborado com subproduto do postejamento de *Cynoscion virescens* durante 12 dias de armazenamento refrigerado. Foram elaborados quatro tratamentos diferentes: SC (surimi controle), SE (surimi com adição de 1% de extrato), SCP (surimi com adição de 4% de sorbitol + 4% de sacarose) e SECP (surimi com adição de 1% de extrato + 4% de sorbitol + 4% de sacarose). Durante os 12 dias de armazenamento foram feitas análises de oxidação lipídica e protéica, brancura, capacidade de retenção de água, capacidade emulsificante e compostos fenólicos totais do surimi. Após o armazenamento foi preparado o gel do surimi, onde foram feitas as análises de brancura e perfil de textura. O conteúdo de compostos fenólicos do tratamento SE (115,95 mg EAG/100g) foi significativamente superior aos outros tratamentos, indicando que o extrato foi incorporado ao surimi. A adição do extrato apresentou efeito significativo em manter a brancura do surimi e do gel ao longo do armazenamento. O gel de surimi apresentou elevados valores de brancura sendo o tratamento SE o que mais se destacou ao final dos 12 dias apresentando um valor de 74,89. A adição de 1% do extrato do resíduo e dos crioprotetores de forma isolada ou combinada apresentou efeito positivo na inibição da oxidação lipídica e protéica do surimi. O extrato também conservou os principais atributos de textura do gel de surimi durante o armazenamento. Portanto, o extrato antioxidante do resíduo de cajá representou uma alternativa promissora para manutenção das características de qualidade do surimi.

Palavras-chave: Antioxidante natural, Compostos fenólicos, Crioprotetores, Gelificação, Oxidação, Surimi

ABSTRACT – The antioxidant extract of *Spondias mombim* L residue was used to inhibit the quality changes of surimi elaborated with a cutting by-product of the *Cynoscion virescens* during 12 days of refrigerated storage. Four different treatments were developed: SC (surimi control), SE (surimi with addition of 1% extract), SCP (surimi with addition of 4% sorbitol + 4% sucrose) and SECP (surimi with addition of 1% of extract + 4% sorbitol + 4% sucrose). During the 12 days of storage, lipid and protein oxidation, whiteness, water retention capacity, emulsifying capacity, and total phenolic compounds of surimi were analyzed every 4 days. After storage, the surimi gel was prepared and whiteness and texture profile were analyzed. The phenolic compounds content of the SE treatment (115.95 mg EAG/100g) was significantly higher than the other samples, indicating that the extract was incorporated into surimi. The extract had a significant effect in maintaining the whiteness of the surimi and surimi gel throughout storage. The surimi gel showed high whiteness values, being the SE treatment those that stood out the most at the end of the 12 days, with a value of 74.89. The addition of 1% of the residue extract and cryoprotectants, alone or combined, had a positive effect on the inhibition of lipid and protein oxidation of surimi. The extract showed a significant effect in preserving the elasticity parameter during storage, and the cryoprotectant alone or combined with the extract was able to keep the cohesiveness parameter stable throughout storage. Therefore, the yellow mombin bagasse extract represents a promising alternative for maintaining the quality characteristics of surimi.

Keywords: Natural antioxidant, Phenolic compounds, Cryoprotectants, Gelation, Oxidation, Surimi.

1. INTRODUÇÃO

Os resíduos provenientes do pescado são frequentemente utilizados como alimentos de baixo valor agregado como a farinha, fertilizantes ou ainda são descartados no ambiente sem tratamento prévio, causando numerosos problemas ambientais, como contaminação do solo e dos recursos hídricos (Lima et al., 2013). Durante o beneficiamento do pescado são geradas quantidades significativas de resíduos (cabeça, vísceras, nadadeiras, cauda, coluna vertebral, escamas, pele e restos de carne) (Rufino et al., 2019). Esses resíduos representam cerca de 65% do pescado (Sousa, 2019).

O peixe pescada-cambucu (*Cynoscion virescens*) é uma espécie comumente comercializada no Brasil. Trata-se de um peixe de musculatura predominantemente branca e com baixo teor de gordura (APN, 2016) que tem sido comercializado na forma de postas congeladas. Os peixes congelados podem ser comercializados de forma integral ou em postas. As postas de peixe congelado são produzidas utilizando-se máquina serra fita, um equipamento que possui uma lâmina dentada afiada desenvolvida para cortar peças congeladas.

O corte das postas de pescada-cambucu em máquina serra-fita gera uma quantidade considerável de subprodutos, os quais apresentam elevado potencial para aproveitamento. As características físico-químicas dos subprodutos oriundos do resíduo postejamento de pescados são similares a carne de peixe, tendo assim um grande potencial para seu reaproveitamento (Lima et al., 2020).

Dentre as possibilidades de reaproveitamento do subproduto do postejamento, tem-se o surimi, uma pasta de proteína miofibrilar de pescados estabilizada com crioprotetores. Trata-se de um produto de origem japonesa, bastante popular em todo o mundo devido à capacidade de formação de gel e valor nutricional (Moreno et al., 2016). Durante o processamento e armazenamento sob congelamento do surimi, as mudanças de movimento da molécula de água, a formação e o aumento dos cristais de gelo promovem a agregação de proteínas do surimi. Estas alterações podem acelerar o processo de desnaturação proteica do surimi congelado, causando desnaturação das proteínas miofibrilares (Caoetal., 2018; Du et al., 2018).

A fim de inibir a desnaturação da proteína, a massa proteica do surimi deve ser estabilizada pela adição de crioprotetores, que interagem com os grupos

funcionais das proteínas, reduzindo a desnaturação e agregação protéica induzida pelo congelamento e armazenamento do surimi (Oliveira et al., 2017). A sacarose e o sorbitol são os principais agentes crioprotetores utilizados no processamento do surimi. Alguns antioxidantes sintéticos também podem ser aplicados em produtos a base de pescado para minimizar os danos oxidativos durante o armazenamento. Entretanto, o uso de conservantes sintéticos na conservação de alimentos tem sido relacionado com uma série de alterações e doenças com potencial carcinogênico, sobretudo quando aplicados em doses elevadas (Evstatiev et al., 2021).

O sorbitol e a sacarose podem conferir sabor adocicado e aumentam o valor energético dos surimis, levando a preocupações no que se refere ao desenvolvimento de diabetes. Associado a isso, o potencial efeito colateral negativo como doenças gastrointestinais dos antioxidantes sintéticos no organismo humano tem levado os cientistas de alimentos a explorar estratégias para a exploração de aditivos naturais em sistemas alimentares, despertando grande interesse nos últimos anos (Chalamaiah et al., 2012; Atef e Ojagh, 2017).

Diante a necessidade do uso de aditivos naturais na conservação de produtos, o potencial funcional das frutas e dos resíduos de frutas tropicais já são bem estudados na literatura (Batista et al., 2018; Carvalho et al., 2017; Araújo et al., 2017). Frutas do gênero *Spondias* têm sido reportadas como fonte de antioxidantes (Abiodun et al., 2020; Cristofoli et al., 2019; Silva et al., 2018). O cajá (*Spondias mombin* L.) é um fruto exótico amplamente difundido na América, Ásia e África, sendo cultivado nos trópicos úmidos (Mitchell e Daly, 2015). No Brasil, a produção e consumo do cajá têm considerável importância social e econômica. Contreras-Calderón et al. (2011) observaram elevado potencial antioxidante da polpa e casca de cajá, enquanto Omena et al. (2012) avaliaram o extrato etanólico da polpa, casca e semente de umbu e seriguela, e encontraram elevado potencial antioxidante frente a radicais livres como DPPH e ABTS. Felix et al. (2018) reportaram que o extrato proveniente do bagaço de *Spondias mombin* L. apresentou alta capacidade de redução de cobre e ferro.

Considerando a importância de avaliar os efeitos dos antioxidantes naturais na conservação da qualidade de alimentos, não foram encontrados estudos com foco no efeito dos antioxidantes naturais de resíduos de frutas nas características de qualidade de surimis elaborados a partir de resíduos da indústria de pescado. Portanto, objetivou-se avaliar o efeito da incorporação do extrato do bagaço do cajá

nas características de qualidade e estabilidade oxidativa do surimi obtido do subproduto do postejamento de pescada cambucu (*Cynoscion virescens*) durante 12 dias de armazenamento refrigerado.

2. MATERIAL E MÉTODOS

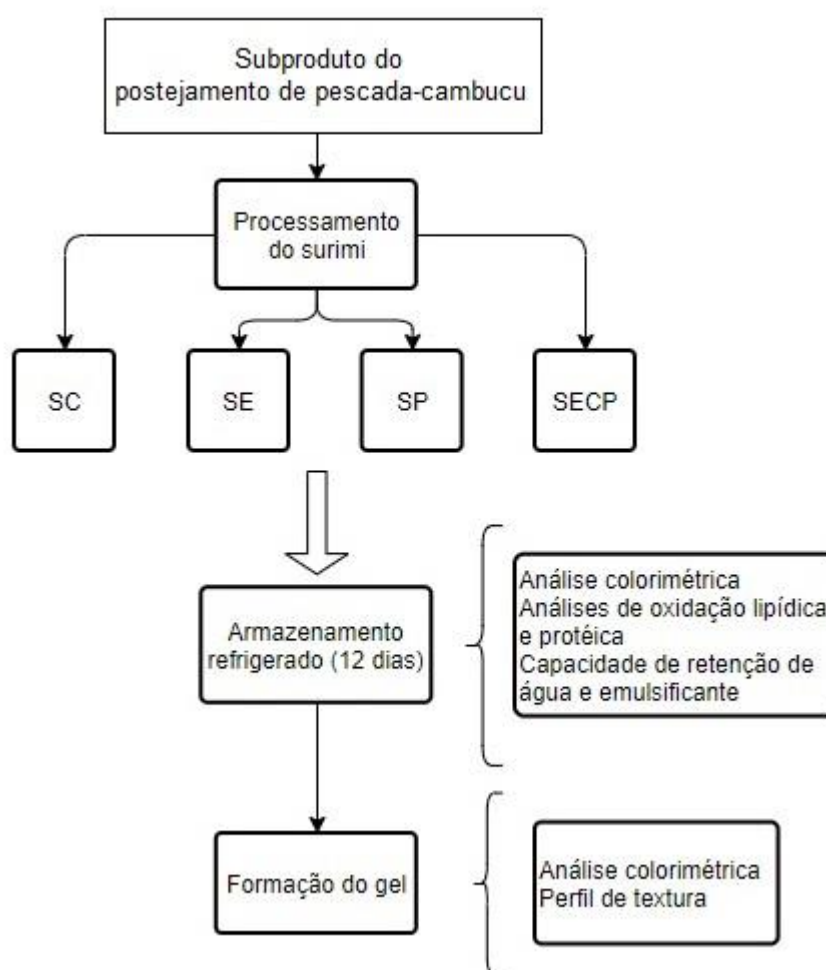
2.1. Material e reagentes

O resíduo do despulpamento do cajá (*Spondias mombin L.*) composto por casca, semente e polpa residual foi coletado na indústria Império Polpas, localizada no município de Pedras de Fogo-PB, Brasil. O subproduto do postejamento do peixe pescada cambucu (*Cynoscion virescens*) congelado foi cedido pela indústria Litoral Pescados, localizada no município de João Pessoa-PB, Brasil. Ambos foram transportados para o laboratório em caixas isotérmicas sob refrigeração. Todos os reagentes utilizados foram de grau analítico das marcas Sigma-Aldrich, Vetec, Dinamica, Synth, e Química moderna.

2.2. Delineamento experimental

O experimento foi realizado em 3 etapas (Figura 1). Inicialmente, foi feito o extrato do bagaço de *Spondias mombin L.* A segunda etapa consistiu na elaboração do surimi a partir do subproduto do postejamento do pescada-cambucu, que foi feita em 4 formulações diferentes: SC (controle, sem adição de extrato e crioprotetores), SE (adicionada de 1% de extrato), SCP (adicionada de 4% de sorbitol e 4% de sacarose) e SECP (adicionada de 1% de extrato, 4% de sorbitol e 4% de sacarose). Em seguida o surimi foi armazenado sob refrigeração (± 4 °C) por doze dias e submetido às análises de compostos fenólicos totais, brancura, capacidade de retenção de água e emulsificante, oxidação lipídica e protéica a cada 4 dias. Após o armazenamento foi elaborado o gel de surimi que foi posteriormente submetido a análises de brancura e perfil de textura.

Figura 1. Delineamento experimental.



Fonte: Autoria própria (2021). SC= surimi controle, SE= surimi com adição de 1% de extrato, SCP= surimi com adição de crioprotetores 4% sorbitol + 4% sacarose, SECP= surimi com adição de 1% de extrato + crioprotetores 4% sorbitol + 4% sacarose.

2.3. Elaboração e caracterização do extrato do resíduo de *Spondias mombim L*

O extrato do resíduo de *Spondias mombim L*. foi elaborado de acordo com as condições ótimas obtidas no estudo de Santana Neto (2019). Após secagem, trituração e peneiramento do bagaço de cajá, o farelo foi homogeneizado com solução de etanol 55% na proporção de 1:10, e incubado em banho maria (SL-154/10-4, Solab, Piracicaba - SP, Brasil) a 70°C por 35 minutos. Em seguida, a mistura foi centrifugada a 8.960 x g por 20 min a 10 °C em centrífuga refrigerada 320

R (Hettich LAB TECHNOLOGY, Tuttlingen, Alemanha), e os sobrenadantes foram recolhidos e filtrados em papel de filtro qualitativo (80 g.m⁻²).

Após a extração, o etanol foi evaporado da mistura com o auxílio de um rota evaporador a uma pressão de 180 mbar e temperatura inferior a 45°C. Após a evaporação do etanol, o volume da solução foi completado com água destilada e a mistura foi submetida à análise de fenólicos totais (Waterhouse, 2002).

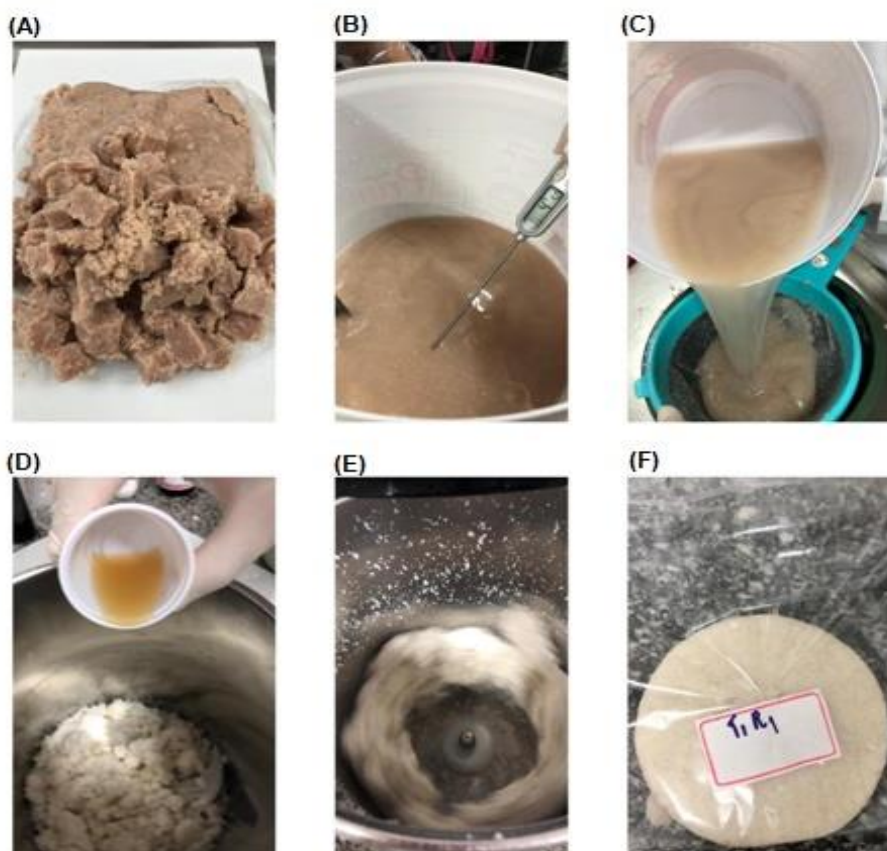
O perfil de fenólicos foi analisado em quadruplicata usando sistema HPLC equipado com coluna módulo de segurança LC-20 AT (*Shimadzu Corporation*, Japão). A separação foi realizada em uma coluna C18 (*SUPELCOSIL™ LC-PAH*, 250 mm × 4,6 mm ID, tamanho de partícula de 5 µm) (*Sigma-Aldrich*, St. Louis, MO, EUA). A separação cromatográfica foi realizada utilizando uma eluição gradiente de (A) água/ácido acético a 2% (v/v) e (B) acetonitrila: metanol 2:1 (v/v) descrito a seguir: 90% A em 0 min, 88% A em 3 min, 85% A em 6 min, 82% A em 10 min, 80% A em 12 min, 70% A em 15 min, 65% A em 20 min, 60 % A em 25 min, 50% A entre 30-40 min, 75% A em 42 min e 90% A em 44 min, como descrito por Prasad et al. (2009) com adaptações de Meireles (2017). A taxa de fluxo foi mantida em 1,0 mL min⁻¹ e a temperatura da coluna foi mantida a 40 °C, com volume de injeção de 20 µL. O tempo total de execução foi de 50 min. Os picos de todos os componentes foram detectados a 280 nm. A calibração foi realizada injetando os padrões três vezes em cinco diferentes concentrações (0,05, 0,1, 0,25, 0,5 e 1,0 mg.mL⁻¹). Os compostos fenólicos individuais foram identificados por interpretação espectroscópica do espectro UV, tempo de retenção e comparação cromatográfica (co-injeção) com padrões autênticos da *Sigma Aldrich*. Sua quantificação foi baseada em suas áreas de pico detectadas por meio do software de aquisição *Lab Solutions* versão 5.42 SP4 Copyright (*Shimadzu Corporation*) versus curvas de calibração previamente determinadas.

2.4. Preparação do surimi

Na Figura 2 estão representadas as etapas de processamento do surimi. O subproduto foi previamente descongelado sob refrigeração e submetido a sete ciclos de lavagem na proporção de 1:3 (subproduto: solução, m/v). A primeira lavagem foi realizada com solução de bicarbonato de sódio (0,5%) (Piotrowicz e Mellado, 2015). Para a segunda e a terceira lavagens, utilizou-se solução de cloreto de sódio (0,5%)

(Rawdkuen et al., 2009). A quarta e quinta lavagens foram realizadas com a solução de carbonato de cálcio (1,5%) (Benjakul et al., 2004) e as últimas duas lavagens foram feitas com uma solução de peróxido de hidrogênio (2,5%) (Christos et al., 2005). O tempo de contato da solução de lavagem com o subproduto foi o mesmo para todas as lavagens (10 minutos sob agitação constante). A temperatura das soluções foi mantida a 4 °C durante todas as etapas do processo.

Figura 2. Etapas do processamento de elaboração do surimi. Subproduto do postejamento de pescada cambucu (A), lavagem (B), drenagem (C), adição do extrato (D), homogeneização em cutter (E), moldagem e embalagem (F).



Fonte: Autoria própria (2021).

Entre as lavagens, a massa foi submetida ao processo de drenagem em tecido de algodão. Após a última drenagem, a massa foi colocada em um homogeneizador do tipo cutter e homogeneizada por 2,5 min com os ingredientes para a elaboração dos tratamentos. A massa homogênea foi moldada e embalada em sacos de polipropileno com dimensões 8,0 cm x 11 cm e armazenada a 4°C por

12 dias. Todo o processo foi realizado em duas bateladas, sendo elaboradas 16 unidades experimentais por tratamento, totalizando 64 amostras.

2.5. Preparação do gel de surimi

Para elaboração do gel, o surimi foi descongelado e transferido para o cutter. Na sequência, adicionou-se 2,5% de cloreto de sódio (m/m) e a massa foi homogeneizada por aproximadamente 2 min. A mistura foi embutida em invólucro de polivinilideno com 2,5 cm de diâmetro e submetida à cocção em banho maria a 40°C por 30 min e 90°C por 20min. Em seguida, os géis foram resfriados em água fria e armazenados por 24h a 4°C antes das análises de brancura e perfil de textura.

2.6. Determinação dos compostos fenólicos totais do surimi

O conteúdo de fenólicos totais do surimi foi quantificado pelo método descrito por Özünlü et al. (2018). Aproximadamente 1g da amostra foi homogeneizado em 10 mL de metanol e mantida em repouso a 4°C durante a noite para extração. Após o tempo de repouso, alíquotas de 0,5 mL do extrato da carne foram misturadas com 2,5 mL de Folin-Ciocalteu 0,2 mol/L e 2 mL de carbonato de sódio 7,5%. A mistura foi deixada em repouso por 30 min à temperatura ambiente antes da absorbância ser medida a 760 nm. Os resultados foram expressos em mg equivalentes de ácido gálico (GAE) / 100 g de surimi.

2.7. Medição da brancura do surimi e do gel de surimi

A medição do parâmetro de cor instrumental foi realizada com o colorímetro portátil Minolta CR-10 (MinoltaCo. Ltd, Osaka, Japão) no surimi e no gel do surimi ao longo do armazenamento, encontrando valores de L* (luminosidade), a* (intensidade da cor vermelha) e b* (intensidade da cor amarela). A medição foi realizada em 5 pontos aleatórios da superfície das amostras. A brancura do surimi foi calculada a partir dos parâmetros de cor instrumental: L*, a* e b* utilizando a equação:

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

2.8. Medição da capacidade emulsificante do surimi

A medição da capacidade emulsificante (CE) do surimi foi adaptada da metodologia de Kim e Park (2005). A análise foi realizada após a homogeneização do surimi com o cloreto de sódio, onde 0,2g da amostra foram dissolvidos em 20 mL de ácido acético 0,1N e 20 mL de água destilada fervida. Depois, a massa foi homogeneizada em ultraturrax por 2 min a 4000 rpm, sendo, em seguida, adicionada lentamente de 20 mL de óleo de milho durante 3 min sob agitação a 6000 rpm. As emulsões formadas foram centrifugadas a 1300 g por 15 minutos em temperatura ambiente e a capacidade emulsificante foi calculada como a relação percentual entre a altura da camada emulsificada e a altura total do líquido no tubo.

2.9. Capacidade de retenção de água do surimi

A capacidade de retenção de água (CRA) foi determinada de acordo com método de Awad e Diehl (1975), com modificações sugeridas por Moura (2000). Cerca de 1g da amostra foi pesada entre duas folhas de papel filtro previamente secas em estufa a 105 °C. A amostra foi colocada entre duas placas sob um peso de 10 kg durante 10 minutos. Pela diferença entre peso inicial e final, obteve-se a quantidade de água livre da amostra. A capacidade de retenção de água foi calculada pela equação

$$\text{CRA} = 100 - \% \text{ de água livre.}$$

2.10. Perda de peso por centrifugação do surimi

A perda de peso após a centrifugação foi quantificada pelo método descrito por de Herrero et al. (2005).

2.11. Determinação do perfil de textura dos géis de surimi

O perfil de textura dos géis foi determinado em analisador de textura TA-XT2i (Stable Micro Systems®, Surrey, Reino Unido) equipado com um probe cilíndrico de 50 mm de diâmetro de acordo com a metodologia de Oujifard et al., 2012. Os surimis foram cortados em cilindros (2,5 cm de diâmetro e 2,5 cm de altura). As amostras

foram colocadas na plataforma e submetidas a dois ciclos consecutivos de compressão a uma taxa constante de 60 mm/min até a profundidade de 12,5 mm. A força de disparo utilizada foi de 10 g, com 60 mm/min de velocidade de pré-teste e pós-teste. Os seguintes parâmetros foram determinados: dureza (N), mastigabilidade (N), gomosidade (N), elasticidade (adimensional), coesividade (adimensional) e a resiliência (adimensional).

2.12. Determinação do índice de TBARS do surimi

As substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) foram extraídas em condições ácidas e quantificadas espectrofotometricamente seguindo o método descrito por Estévez e Cava (2004). Uma curva padrão de tetraetoxipropano (TEP) foi utilizada para determinar o teor de malonaldeído (MDA). O resultado foi expresso em mg de MDA / kg de amostra (base seca).

2.13. Quantificação das bases nitrogenadas voláteis totais (N-BVT) do surimi

O conteúdo do N-BVT nas amostras desurimi foi medido de acordo com o método de Contreras e Gúzman (1988) com algumas modificações. Aproximadamente 10 g da amostra foram misturados a 60 mL de ácido tricloroacético 10 % e homogeneizado por 5 min. Em seguida, a amostra foi deixada em repouso por 30 min e a mistura foi filtrada. Uma alíquota de 20 mL do filtrado foi transferido para um tubo de Kjeldahl contendo 3mL de NaOH a 20%. A mistura do tubo foi destilada e coletada em solução de ácido bórico 3%. Após titulação, a concentração de N-BVT foi calculada e expressa em mg de N/100g de amostra.

2.14. Determinação dos compostos carbonílicos totais do surimi

A avaliação da oxidação proteica do surimi foi realizada através da medição do teor de compostos carbonílicos totais, os quais foram determinados após derivatização da amostra com 2,4-dinitrofenilhidrazina (DNPH), de acordo com a metodologia proposta por Ganhão et al., (2010). Aproximadamente 1 g de amostra foi homogeneizado em tampão Na₃PO₄ 20 mM e NaCl 0,6 M (1:10) (p/v) com pH 6,5

por 1 minuto. Em seguida, uma alíquota de 150 µL foi retirada para determinar a concentração de proteínas e o conteúdo de compostos carbonílicos. Em ambos os casos, as proteínas foram precipitadas com 1 mL de ácido tricloroacético (TCA) a 10% seguido de centrifugação a frio (+4 °C) a 2400 g. Para a determinação dos compostos carbonílicos, foi adicionado 1 mL de DNPH 0,2% em HCl 2 M, enquanto que para proteínas foi adicionado 1 mL de HCl 2 M, seguida de incubação em ambiente escuro por 1 h. Após a incubação, as proteínas foram precipitadas com 1 mL de TCA 10% e centrifugadas a 9000 g por 10 min. Em seguida, a mistura foi submetida a quatro lavagens com 1 mL de etanol/acetato de etila (1:1 v/v) seguida de centrifugações a 9000 x g por 5 min entre cada lavagem. As proteínas precipitadas foram redissolvidas em 1,5 mL de tampão Na₃PO₄ 20 mM, pH 6,5, adicionado de cloridrato de guanidina 6 M. A concentração de proteínas das amostras foi calculada a partir da leitura das absorvâncias a 280 nm utilizando uma curva padrão de albumina sérica bovina (BSA). A quantidade de carbonílicos foi expressa em nmoles de carbonílicos por mg de proteína, usando um coeficiente de extinção molar de hidrazonas (21,0 nM⁻¹ cm⁻¹) com leituras da absorvância a 370 nm.

2.15. Análise Estatística

Os dados foram analisados por Análise de Variância (ANOVA) de fator duplo, em um delineamento inteiramente casualizado (DIC) sob um esquema fatorial (4 tratamentos x 4 tempos de armazenamento). Quando a ANOVA revelou efeito significativo ($P < 0,05$), as médias foram comparadas pelo teste de Tukey com significância de 5%, utilizando o software SPSS (versão 18.0, SPSS Inc., Chicago, IL, EUA).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Conteúdo e perfil de fenólicos do extrato do bagaço de cajá

O extrato do bagaço de cajá apresentou conteúdo médio de fenólicos totais equivalente a $366,12 \pm 18,57$ mgEAG/100g. Tiburski et al. (2011) realizaram a caracterização e quantificação dos compostos bioativos do cajá e os resultados

apontaram a fruta com conteúdo total de fenólicos igual a 260 mgEAG/100g. Os resultados encontrados neste trabalho demonstraram uma elevada quantidade de compostos fenólicos no extrato do resíduo de cajá.

A análise do perfil de fenólicos mostrou que o extrato do bagaço do cajá é rico em ácidos fenólicos com destaque para o ácido gentísico ($259,84 \pm 22,29$ mg.100 g⁻¹ m.s), salicílico ($113,49 \pm 12,48$ mg.100 g⁻¹ m.s) e p-Hidroxibenzoico ($79,99 \pm 10,44$ mg.100 g⁻¹ m.s). Um conteúdo considerável de flavonóides também foi encontrado nas amostras avaliadas ($281,03 \pm 58,85$ mg.100 g⁻¹ m.s), principalmente a rutina ($156,26 \pm 23,38$ mg.100 g⁻¹ m.s) e catequina ($66,99 \pm 3,60$ mg.100 g⁻¹ m.s). O ácido gálico, a rutina e catequina são compostos fenólicos efetivos na inibição da formação de compostos carbonílicos totais em proteínas miofibrilares oxidadas (Estévez e Heinonen, 2010).O extrato do bagaço do cajá também apresentou em sua composição o ácido gálico e ácido protocatecuico, fenólicos reconhecidamente efetivos em retardar reações da oxidação lipídica (Carpes et al., 2020; Turella, 2019).

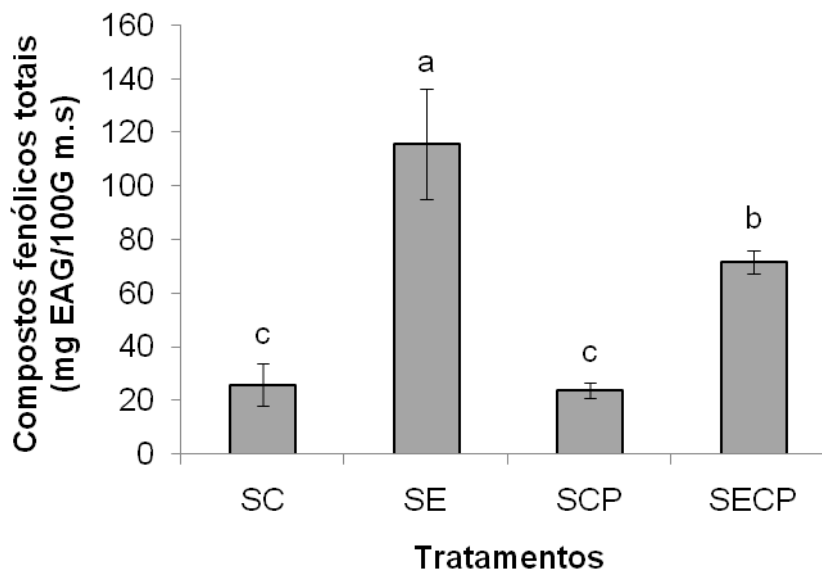
3.2. Conteúdo de fenólicos totais do surimi

Os resultados da análise dos fenólicos totais dos surimis elaborados estão dispostos na Figura 3. Conforme esperado, as amostras adicionadas do extrato do resíduo de cajá apresentaram os maiores teores de fenólicos totais e os tratamentos sem a adição do extrato mostraram os menores conteúdos de fenólicos ($P < 0,05$). O maior conteúdo de fenólicos foi observado na amostra SE (115,95 mg EAG/100g), seguida de SECP (71,71 mg EAG/100g) e dos tratamentos controle (26,13 mg EAG/100g) e SCP (23,92 mg EAG/100g), os quais não diferenciaram entre si.

As diferenças no conteúdo de fenólicos dos tratamentos analisados podem ser atribuídas à presença do extrato do resíduo do cajá isoladamente (SE) ou em conjunto com os crioprotetores (SECP). Os menores valores do tratamento SECP quando comparados ao SE utilizando a mesma quantidade de extrato, pode-se presumir que houve uma interação do extrato com os crioprotetores na incorporação. Ozunlu et al. (2018) e Al-Juhaimimi et al. (2018) reportaram que a incorporação de diferentes níveis de extrato de bolota de carvalho valônia em coxas de frango *in natura* e folhas de Argelem pó em hamburques de carne de camelo aumentaram o conteúdo total de fenólicos quando comparado ao tratamento

controle. Os resultados encontrados indicam que a adição do extrato do resíduo do cajá em sua forma líquida foi incorporada ao surimi, aumentando os níveis de fenólicos totais no produto final.

Figura 3. Conteúdo de fenólicos totais do surimi.



Letras diferentes denotam diferença significativa entre os tratamentos pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. SC= surimi controle, SE= surimi com adição de 1% de extrato, SCP= surimi com adição de crioprotetores 4% sorbitol + 4% sacarose, SECP= surimi com adição de 1% de extrato + crioprotetores 4% sorbitol + 4% sacarose.

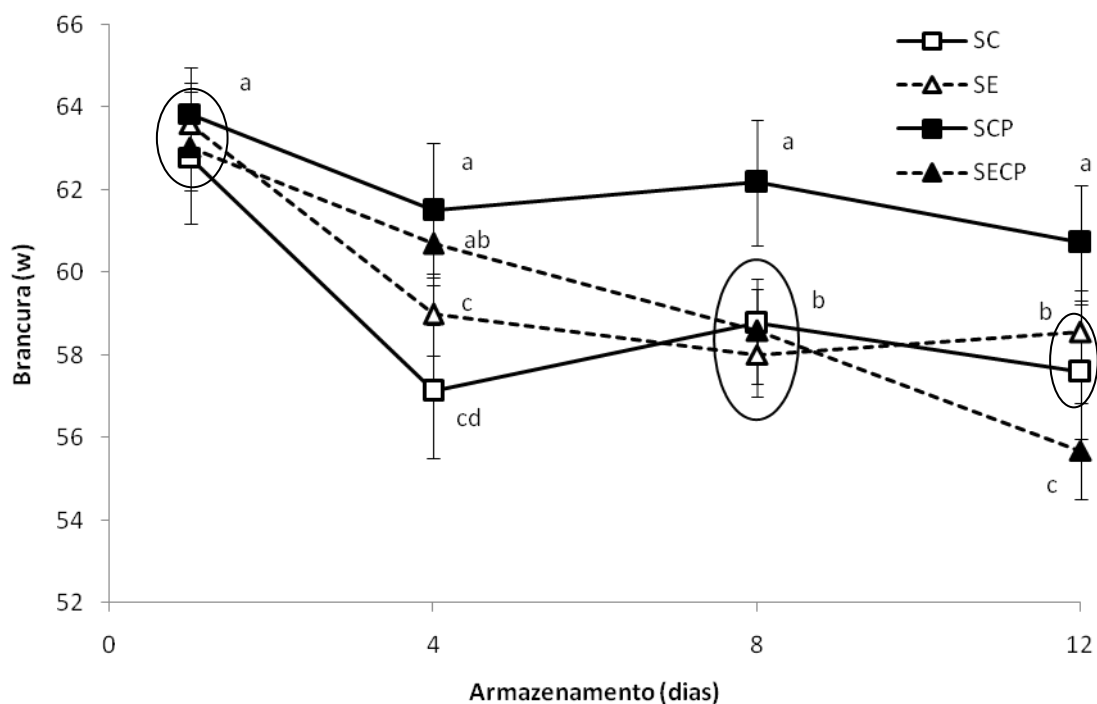
3.3. Medição da brancura do surimi e do gel de surimi durante armazenamento

Os resultados da brancura (W) do surimi e do gel de surimi estão dispostos nas figuras 4 e 5. A brancura (W) dos surimis foi afetada pelo tratamento, tempo de armazenamento e interação. Não houve diferença significativa no tratamento SCP (adicionado de crioprotetores) ao longo de todo o armazenamento, resultando em uma maior brancura quando comparado às outras amostras. A maior queda nos valores de brancura aconteceu no tratamento SECP (com crioprotetores e extrato) o que pode indicar que a mistura não foi efetiva na manutenção de cor do surimi, a redução dos valores de brancura do surimi ao longo do armazenamento pode estar relacionada à formação de produtos oriundos da oxidação lipídica e protéica (Li et al., 2016). A brancura afeta a aceitação do consumidor e é considerado um fator crucial de qualidade do surimi. Valores próximos de brancura foram encontrados por

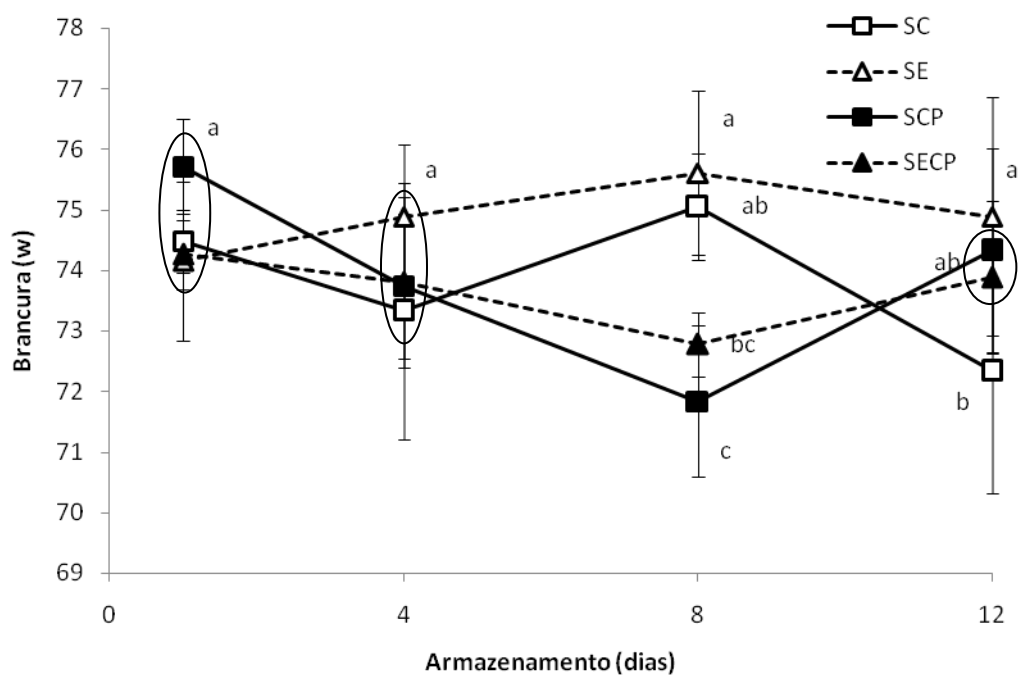
(Buamard et al., 2019) em estudo sobre adição de extrato etanólico de coco nas propriedades do surimi.

Figura 4. Efeito do armazenamento refrigerado sobre a brancura do surimi e do gel de surimi. (A) surimi, (B) gel de surimi.

(A)



(B)



Letras diferentes mostram diferença significativa entre os tratamentos dentro de cada tempo e os círculos agrupam os tratamentos que não diferiram pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. SC= surimi controle, SE= surimi com adição de 1% de extrato, SCP= surimi com adição de crioprotetores 4% sorbitol + 4% sacarose, SECP= surimi com adição de 1% de extrato + crioprotetores 4% sorbitol + 4% sacarose.

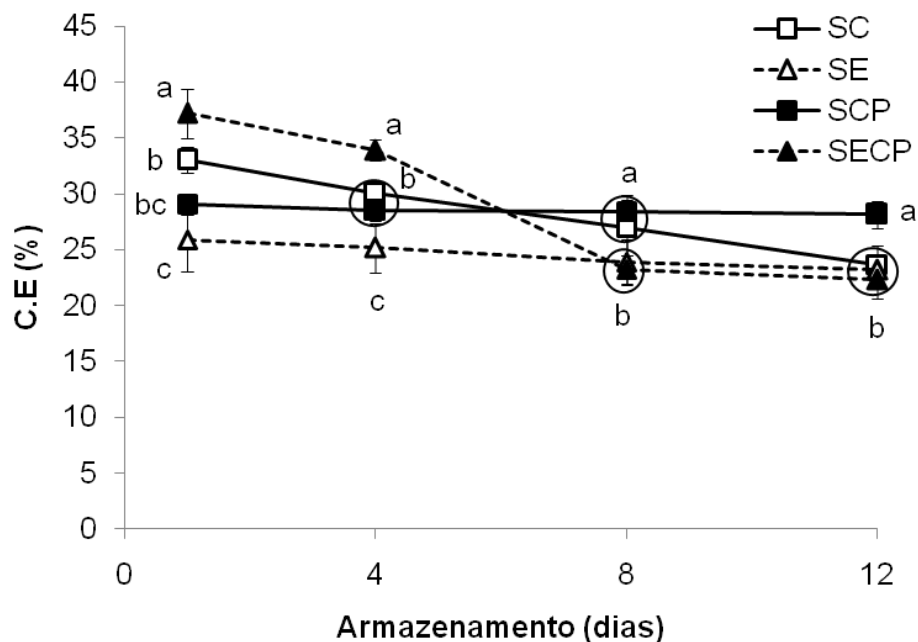
Para os valores de brancura do gel de surimi, houve efeito do tratamento e da interação. Todas as amostras apresentaram valores de brancura acima de 70. É importante salientar que os géis preparados com surimi adicionado de extrato do resíduo de cajá não sofreram alteração na brancura independente do tempo de armazenamento. Além disso, foi possível observar um aumento da brancura dos géis em relação à massa de surimi, que pode ser explicado pela desnaturação das proteínas ocasionadas pelo calor aplicado na preparação do gel que forma uma rede mais densa que pode causar o espalhamento da luz em maior extensão (Singh et al., 2020). Os valores de brancura encontrados neste estudo foram semelhantes aos reportados por Mi et al. (2021) em géis de surimi adicionados de amidos e gomas e Kong et al. (2016) ao usar amido modificado e temperatura.

3.4. Capacidade emulsificante, capacidade de retenção de água e perda de peso por centrifugação do surimi no armazenamento

As alterações da capacidade emulsificante dos surimis ao longo do armazenamento estão mostradas na Figura 5. Foi observado efeito significativo ($P < 0,05$) do tratamento, tempo e interação dos dois fatores.

A capacidade emulsificante máxima foi observada logo após o processamento das amostras, sendo os maiores resultados encontrados no tratamento SECP (37,2%) corroborando com a sua capacidade de retenção de água que teve valores superiores a 80%. A capacidade emulsificante de todas as amostras decaiu durante o armazenamento. Entretanto, os tratamentos SE e SCP não sofreram alteração da capacidade emulsificante ao longo dos 12 dias de armazenamento refrigerado, indicando que a adição de 1% do extrato foi tão eficiente quanto os crioprotetores na manutenção da capacidade emulsificante do surimi.

Figura 5. Capacidade emulsificante do surimi durante o armazenamento.



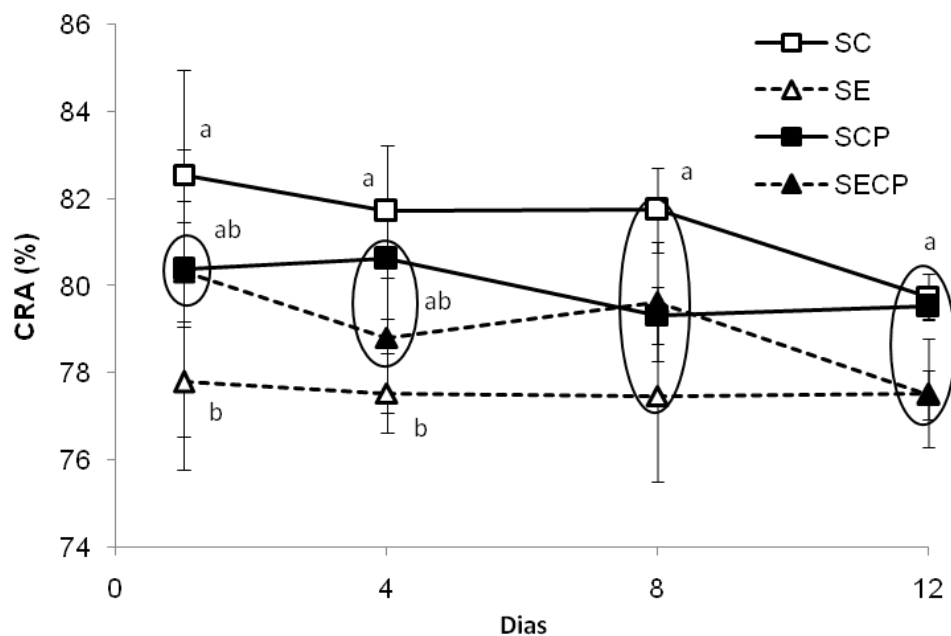
Letras diferentes mostram diferença significativa entre os tratamentos dentro de cada tempo e os círculos agrupam os tratamentos que não diferiram pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. SC= surimi controle, SE= surimi com adição de 1% de extrato, SCP= surimi com adição de crioprotetores 4% sorbitol + 4% sacarose, SECP= surimi com adição de 1% de extrato + crioprotetores 4% sorbitol + 4% sacarose.

A capacidade emulsificante do surimi é fortemente afetada pela desnaturação das proteínas. Kong et al. (2013) observaram que a capacidade emulsificante do surimi é inversamente proporcional ao aumento do conteúdo de N-BVT, TBA-RS e carbonilas. Portanto, é razoável hipotetizar que tanto a incorporação do extrato do bagaço do cajá, quanto os crioprotetores pode retardar o decaimento da capacidade emulsificante durante o armazenamento. Resultados próximos ao deste estudo foram encontrados por Alipour et al. (2018) ao usar polissacarídeos para melhorar as propriedades do surimi.

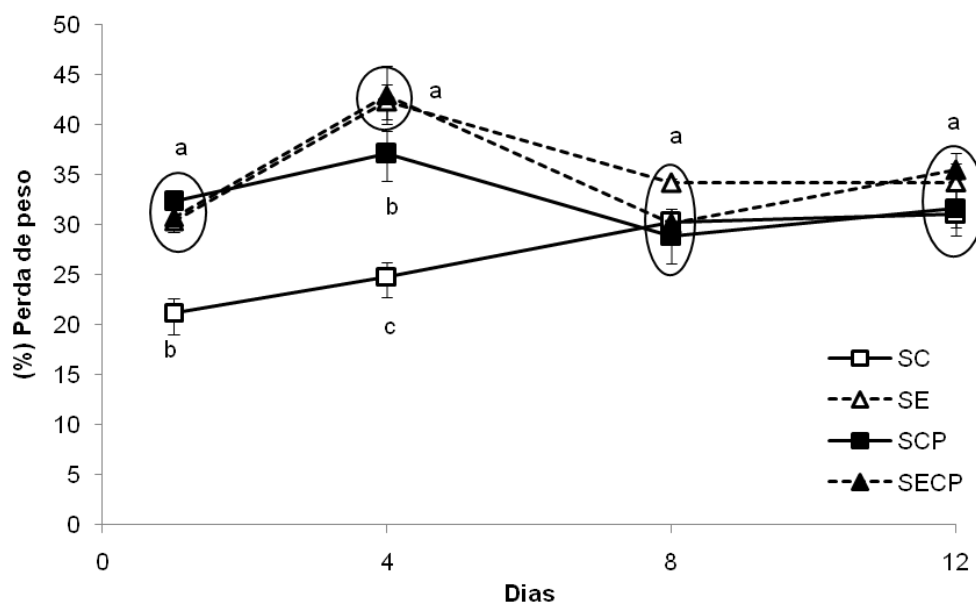
Os resultados da capacidade de retenção água e perda de peso por centrifugação do surimi no armazenamento refrigerado encontram-se dispostos na figura 6. Houve efeito apenas do tempo e do tratamento nos resultados de CRA ($P < 0,05$).

Figura 6. Capacidade de retenção de água (A) e perda de peso por centrifugação (B) do surimi durante o armazenamento.

(A)



(B)



Letras diferentes mostram diferença significativa entre os tratamentos dentro de cada tempo e os círculos agrupam os tratamentos que não diferiram pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. SC= surimi controle, SE= surimi com adição de 1% de extrato, SCP= surimi com adição de crioprotetores 4% sorbitol + 4% sacarose, SECP= surimi com adição de 1% de extrato + crioprotetores 4% sorbitol + 4% sacarose.

Os tratamentos SC, SE e SCP se mantiveram constante ao longo dos 12 dias, a partir do dia 8 até o final do armazenamento não houve diferença entre os tratamentos. A capacidade de retenção de água diminuiu em todos os tratamentos ao longo do tempo, sendo o tratamento SECP o que apresentou maior queda (2,82%), seguido do tratamento SC (2,79%). O tratamento SE e SCP apesar de não apresentarem os maiores valores para capacidade de retenção, apresentaram os valores mais estáveis ao longo do tempo, demonstrando assim que são eficientes em manter a água no interior do surimi ao longo do armazenamento. Valores semelhantes foram encontrados por, (Liang et al., 2020), ao usar aquecimento para melhorar as propriedades do surimi. De acordo com (Hughes, 2014), a capacidade de retenção de água é a quantidade de água que a carne pode reter durante o corte, aquecimento, moagem, prensagem, durante o transporte, armazenamento e cozimento.

Para a perda de peso por centrifugação efeito do tratamento, tempo e da interação dos dois fatores ($P < 0,05$). Foi observada diferença significativa entre os tratamentos até o quarto dia de armazenamento, sendo as amostras SE e SECP as que apresentaram maior perda corroborando com os resultados de capacidade de retenção de água, onde os dois tratamentos apresentaram os menores valores. A partir do dia 8, a perda de peso foi estável entre os tratamentos. O tratamento controle teve a maior perda de peso quando comparado seu valor final e inicial, um aumento de 9,86% enquanto os outros tratamentos se mantiveram mais estáveis, demonstrando assim que tanto o uso do extrato quanto os crioprotetores e a mistura dos dois tiveram um efeito positivo em manter a qualidade das proteínas de reter água quando aplicado forças externas.

3.5. Perfil de textura (TPA) do gel de surimi

As propriedades dos géis de surimi foram avaliadas através do perfil de textura (TPA), cujos resultados são mostrados na Tabela 1. Todos os parâmetros de textura avaliados foram afetados pelo tratamento, tempo de armazenamento e interação ($P < 0,05$).

Tabela 1. Valores do perfil de textura dos géis de surimi no armazenamento refrigerado.

Parâmetro	Tempo	Tratamento			
		SC	SE	SCP	SECP
Dureza (N)	1	4,48±0,02aX	2,11±0,16aY	1,91±0,25aY	1,23±0,11aZ
	4	2,49±0,11bX	1,28±0,11bY	1,15±0,09bY	1,33±0,11aY
	8	2,60±0,30bX	1,90±0,14aY	0,65±0,07cZ	0,99±0,05bZ
	12	2,19±0,36bX	1,28±0,15bY	0,76±0,22bcY	1,15±0,15abY
Elasticidade	1	0,80±0aX	0,46±0,04aZ	0,61±0,03aY	0,40±0,05aZ
	4	0,62±0,01bX	0,36±0,06aZ	0,46±0,02bY	0,45±0,05aYZ
	8	0,59±0,03bX	0,46±0,06aXY	0,25±0,02cZ	0,39±0,06aYZ
	12	0,63±0,09bX	0,41±0,05aY	0,27±0,03cY	0,40±0,03aY
Coesividade	1	0,50±0,03aX	0,29±0,02abY	0,29±0,02aY	0,27±0,01aY
	4	0,32±0,03bX	0,25±0,03bY	0,27±0,01aXY	0,28±0,01aXY
	8	0,29±0,01bX	0,30±0,01abX	0,29±0aX	0,28±0,01aX
	12	0,31±0,01bX	0,31±0,01aX	0,29±0,01aXY	0,28±0,01aY
Gomosidade	1	2,24±0,19aX	0,63±0,04aY	0,56±0,07aY	0,34±0,03abZ
	4	0,82±0,08bX	0,33±0,03bY	0,31±0,01bY	0,34±0,03aY
	8	0,76±0,11bX	0,58±0,04aY	0,19±0,02bZ	0,28±0,02bZ
	12	0,68±0,11bX	0,39±0,03bY	0,22±0,07bY	0,32±0,05abY
Mastigabilidade	1	1,81±0,15aX	0,29±0,04aYZ	0,34±0,06aY	0,14±0,02abZ
	4	0,51±0,07bX	0,12±0,02bY	0,14±0,01bY	0,17±0,03aY
	8	0,45±0,09bX	0,27±0,05aY	0,04±0cZ	0,11±0,02bZ
	12	0,43±0,12bX	0,16±0,01bY	0,06±0,01bcY	0,13±0,02abY
Resiliência	1	0,20±0,03aX	0,08±0,01aYZ	0,09±0,01aY	0,05±0abZ
	4	0,10±0,02bX	0,05±0bY	0,06±0,01bY	0,06±0aY
	8	0,08±0,01bX	0,07±0,01abXY	0,05±0bcY	0,05±0,01abY
	12	0,09±0bX	0,06±0,01abY	0,04±0cZ	0,05±0,01bZ

SC= surimi controle, SE= surimi com adição de 1% de extrato, SCP= surimi com adição de crioprotetores 4% sorbitol + 4% sacarose, SECP= surimi com adição de 1% de extrato + crioprotetores 4% sorbitol + 4% sacarose. Letras minúsculas diferentes nas colunas e letras maiúsculas diferentes nas linhas denotam pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Ao final dos 12 dias de armazenamento, as amostras controle (sem adição de extrato ou crioprotetores) e SCP (adicionada apenas dos crioprotetores) apresentaram, respectivamente, decréscimo de 51,1% e 60,2% na dureza, 21,2% e 55,7% na elasticidade, 38,0% e 0% na coesividade, 69,6% e 60,7% na gomosidade, 76,2% e 82,4% na mastigabilidade, e 55,0 % e 55,6% na resiliência, sugerindo uma degradação das propriedades de textura ao longo do armazenamento refrigerado.

Em contrapartida, as menores reduções dos atributos de textura foram observadas nos tratamentos em que houve a incorporação do extrato de forma isolada ou em combinação com os crioprotetores. De fato, a combinação do extrato com os crioprotetores na massa do surimi proporcionou uma diminuição marcante do decaimento dos parâmetros de textura dos géis durante os 12 dias de armazenamento refrigerado.

O enfraquecimento da rede do gel, com a diminuição dos valores de dureza está diretamente ligado a diminuição da capacidade de retenção de água (Figura 6A), indicando uma degradação da estrutura da proteína (Mi et al., 2021).

Os resultados de TPA sugerem um possível sinergismo entre o extrato do resíduo do cajá e os crioprotetores sorbitol e sacarose na manutenção das propriedades de textura do gel de surimi do resíduo do postejamento da pescada congelada ao longo do armazenamento sob refrigeração. Estudos têm reportado que os produtos da oxidação lipídica podem induzir a formação de ligações cruzadas entre proteínas e também promover a clivagem da cadeia polipeptídica, afetando a solubilidade e a funcionalidade das proteínas (Estévez, 2011). As alterações na estrutura e funcionalidade proteica em decorrência de uma maior instabilidade oxidativa podem desestruturar a rede do gel (Zhou et al., 2014). Portanto, os menores níveis de degradação das propriedades de textura observados nas amostras SE e SECP podem ser atribuídos ao efeito antioxidante do extrato do resíduo do cajá, conforme visualizado nas Figuras 7, 8 e 9. Resultados semelhantes foram encontrados por Sun et al. (2017) quando avaliaram o efeito da incorporação de polifenóis da maçã em surimi de carpa durante armazenamento refrigerado.

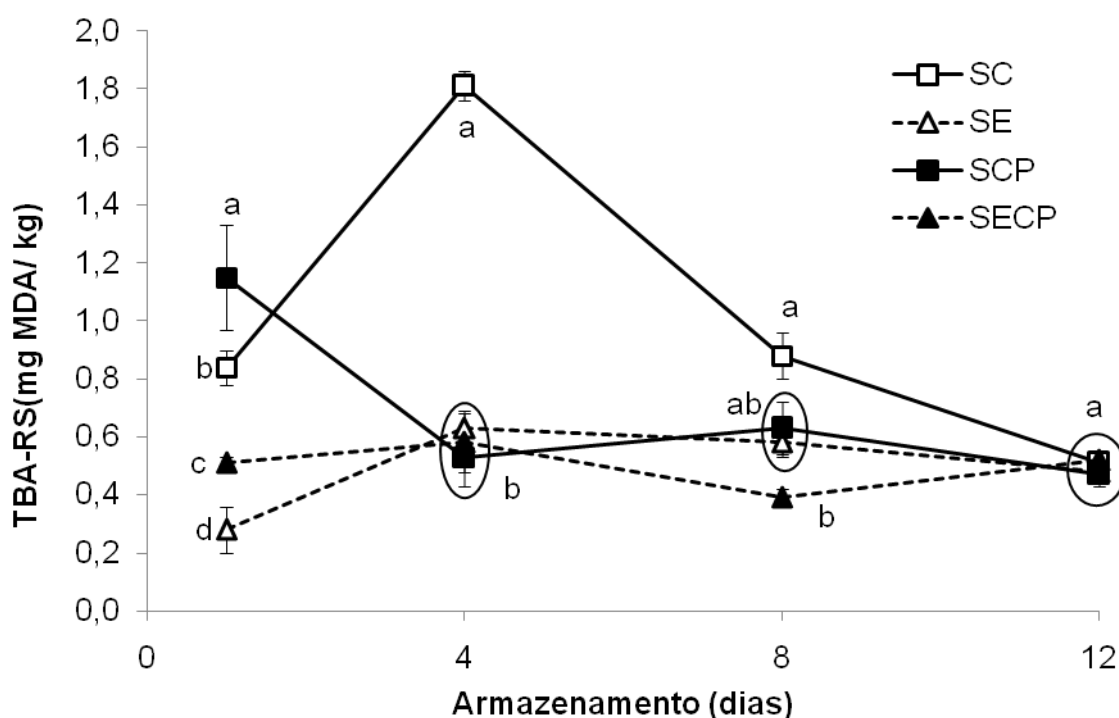
Géis com boas propriedades de textura dão origem a derivados do surimi com maior aceitação sensorial pelo consumidor. Existem poucas informações na literatura sobre a influenciados antioxidantes naturais no perfil de textura de géis de surimi. Os resultados do presente estudo podem auxiliar no avanço do conhecimento relacionado a esta área de pesquisa.

3.6. Alterações na estabilidade oxidativa

Os resultados dos marcadores da oxidação lipídica e protéica no surimi (TB-ARS, N-BVT e carbonílicos) estão apresentados nas Figuras 7, 8 e 9.

O índice de TBA-RS (Figura 7) apresentou pico máximo (1,81 mg MDA/kg da amostra em base seca) no tratamento controle aos 4 dias de armazenamento, seguido de uma queda brusca no 8º dia. As amostras adicionadas do extrato tiveram os menores níveis de TBA-RS ao longo de todo o armazenamento. Apesar das variações observadas, os valores de malonaldeído permaneceram abaixo de 2,0 mg MDA/kg da amostra (base seca) em todos os tratamentos. Na literatura, não existe consenso a respeito do valor máximo de malonaldeído aceitável para o surimi. Contudo, de acordo com Sallam (2007), o nível máximo do índice de TBA-RS que indica boa qualidade de peixes congelados, resfriados ou estocados com gelo é 5 mg de MDA/kg.

Figura 7. Valores de TBA-RS (base seca) durante o armazenamento.



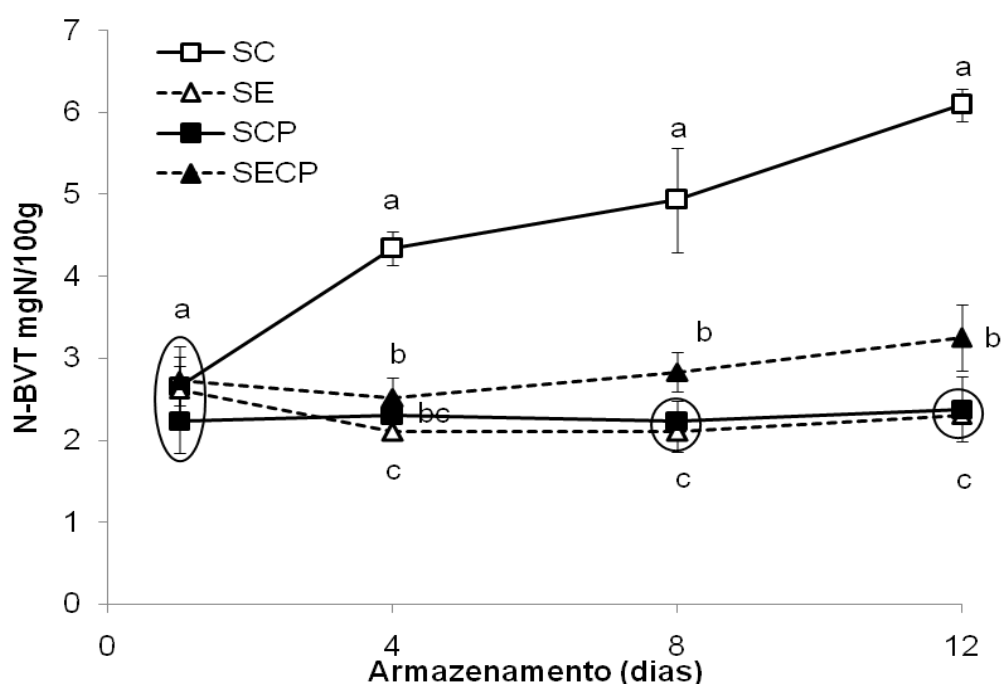
Letras diferentes mostram diferença significativa entre os tratamentos dentro de cada tempo e os círculos agrupam os tratamentos que não diferiram pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. SC= surimi controle, SE= surimi com adição de 1% de extrato, SCP= surimi com adição de crioprotetores 4% sorbitol + 4% sacarose, SECP= surimi com adição de 1% de extrato + crioprotetores 4% sorbitol + 4% sacarose.

A queda dos valores de TBA-RS após 4 dias de armazenamento no tratamento controle pode ser explicada pela (i) possível formação de compostos da oxidação lipídica que não reagiram com o TBA e/ou (ii) pela a interação do

malonaldeído com outros compostos dando origem a produtos estáveis ou não reativos (Domínguez et al., 2019). Os baixos níveis de TBA-RS encontrados nas amostras SE e SECP podem ser atribuídos à presença de ácidos fenólicos do extrato do resíduo do cajá tais como ácido gentísico, salicílico, 4-hidroxibenzoico e elágico, os quais são reportados na literatura como substâncias com elevada atividade antioxidante. Resultados semelhantes foram encontrados por Sun et al. (2017) ao utilizar os polifenóis da maçã na conservação de surimi armazenado sobre refrigeração durante 7 dias.

As mudanças nos valores de N-BVT do surimi durante o armazenamento estão expostas na Figura 8.

Figura 8. Valores de N-BVT durante o armazenamento.



Letras diferentes mostram diferença significativa entre os tratamentos dentro de cada tempo e os círculos agrupam os tratamentos que não diferiram pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. SC= surimi controle, SE= surimi com adição de 1% de extrato, SCP= surimi com adição de crioprotetores 4% sorbitol + 4% sacarose, SECP= surimi com adição de 1% de extrato + crioprotetores 4% sorbitol + 4% sacarose.

O conteúdo de N-BVT do tratamento controle aumentou significativamente ($P < 0,05$) durante o armazenamento, variando de 2,66 mg/100g no tempo inicial a 6,09 mg/100g no tempo final quando comparada aos outros três tratamentos. Foi observado que os tratamentos SE, SCP e SECP apresentaram níveis de N-BVT

significativamente menores que a amostra controle. Tal resultado sugere que tanto a incorporação do extrato de cajá quanto à inserção dos crioprotetores isoladamente ou combinados tiveram um efeito protetor, sendo capazes de inibir a oxidação dos grupos nitrogenados ao longo do tempo de armazenamento refrigerado.

As bases voláteis nitrogenadas totais (N-BVT) consistem principalmente em trimetilamina, dimetilamina e amônia, compostos geralmente formados da degradação das proteínas e substâncias nitrogenadas não protéicas por meio de substâncias endógenas. É um indicador importante na qualidade do pescado e dos produtos de pescado (Sun et al., 2017).

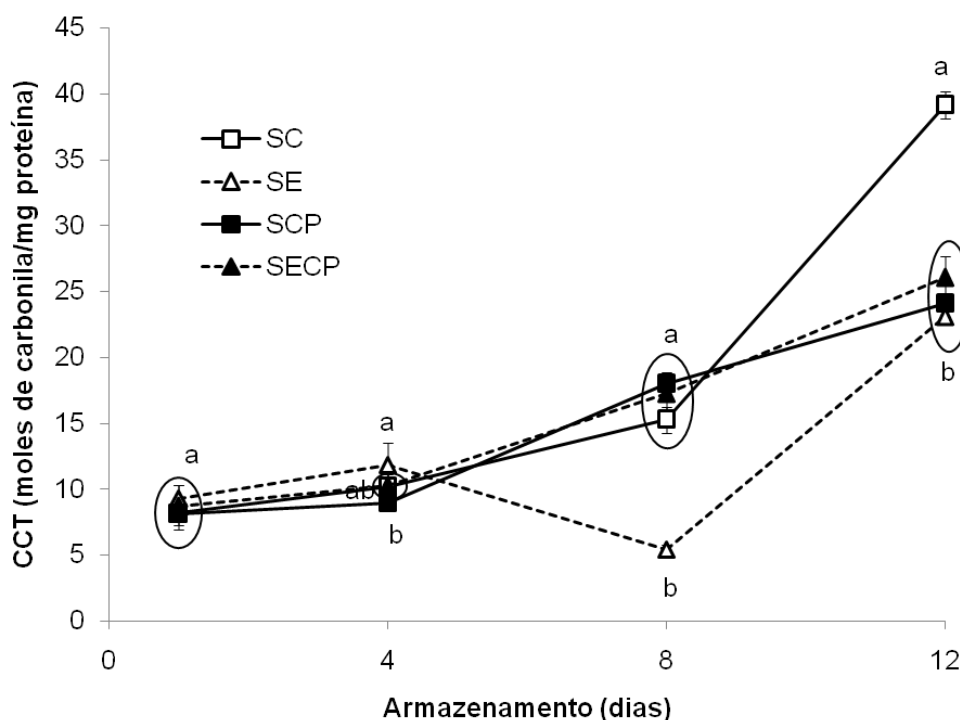
Acredita-se que o aumento dos valores de N-BVT em pescados seja causado pelo metabolismo das bactérias e pela oxidação de compostos protéicos e não protéicos presentes nos peixes (Fan et al., 2008). Segundo Li et al. (2012), os limites de aceitabilidade para N-BVT em peixes variam de 25 a 40 mg/100g. Nesse estudo, os valores de N-BVT foram abaixo destes limites, seja pela pureza da massa protéica obtida após o processo de lavagem, ou pela presença de substâncias com capacidade protetora como os crioprotetores ou o extrato do resíduo do cajá.

A formação de compostos carbonílicos é uma das principais alterações observadas em proteínas oxidadas. Os resultados dos compostos carbonílicos totais dos surimis (Figura 9) foram afetados pelo tratamento, tempo de armazenamento e interação ($P < 0,05$).

Os resultados sugerem que a adição do extrato do bagaço de cajá isolado ou misturado com os crioprotetores tem efeito positivo no controle da oxidação protéica do surimi. De fato, considerando todo o período de armazenamento, o tratamento SE apresentou uma redução de 40% seguida dos tratamentos SCP e SECP na carbonilação proteica em relação ao controle.

Os compostos carbonílicos são formados a partir de reações ocorridas nas proteínas, que podem ser de oxidação e não enzimáticas, principalmente por oxidação direta de cadeias laterais de aminoácidos suscetíveis (lisina, treonina, arginina e prolina) (Estévez, 2011). Segundo Nikko et al. (2019) a formação de carbonilas está associada com as alterações conformacionais das proteínas miofibrilares, que resultam na fragmentação e agregação protéica, além de perda das propriedades funcionais e físico-químicas. Resultados semelhantes aos encontrados nesse estudo foram relatados por Lin et al. (2019) ao avaliar o efeito crioprotetor e antioxidante de hidrolisados de pescado em surimi.

Figura 9. Valores de compostos carbonílicos totais (CCT) em base seca durante o armazenamento.



Letras diferentes mostram diferença significativa entre os tratamentos dentro de cada tempo e os círculos agrupam os tratamentos que não diferiram pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. SC= surimi controle, SE= surimi com adição de 1% de extrato, SCP= surimi com adição de crioprotetores 4% sorbitol + 4% sacarose, SECP= surimi com adição de 1% de extrato + crioprotetores 4% sorbitol + 4% sacarose.

É importante frisar que a carbonilação protéica da amostra controle ocorreu de forma mais intensa aos 12 dias de armazenamento enquanto a formação do malonaldeído atingiu o valor máximo aos 4 dias. Tais resultados indicam que as reações de oxidação lipídica ocorrem mais rapidamente do que a oxidação proteica, corroborando com vários autores (Silva et al., 2018; Mi et al., 2017; Li et al., 2016).

Em geral, os surimis incorporados com o extrato do resíduo do cajá e crioprotetores, de forma isolada ou combinada, tiveram os menores níveis de malonaldeído, bases voláteis totais nitrogenadas e compostos carbonílicos totais ao longo do armazenamento refrigerado. Os resultados observados sugerem que a incorporação do extrato foi efetiva no controle dos danos oxidativos ao surimi durante o armazenamento.

4. CONCLUSÕES

O extrato etanólico do resíduo de cajá aplicado em surimi elaborado a partir do subproduto do postejamento de pescada cambucu desempenhou efeito positivo na inibição de oxidação lipídica e proteica do surimi, devido a predominância dos ácidos fenólicos e flavonoides. O incremento de 1% do extrato foi suficiente para obtenção de resultados favoráveis para manutenção na estabilidade oxidativa do surimi, sendo efetivo no controle da oxidação, propriedades funcionais e na manutenção das características de textura durante o armazenamento refrigerado. Desta forma, o uso de resíduos agroindustriais de origem animal (resíduo do postejamento de pescada cambucu) e vegetal (bagaço do cajá) pode ser uma alternativa sustentável para indústria de alimentos. Estudos futuros são necessários para avaliar o efeito dos níveis de extrato do bagaço de cajá na qualidade físico-química e sensorial do surimi do resíduo do postejamento da pescada congelada.

AGRADECIMENTOS

Os autores declaram que o presente estudo foi financiado em parte pela CAPES e pela FAPESQ através do projeto 005/2019. Os autores também gostariam de agradecer à Universidade Federal da Paraíba pelo apoio na execução do projeto e às empresas Litoral Pescados e Império Polpas pela doação dos resíduos de pescada e do cajá.

5. REFERÊNCIAS

Alipour, H. J.; Rezaei, M.; Shabanpour, B.; Tabarsa, M. (2018). Effects of sulfated polysaccharides from green alga *Ulva intestinalis* on physicochemical properties and microstructure of silver carp surimi. **Food Hydrocolloids**, 74, 87-96.

Araújo, K. T. A., da Silva, R. M., da Silva, R. C., de Figueirêdo, R. M. F., de Melo Queiroz, A. J. (2017). Physico-chemical characterization of tropical fruit flours. **Brazilian Journal of Agrotechnology**, 7 (2), 110-115.

Portuguese Association of Nutritionists. **Fishing Health**. APN, 2016. Available at: <http://www.apn.org.pt/documentos/ebooks/Ebook_pescado_Final_High.pdf>. Accessed on: 19 jun. 2020.

Al-Juhaimi, F. Y., Mohamed Ahmed, I. A., Adiamo, O. Q., Adisa, A. R., Ghafoor, K., Özcan, M. M.; Babiker, E. E. (2018). Effect of Argel (*Solenostemma argel*) leaf powder on the quality attributes of camel patties during cold storage. **Journal of Food Processing and Preservation**, 42(2), e13496.

Atef, M.; Ojagh, S.M. (2017). Health benefits and food applications of bioactive compounds from fish byproducts: A review. **Journal Functional Foods**, 35, 673–681.

Awad, A. A.; Diehl, J. F. (1975). Physical changes in irradiated trout (*Salmo gairdneri*), **Journal of Food Science**, 40, 319-321.

Batista, P. F., Lima, M. A. C. D., Alves, R. E., & Façanha, R. V. (2018). Bioactive compounds and antioxidant activity in tropical fruits grown in the lower-middle São Francisco Valley. **Agronomic Science Magazine**. 49(4), 616-623.

Benjakul, S.; Visessanguan, W.; Kwalumtharn, Y. (2004). The effect of whitening agents on the gel forming ability and whiteness of surimi. **International Journal of Food Science & Technology**. 39, 773–781.

Buamard, N.; Benjakul, S. (2019). Effect of ethanolic coconut husk extract and preemulsification on properties and stability of surimi gel fortified with seabass oil during refrigerated storage. **LWT - Technologie- Food Science and Technology**, 108, 160-167.

Cao, J. X.; Zhou, C. Y.; Wang, Y.; Sun, Y. Y.; Pan, D. D. (2018). The effect of oxidation on the structure of G-actin and its binding ability with aroma compounds in carp grass skeletal muscle. **Food Chemistry**, 240, 346–353.

Carvalho, A. V., Mattietto, R. D. A., Beckman, J. C. (2017). Stability study of frozen mixed tropical fruit pulps used in beverage formulation. **Brazilian Journal of Food Technology**, 20, e2016023.

Carpes, S. T., Pereira, D., Moura, C. D., Reis, A. S. D., Silva, L. D. D., Oldoni, T. L. C., Plata-Oviedo, M. V. S. (2020). Lyophilized and microencapsulated extracts of grape pomace from winemaking industry to prevent lipid oxidation in chicken pâté. **Brazilian Journal of Food Technology**, 23. DOI <https://doi.org/10.1590/1981-6723.11219>

Chalamaiah M, Dinesh Kumar B, Hemalatha R, Jyothirmayi T. (2012). Fish protein hydrolysates: proximate composition, amino acid composition, antioxidant activities and applications: a review. **Food Chemistry**, 135, 3020-38.

Christos, A. B.; Anastasiou, Z.; Dimitrios, P. (2005). Production of fish-protein products (surimi) from small pelagic fish (*Sardinopsilchardusts*), underutilized by the industry. **Journal of Food Engineering**. 68, 303-308

Contreras-Calderón, J., Calderón-Jaimes, L., Guerra-Hernández, E., García-Villanova, B. (2011). Antioxidant capacity, phenolic content and vitamin C in pulp, peel and seed from 24 exotic fruits from Colombia. **Food Research International**, 44, 2047–2053.

Contreras-Guzmán, E. S. Chemical methods for fish analysis. 1988, In: KAI, M.; RUIVO, U. E. **Quality control of fish**. Santos: Leopoldianum, 196-209.

Domínguez, R.; Pateiro, M.; Gagaoua, M.; Barba, F. J.; Zhang, W.; Lorenzo, J. M. (2019). A comprehensive review on lipid oxidation in meat and meat products. **Antioxidants**, 8(10), 429.

Du, X. J.; Sun, Y. Y.; Pan, D. D.; Wang, Y.; Ou, C. R.; Cao, J. X. (2018). Change of the structure and the digestibility of myofibrillar proteins in Nanjingdry-cured duck during processing. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 98, 3140–3147.

Estévez, M. (2011). Protein carbonyls in meat systems: A review. **Meat science**, 89(3), 259-279.

Estévez, M.; Heinonen, M. (2010). Effect of Phenolic Compounds on the Formation of α -Aminoadipic and γ -Glutamic Semialdehydes from Myofibrillar Proteins Oxidized by Copper, Iron, and Myoglobin. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 58, 4448–4455.

Estévez, M.; Ventanas, J.; Cava, R. (2004). Lipolytic and oxidative changes during refrigeration of cooked loin chops from three lines of free-range-reared Iberian pigs slaughtered at 90 kg live weight and industrial genotype pigs. **Food Chemistry**, 87, 367-376.

Evstatiev, R., Cervenka, A., Austerlitz, T., Deim, G., Baumgartner, M., Beer, A., Gasche, C. (2021). The food additive EDTA aggravates colitis and colon carcinogenesis in mouse models. **Scientific reports**, 11(1), 1-12.

Fan, W. J., Chi, Y. L., Zhang, S. (2008). The use of a tea polyphenol dip to extend the shelf life of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) during storage in ice. **Food Chemistry**, 108, 148-153.

Felix, A. C. S.; Novaes, C. G.; Pires Rocha, M.; Barreto, G. E.; do Nascimento, B. B.; Giraldez Alvarez, L. D. (2018). Mixture design and doehlert matrix for the optimization of the extraction of phenolic compounds from *Spondias Mombin L.* apple bagasse agroindustrial residues. **Frontiers in Chemistry**, 5, 1-8.

Ganhão, R.; Morcuende, D.; Estévez, M. (2010). Protein oxidation in emulsified cooked burger patties with added fruit extracts: Influence on colour and texture deterioration during chill storage. **Meat Science**, 85, 402–409.

Herrero, A. M.; Carmona, P.; García, M. L.; Solas, M. T.; Careche, M. (2005). Ultrastructural changes and structure and mobility of myowater in frozen-stored hake (*Merluccius merlucciusL.*) muscle: relationship with functionality and texture. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 53, 2558-2566.

Hughes, J. M.; Oiseth, S. K.; Purslow, P. P.; Warner, R. D. (2014). A structural approach to understanding the interactions between colour, water-holding capacity and tenderness. **Meat Science**, 98, 520–532.

Kim, J.; Park, J. (2005). Partially purified collagen from refiner discharge of Pacific whiting surimi processing. **Journal of Food Science**, 70, 511-516.

Kong, W., Zhang, T., Feng, D., Xue, Y., Wang, Y., Li, Z., Xue, C. (2016). Effects of modified starches on the gel properties of Alaska Pollock surimi subjected to different temperature treatments. **Food Hydrocolloids**, 56, 20-28.

Kong, B. H.; Guo, Y. Y.; Xia, X. F.; Liu, Q.; Li, Y. Q.; Chen, H. S. (2013). Cryoprotectants reduce protein oxidation and structure deterioration induced by freeze–thaw cycles in common carp (*Cyprinus carpio*) surimi. **Food Biophysics**, 8, 104-111.

Li, P., Yang, H., Zhu, Y., Wang, Y., Bai, D., Dai, R., Ma, L. (2016). Influence of washing and cold storage on lipid and protein oxidation in catfish (*Clarias lazera*) surimi. **Journal of Aquatic Food Product Technology**, 25(6), 790-801.

Li, J.; Han, Q.; Chen, W.; Ye, L. (2012) Antimicrobial activity of Chinese bayberry extract for the preservation of surimi. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 92, 2358-2365.

Liang, F.; Zhu, Y.; Ye, T.; Jiang, S.; Lin, L.; Lu, J. (2020). Effect of ultrasound assisted treatment and microwave combined with water bath heating on gel properties of surimi-crabmeat mixed gels. **LWT - Technologie- Food Science and Technology**, 133.

Lima, D.A.S.; Santos, M.M.F.; Duvale, R.L.F.D.; Bezerra, T.K.A.; Araújo, I.B.S.; Madruga, M.S.; Silva, F.A.P. (2020). Technological properties of protein hydrolysate from the cutting byproduct of serra spanish mackerel (*Scomberomorus brasiliensis*). **Journal of Food Science and Technology**, DOI <https://doi.org/10.1007/s13197-020-04797-5>

Lima, L. K. F. (2013). Reuse of Solid Waste in the Fish Agroindustrial Chain. Embrapa Fisheries and Aquaculture. Available in: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/968518/1/cnpasa.doc1.pdf> Access in: 26/05/2021.

Lin, J.; Hong, H.; Zhang, L.; Zhang, C.; Luo, Y. (2019). Antioxidant and cryoprotective effects of hydrolysate from gill protein of bighead carp (*Hypophthalmichthys nobilis*) in preventing denaturation of frozen surimi. **Food Chemistry**, 298, 124868.

Mi, H., Zhao, B., Wang, C., Yi, S., Xu, Y., Li, J. (2017). Effect of 6-gingerol on physicochemical properties of grass carp (*Ctenopharyngodonidellus*) surimi fortified with perilla oil during refrigerated storage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 97(14), 4807-4814.

Mi, H., Li, Y., Wang, C., Yi, S., Li, X., Li, J. (2021). The interaction of starch-gums and their effect on gel properties and protein conformation of silver carp surimi. **Food Hydrocolloids**, 112, 106290.

Mitchell, J. D., e Daly, D. C. (2015). A revision of *Spondias L. (Anacardiaceae)* in the Neotropics. **Phyto Keys**, (55), 1.

Moura, O. M. **Effect of stunning and bleeding methods on quality characteristics of bullfrog meat and profile of the slaughter industries**. 2000, 208p. Thesis (Doctorate in Food Science and Technology). Federal University of Viçosa, Viçosa.

Moreno, H. M., Herranz, B., Perez-Mateos, M., Sanchez-Alonso, I; Borderias, A. J. (2016). New alternatives in seafood restructured products. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, 56, 237–248.

Nikoo M.; Benjakul S.; Yasemi M.; Gavlighi H.A.; Xu X. (2019). Hydrolysates from rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) processing by-product with different pretreatments: Antioxidant activity and their effect on lipid and protein oxidation of raw fish emulsion. **LWT- Food Science and Technology**, 108, 120–128.

Oliveira, D. L. D.; Grassi, T. L. M.; Santo, E. F. D. E.; Cavazzana, J. F.; Marcos, M. T. D. S.; Ponsano, E. H. G. (2017). Washings and cryoprotectants for the production of Tilapia Surimi. **Food Science and Technology**, 37(3), 432-436.

Oujifard, A., Benjakul, S., Ahmad, M., Seyfabadi, J. (2012). Effect of bambara groundnut protein isolate on autolysis and gel properties of surimi from threadfin bream (*Nemipterus bleekeri*). **LWT**, 47(2), 261-266.

Özünlü, O.; Ergezer, H.; Gökçe, R. (2018). Improving physicochemical, antioxidative and sensory quality of raw chicken meat by using acorn extracts. **LWT- Food Science and Technology**, 98, 477-484.

Piotrowicz, I. B. B.; & Mellado, M. M. S. (2015). Chemical, technological and nutritional quality of sausage processed with surimi. **International Food Research Journal**, 22, 2103-2110.

Rawdkuen S.; Sai-Ut S.; Khamsorn S.; Chaijan M.; Benjakul S. (2009). Biochemical and gelling properties of tilapia surimi and protein recovered using an acid alkaline process. **Food Chemistry**, 112, 112-119.

Rufino, J. P. F., Cruz, F. G. G., Guimarães, C. C., Silva, A. F., de Souza Batalha, O. (2019). Use of fish by-products in poultry feed. **Scientific Journal of Poultry and Swine**, 5(1).

Sallam, K.I. (2007). Antimicrobial and antioxidant effects of sodium acetate, sodium lactate, and sodium citrate in refrigerated sliced salmon. 18(5), 566-575.

Santana Neto, D. C. D. **Development and application of Spondiasmombin L. extract for maintaining the quality of ready-to-eat chicken hamburger**. 2019. 167f. Dissertation (Master in Agri-Food Tec) - Federal University of Paraíba.

Silva, F. A., Estévez, M., Ferreira, V. C., Silva, S. A., Lemos, L. T., Ida, E. I., Shimokomaki, M., Madruga, M. S. (2018). Protein and lipid oxidations in jerky chicken and consequences on sensory quality. **LWT**, 97, 341-348.

Singh, A., Prabowo, F. F., Benjakul, S., Pranoto, Y., & Chantakun, K. (2020). Combined effect of microbial transglutaminase and ethanolic coconut husk extract on the gel properties and in-vitro digestibility of spotted golden goatfish (*Parupeneusheptacanthus*) surimi gel. **Food Hydrocolloids**, 109, 106107.

Sousa, V. F. D. **Preparation and characterization of tilapia protein hydrolysates**. 2019, 87f, Dissertation (Master in Food Engineering). University of Lisbon, Lisbon.

Sun, L.; Sun, J.; Thavaraj, P.; Yang, X.; Guo, Y. (2017). Effects of thinned young apple polyphenols on the quality of grass carp (*Ctenopharyngodonidellus*) surimi during cold storage. **Food Chemistry**, 224, 372–381.

Tiburski, J.H.; Rosenthal, A.; Deliza, R.; Godoy, R.L.O.; Pacheco, S. (2011). Nutritional properties of yellow mombin (*Spondias mombin L.*) pulp. **Food Research International**, 44, 2326-2331.

Turella, C. C. B. **Effect of active biofilms on lipid and protein oxidation in fish files**. 2019, 97p. Thesis (Doctorate in Animal Science). Federal University of Goias, Goias.

Waterhouse A. L. (2002). Determination of total phenolics, in *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*. Wiley, Hoboken, NJ, p. I1.1.1– I1.1.8.

Zhou, F., Zhao, M., Zhao, H., Sun, W., & Cui, C. (2014). Effects of oxidative modification on gel properties of isolated porcine myofibrillar protein by peroxy radicals. **Meat Science**, 96(4), 1432-1439.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante dos resultados obtidos, pode-se concluir que:

- a) A incorporação de 1% extrato do bagaço do cajá isolado ou combinado com os crioprotetores (4% de sorbitol e 4% de sacarose) foi efetiva no controle da qualidade de surimis de resíduo de pescada-cambucu durante armazenamento refrigerado.
- b) A conservação da cor e da capacidade emulsificante do surimi foi influenciada positivamente pela presença do extrato do bagaço de cajá.
- c) Há um possível sinergismo entre o extrato do bagaço do cajá e os crioprotetores na conservação dos parâmetros de textura instrumental do gel de surimi.
- d) A carbonilação protéica e a oxidação lipídica do surimi são inibidas pela presença do extrato do bagaço de cajá ou dos crioprotetores.
- e) Os dados obtidos fornecem informações importantes que podem ser utilizadas pela indústria pesqueira, instigando novos estudos a investigar técnicas alternativas para a aplicação de aditivos naturais em surimi e seus derivados.

Estudos futuros podem ser realizados com enfoque na avaliação microbiológica e sensorial dos surimis do resíduo do postejamento de peixes congelados adicionados do extrato do bagaço do cajá. Além disso, sugere-se a realização de experimentos para otimizar a concentração de extrato do bagaço de cajá a ser aplicada na massa do surimi.