UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS, SOCIAIS E AGRÁRIAS
CURSO DE LICENCIATURA EM CIÊNCIAS AGRÁRIAS

PEDRO LUCAS DE LIMA SILVA

PRODUÇÃO E INFLUÊNCIA DE CRIOPROTETORES NA ESTABILIDADE FÍSICO-QUÍMICA DE *SURIMI* À BASE DE SUBPRODUTO DE RÃ-TOURO (*Lithobates catesbeianus*)

BANANEIRAS – PB
2025

PEDRO LUCAS DE LIMA SILVA

PRODUÇÃO E INFLUÊNCIA DE CRIOPROTETORES NA ESTABILIDADE FÍSICO-QUÍMICA DE *SURIMI* À BASE DE SUBPRODUTO DE RÃ-TOURO (*Lithobates catesbeianus*)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Licenciatura em Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Paraíba, em atendimento às exigências para obtenção do Grau de Licenciado em Ciências Agrárias.

Orientadora: Profa. Dra. Íris Braz da Silva Araújo

Coorientador: Bel. José Robenilson Sousa dos Santos

BANANEIRAS – PB

2025

Catalogação na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S586p Silva, Pedro Lucas de Lima.
Produção e influência de crioprotetores na estabilidade físico-química de surimi à base de subproduto de rã-touro (Lithobates catesbeianus) / Pedro Lucas de Lima Silva. - Bananeiras-PB, 2025.
40 f. : il.

Orientação: Íris Braz da Silva Araújo.
Coorientação: José Robenilson Sousa dos Santos.
TCC (Graduação) - Ciências Agrárias - UFPB/CCHSA.

1. Aquicultura. 2. Tecnologia de alimentos. 3. Shelf life. I. Araújo, Íris Braz da Silva. II. Santos, José Robenilson Sousa dos. III. Título.

UFPB/CCHSA-BANANEIRAS CDU 63 (043)

Elaborado por FRANCISCA EMANOELA GUIMARAES RIBEIRO - CRB-965

PEDRO LUCAS DE LIMA SILVA

PRODUÇÃO E INFLUÊNCIA DE CRIOPROTETORES NA ESTABILIDADE FÍSICO-QUÍMICA DE *SURIMI* À BASE DE SUBPRODUTO DE RÃ-TOURO (*Lithobates catesbeianus*)

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Licenciatura em Ciências Agrárias, da Universidade Federal da Paraíba, em atendimento às exigências para obtenção do Grau de Licenciado em Ciências Agrárias.

RESULTADO: APROVADO

BANCA EXAMINADORA

Documento assinado digitalmente
gov.br IRIS BRAZ DA SILVA ARAUJO
Data: 28/10/2025 08:13:14-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Profa. Dra. Íris Braz da Silva Araújo
(UFPB/DGTA)
Orientadora

Documento assinado digitalmente
gov.br JOSE ROBENILSON SOUSA DOS SANTOS
Data: 23/10/2025 15:38:56-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Bel. José Robenilson Sousa dos Santos
(UFPB/PPGTA)
Coorientador

Documento assinado digitalmente
gov.br JULIANA ESCARIAO DA NOBREGA
Data: 23/10/2025 18:49:35-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Profa. Dra. Juliana Escarião de Nóbrega
(UFPB/DGTA)
Examinadora

Documento assinado digitalmente
gov.br JOAO PEDRO CESARIO FELIX
Data: 23/10/2025 16:17:24-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Bel. João Pedro Cesário Félix
(UFPB/PPGTA)
Examinador

BANANEIRAS – PB
2025

Dedico este trabalho à memória da minha mãe, cujo amor e esperança por este momento superavam os meus próprios sonhos. E também ao meu pai, que esteve sempre ao meu lado.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, por ter me concedido a força, a coragem e a persistência necessárias para enfrentar os desafios de minha trajetória acadêmica e tornar este momento possível.

Agradeço imensamente aos meus pais, que sempre abriram mão de seus próprios sonhos para que eu pudesse realizar os meus. Um agradecimento especial à minha mãe (*in memoriam*), que me inspira a cada dia.

À minha namorada, Hellen Freire, seu apoio incondicional e sua parceria inabalável foram o meu porto seguro nos momentos de incerteza e a minha maior motivação nos dias mais difíceis.

Agradeço também à minha família, pelo suporte e por todo o carinho.

Por fim, minha profunda gratidão à minha orientadora, Dra. Íris Braz, e ao meu coorientador, José Robenilson, por terem sido meu suporte acadêmico e de pesquisa ao longo desses anos. Pessoas que admiro profundamente.

“Não é sobre vencer, é sobre caminhar,
aprender, avançar. É sobre não ficar parado!”

Fernanda Simonetti

RESUMO

A carne rã-touro é considerada exótica no Brasil, apesar de se destacar na criação, enfrenta desafios na valorização de cortes como o dorso, por apresentar baixo rendimento. A desossa mecânica permite a obtenção da CMS, que pode ser transformada em *surimi* por meio de lavagens e prensagens. Para manter suas propriedades durante o armazenamento congelado, evitando a ação oxidativa e proteolítica, são adicionados crioprotetores, que auxiliam na preservação estrutural e funcional do produto. Diante do exposto, este estudo consistiu em produzir *surimi* a partir da CMS de rã-touro com o uso de diferentes crioprotetores e avaliar sua estabilidade. Foram elaboradas três formulações de *surimi* utilizando, tratamentos com xilitol (SX), sorbitol (SS) e sacarose (SG) como agentes crioprotetores. Foi determinado umidade, cinzas, proteínas e lipídeos, além de pH, CRA e Cor durante 120 dias de armazenamento. Não foi observado diferenças significativas nas análises de composição, exceto teor lipídios (0,4 – 0,9%) e cinzas (3 – 4%). Houve oscilações no pH (7 – 8), CRA (86 – 92 %) e Luminosidade (65 – 59) durante o armazenamento, porém mantendo valores satisfatórios a utilização de sacarose como crioprotetor mostrou-se vantajosa, pois combinou redução de lipídios e cinzas, estabilidade do pH e manutenção das propriedades físico-químicas durante o armazenamento congelado, evidenciando sua eficácia na conservação da qualidade do *surimi*. O estudo demonstrou que a produção de *surimi* a partir de CMS de rã-touro é viável, pois gera um alimento nutritivo, permitindo a valorização de um subproduto da indústria. Os crioprotetores atuaram de forma semelhante, com destaque para o Sorbitol que apresentou maior CRA. Mais estudos são necessários para garantir boa estabilidade físico-química ao longo do armazenamento, além de associar análise instrumental à avaliação sensorial para melhor compreender a aceitação do produto.

Palavras-chave: Aquicultura. Tecnologia de alimentos. *Shelf life*. Estabilização criogênica.

ABSTRACT

Bullffrog meat is considered exotic in Brazil , and despite its prominence in farming, it faces challenges in valuing cuts like the back (or dorsal cut) due to its low yield. Mechanical deboning allows for the obtaining of Mechanically Separated Meat (CMS - Carne Mecanicamente Separada), which can be transformed into surimi through washing and pressing. To maintain its properties during frozen storage, preventing oxidative and proteolytic action, cryoprotectants are added, which aid in the structural and functional preservation of the product. Given the above, this study consisted of producing surimi from bullfrog CMS using different cryoprotectants and evaluating its stability. Three surimi formulations were prepared using treatments with xylitol (SX), sorbitol (SS), and sucrose (SG) as cryoprotective agents. Moisture, ash, protein, and lipid content, as well as pH, Water Holding Capacity (CRA - Capacidade de Retenção de Água), and Color, were determined during 120 days of storage. No significant differences were observed in the composition analyses, except for lipid content (0.4 – 0.9%) and ash (3 – 4%). There were oscillations in pH (7 – 8), CRA (86 – 92 %), and Luminosity (L∗) (65 – 59) during storage , however, maintaining satisfactory values. The use of sucrose as a cryoprotectant proved advantageous, as it combined the reduction of lipids and ash, pH stability, and maintenance of physicochemical properties during frozen storage, evidencing its effectiveness in preserving the quality of the surimi. The study demonstrated that the production of surimi from bullfrog CMS is viable, as it generates a nutritious food, allowing for the valorization of an industry byproduct. The cryoprotectants acted similarly, with sorbitol standing out for having the highest CRA. Further studies are necessary to ensure good physicochemical stability throughout storage, in addition to associating instrumental analysis with sensory evaluation to better understand product acceptance

Keywords: Aquaculture. Food technology. Shelf life. Cryogenic stabilization.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Etapas de elaboração do *Surimi*..... 18
Figura 2 - Benefícios e Aplicações do *Surimi* na Indústria Alimentícia.....20
Figura 3 – Fluxograma do processamento do *surimi* 25
Figura 4 – Comportamento do pH no armazenamento de *surimis* com agentes crioprotetores 29
Figura 5 – Comportamento da CRA no armazenamento de *surimis* com agentes crioprotetores 30
Figura 6 – Comportamento da Luminosidade no armazenamento de *surimis* com agentes crioprotetores 31
Figura 7 – Comportamento de *a no armazenamento de *surimis* com agentes crioprotetores..32
Figura 8 - Comportamento de *b no armazenamento de *surimis* com agentes crioprotetores..33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Estudos Científicos sobre Crioprotetores em *Surimi* e produtos de pescado.....22

Tabela 2 – Médias e desvios-padrão da composição química dos *surimis* com adição de diferentes crioprotetores.....27

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 12
2. OBJETIVOS 14
2.1. OBJETIVO GERAL 14
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS 14
3. REVISÃO DE LITERATURA 15
3.1. RANICULTURA NO BRASIL E RÃ-TOURO *(Lithobates catesbeianus*) 15
3.2. APROVEITAMENTO DE SUBPRODUTOS DA RANICULTURA 17
3.3. *SURIMI:* CONCEITO, PROCESSO DE PRODUÇÃO E RELEVÂNCIA INDUSTRIAL 17
3.4. ESTABILIDADE DE PRODUTOS À BASE DE *SURIMI* E A NECESSIDADE DE CRIOPROTETORES 21
4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS 24
4.1 MATÉRIA-PRIMA, INSUMOS E LOCAL DO EXPERIMENTO 24
4.2 OBTENÇÃO E PRODUÇÃO DO *SURIMI* A PARTIR DA CMS DO DORSO DE RÃ-TOURO 25
4.3 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL E VALOR CALÓRICO DOS SURIMIS 26
4.4 ANÁLISE DE PH COR E CRA 26
4.5 TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS 26
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO 26
5.1. COMPOSIÇÃO CENTESIMAL E VALOR CALÓRICO DOS SURIMIS 26
5.2 PROPRIEDADES QUÍMICAS E FÍSICAS DOS *SURIMIS* DURANTE ARMAZENAMENTO 28
6. CONCLUSÃO 34
REFERÊNCIAS 35

1. INTRODUÇÃO

O Brasil produz aproximadamente 150 toneladas de carne de rã por ano, sendo que a maior parte da produção se concentra na rã-touro (EMBRAPA, 2023). Nessa espécie, o corte considerado nobre é a coxa, enquanto o dorso corresponde a cerca de 40% do peso do animal e é classificado como menos nobre (EMBRAPA, 2023; Fragoso *et al.,* 2013; Globo Rural, 2016; IBGE, 2018). O dorso pode ser processado mecanicamente, originando a carne mecanicamente separada (CMS) de rã-touro, que constitui uma matéria-prima promissora para diversos produtos derivados.

Entre as aplicações da CMS, destaca-se a produção de *surimi*, uma pasta proteica purificada obtida a partir das proteínas miofibrilares da carne, com elevado valor nutricional e capacidade de formação de gel (Zhang *et al.,* 2020). O *surimi* possui sabor e odor neutros, permitindo a elaboração de produtos saborizados, como *kani, kamaboko*, *surimi* de caranguejo e de camarão (Omura *et al*., 2020). A conservação desses produtos exige armazenamento sob congelamento, pois processos como a oxidação proteica podem causar desnaturação e comprometer a integridade do gel formado (Olatunde e Benjakul, 2018).

Durante o processamento e o armazenamento congelado, a mobilidade da água e a cristalização progressiva levam à concentração de solutos na fase não congelada, favorecendo a aproximação e agregação de proteínas miofibrilares do *surimi.* O crescimento e recristalização dos cristais de gelo também provocam danos mecânicos à matriz proteica, acelerando a perda de solubilidade e promovendo a desnaturação proteica (Yang *et al*., 2025). Além disso, mecanismos oxidativos, como oxidação de grupos sulfidrila, formação de ligações dissulfeto e carbonilação de cadeias laterais, geram alterações conformacionais e ligações cruzadas que comprometem a funcionalidade gelificante das proteínas durante ciclos de congelamento e descongelamento (Ling *et al.*, 2023).

Para minimizar esses efeitos, incorporam-se crioprotetores que estabilizam a matriz proteica por meio de interações físicas e químicas com grupos funcionais das proteínas, incluindo formação de camada de água ligada, tamponamento osmótico e sequestro de radicais. Compostos como peptídeos glicoproteicos (ex.: AVGP), polissacarídeos naturais (ex.: FVP) e hidrolisados proteicos apresentam ação sinérgica na manutenção da solubilidade protéica, na preservação da força do gel, na retenção de água e na redução de perdas por descongelamento (Lin *et al.,* 2025; Ling *et al.,* 2023; Chen *et al.,* 2024). De acordo com São Martinho (2011),

níveis mais elevados de crioprotetores resultam em géis mais firmes e coesos, com maior capacidade de retenção de água e estabilidade durante o descongelamento.

A CMS de rã-touro, quando submetida ao processo de lavagem, origina uma massa proteica purificada adequada para a produção, como *surimi* de camarão. A incorporação de diferentes agentes crioprotetores, como sorbitol, sacarose e xilitol, pode influenciar distintamente a preservação das características físico-químicas do produto durante o armazenamento congelado, permitindo a identificação do composto mais eficiente.

Dessa forma, esta pesquisa objetivou agregar valor a um subproduto de baixo custo da indústria, ampliando sua estabilidade e viabilizando sua aplicação em produtos alimentícios. Para isso, foram avaliados parâmetros como composição química, pH, capacidade de retenção de água (CRA) e cor, verificando a influência dos crioprotetores na manutenção da qualidade do *surimi* durante o congelamento prolongado.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

Avaliar a qualidade de *surimi* elaborado a partir da carne mecanicamente separada do dorso de rã-touro durante o armazenamento sob congelamento, mediante uso de sacarose, xilitol e sorbitol como agentes crioprotetores.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Produzir três formulações de *surimi* a partir da carne mecanicamente separada (CMS) do dorso da rã-touro, utilizando diferentes agentes crioprotetores;
- Determinar a composição centesimal e o valor calórico do *surimi;*
- Avaliar o comportamento do PH, COR e CRA dos *surimis* durante 120 dias de armazenamento sob congelamento, em intervalos de 20 dias.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. RANICULTURA NO BRASIL E RÃ-TOURO *(Lithobates catesbeianus*)

A ranicultura brasileira tem demonstrado crescimento significativo nos últimos anos com a maioria da produção concentrada nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Paraná e Goiás (123 Ecos, 2023). Além disso, estudos recentes sobre as curvas de crescimento de reprodutores de rã-touro revelaram que as rãs atingiram o peso comercial de 250 g aos 176 dias de criação, fornecendo dados valiosos para programas de seleção genética (Pereira et al., 2023).

A introdução da rã-touro gigante (Lithobates catesbeianus) no Brasil ocorreu em 1935, marcando o início da criação em cativeiro no país. Originária da América do Norte, a espécie foi introduzida em diversas outras regiões, incluindo América Central e do Sul, ilhas do Caribe e Sudeste Asiático (FAO, 2020). Essa introdução, embora tenha impulsionado a produção, levantou questões importantes sobre o potencial inexplorado das espécies nativas brasileiras e os possíveis impactos ecológicos da espécie exótica.

No Brasil, a rã é classificada como pescado pelo Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal – RIISPOA. Isso significa que seu abate e processamento devem seguir rigorosamente a inspeção oficial, garantindo o abate humanitário e o controle higiênico-sanitário (Afonso, 2016; BRASIL, 2017; BRASIL, 2021). É notável que o Brasil, detentor da maior diversidade de anfíbios do mundo (Frost, 2024), se destaca globalmente como um dos pioneiros e maiores produtores de rã-touro (Lithobates catesbeianus) (Ribeiro & Toledo, 2022). Atualmente, esta é a única espécie criada em ranários no país (Sousa et al., 2019).

Apesar do grande potencial de espécies nativas brasileiras para a criação voltada à alimentação humana, como a rã-manteiga (Leptodactylus latrans), a rã-gia (Leptodactylus pentadactylus) e a rã-pimenta (Leptodactylus labyrinthicus) (Cribb et al., 2013), a alta produtividade da rã-touro em cativeiro acabou por dominar os interesses comerciais.

O consumo de carne de rãs, especialmente as pernas de rã, é uma iguaria tradicional na culinária francesa, com estimativas indicando o consumo de cerca de 3 mil toneladas desse produto no país (UOL, 2024). Esse hábito remonta à Idade Média, quando a Igreja Católica incentivava o consumo de rãs como substituto da carne vermelha durante períodos de jejum Além disso, em culturas asiáticas como China, Taiwan e Indonésia, o consumo de rãs é uma prática alimentar com mais de quatro milênios de história, disseminada pelo intercâmbio cultural entre povos (NiT, 2024).

Atrelada aos novos hábitos alimentares e tendências de consumo de carnes brancas mais saudáveis, a carne de Lithobates catesbeianus tem se projetado como uma fonte alternativa de

proteína. Apesar de ser considerada uma espécie exótica, ela apresenta qualidades nutricionais e um sabor suave similar ao de carnes brancas, como frango e peixe (Nascimento et al., 2019). Embora a demanda por esse tipo de carne também seja alta a nível global, o Brasil experimentou um avanço significativo na produção, passando de dez toneladas para mais de seiscentas toneladas, um aumento de aproximadamente 6.290%. Em contraste, o crescimento global foi de 1.296%, estabelecendo o Brasil como o maior produtor das Américas (Pereira, 2023). Ela se destaca por seu elevado teor proteico (16,5%), alto índice de digestibilidade (acima de 90%), presença de todos os aminoácidos essenciais, baixo teor de lipídeos (menos de 1%) e baixa caloria (69 Kcal/100g) (Noll et al., 1987).

Além disso, suas proteínas possuem alto valor biológico, com perfil aminoacídico apresentando escore químico maior que 1,0 para os aminoácidos essenciais (Pires et al., 2006). Em relação aos lipídios, a espécie demonstra grande prevalência de ácidos graxos insaturados sobre os saturados, sendo uma fonte de ácidos graxos essenciais (Coutinho, 2001).

A carne de rã apresenta alta digestibilidade e qualidade nutricional, sendo considerada uma alternativa alimentar ideal para dietas especiais, como as de crianças com intolerância às proteínas de origem animal, pacientes obesos, hipertensos e com hipertrigliceridemia. Estudos indicam que cerca de 93% das proteínas da carne de rã são hidrolisadas pelas enzimas digestivas e absorvidas pelo organismo, destacando-se pela superioridade nutricional em relação a outras fontes proteicas (Tecnoalimentar.pt, 2020). Além disso, dados atuais demonstram que seu consumo contribui para o aumento da resposta do sistema imunológico e auxilia na prevenção de doenças como osteoporose, hipertensão arterial e cânceres de cólon e estômago (Portal de Periódicos da UNISC, 2024).

Para preservar essas qualidades nutricionais durante o processamento tecnológico, é essencial aplicar rigorosas boas práticas de manejo e fabricação; técnicas como pasteurização, cocção a 95ºC por 15 minutos e liofilização podem modificar parcialmente as estruturas do alimento, mas as proteínas de baixo peso molecular permanecem intactas e resistentes à degradação enzimática (Posnutricao.ufv.br, 2019). No contexto legal, a carne de rã é classificada como pescado pela legislação brasileira, e o Decreto nº 3.748/2018 estabelece normas para a inspeção sanitária de produtos de origem animal, incluindo a carne de rã, que deve atender aos requisitos de qualidade e segurança alimentar (Cidasc, 2018).

Diante desse panorama, investimentos em pesquisa e desenvolvimento são essenciais para os diversos fins da ranicultura, especialmente ao se considerar a qualidade e o potencial da carne de rã-touro (Lithobates catesbeianus).

3.2. APROVEITAMENTO DE SUBPRODUTOS DA RANICULTURA

No Brasil, a ranicultura enfrenta desafios relacionados ao baixo consumo de carne de rã-touro, com a comercialização concentrada principalmente nas coxas, enquanto outras partes do animal, como o dorso, são frequentemente descartadas. Estudos indicam que o dorso representa cerca de 40% do peso do animal e possui alto valor nutricional, sendo uma fonte rica em proteínas e colágeno (Alves, 2022). Pesquisas recentes têm se dedicado ao desenvolvimento de produtos alimentícios a partir do dorso da rã, visando agregar valor e diversificar a oferta no mercado. Por exemplo, a Embrapa Agroindústria de Alimentos desenvolveu um processo tecnológico para a produção de carne de dorso de rã desfiada em conserva, utilizando equipamentos e técnicas comuns na indústria de processamento de carnes em conserva (Embrapa, 2023).

A carne mecanicamente separada (CMS) do dorso tem sido utilizada na elaboração de produtos como *surimi* e *kamaboko*, apresentando características físico-químicas e sensoriais semelhantes aos produtos tradicionais, com boa aceitabilidade pelo consumidor (Nascimento, 2022). Outros subprodutos, como a pele da rã, também têm sido explorados, sendo rica em colágeno e potencial para a produção de alimentos e cosméticos (Alves, 2022). O aproveitamento integral desses subprodutos representa uma estratégia promissora para otimizar a cadeia produtiva da ranicultura, reduzir desperdícios e diversificar a oferta de produtos no mercado brasileiro, contribuindo para a sustentabilidade econômica e ambiental do setor (Embrapa, 2023; Nascimento, 2022).

Quando bem manejada, a ranicultura é considerada uma atividade de baixo impacto ambiental. O uso de sistemas fechados e o reaproveitamento da água ajudam a preservar recursos naturais, e técnicas adequadas de biossegurança permitem evitar doenças e manter alta produtividade com bem-estar animal (123ECOS, 2025). Além de garantir sustentabilidade e bem-estar animal, o aproveitamento integral da carne de rã, especialmente do dorso e demais subprodutos, possibilita a transformação desses insumos em produtos processados de alto valor agregado, como o *surimi,* cuja produção e aplicação industrial têm ganhado destaque no setor alimentício.

3.3. *SURIMI:* CONCEITO, PROCESSO DE PRODUÇÃO E RELEVÂNCIA INDUSTRIAL

O *surimi*, termo de origem japonesa que significa "carne moída", é um produto proteico obtido a partir do pescado, conhecido por sua versatilidade e ampla aplicação na indústria alimentícia. Sua origem remonta ao Japão do século XI, quando pescadores descobriram que a polpa lavada de peixe, misturada com sal e cozida no vapor, aumentava consideravelmente a vida útil do pescado (Ramirez *et al.,* 2011). Atualmente, o *surimi* é utilizado globalmente como base para diversos produtos análogos de frutos do mar, como *kani, kamaboko* e salsichas de peixe, sendo considerado um ingrediente estratégico na valorização de recursos pesqueiros e redução de desperdícios (FAO, 2020; Sashimi Fish, 2024).

A principal matéria-prima para o *surimi* são peixes de carne branca e baixo teor de gordura, como a pescada-do-Alasca (*Gadus chalcogrammus*) e espécies de merluza (*Merluccius* spp.) (FAO, 2020). A escolha por essas espécies se dá por suas propriedades funcionais superiores, incluindo alta capacidade de formação de gel, cor clara, textura elástica e sabor neutro (Park, 2013). O processo de elaboração do *surimi* envolve diversas etapas críticas, que visam concentrar as proteínas miofibrilares e preservar suas propriedades funcionais. Na figura 1, são descritas as principais fases desse processo:

Figura 1 - Etapas de elaboração do *Surimi*



Fonte: Elaboração própria (2025)

O uso de espécies subvalorizadas e subprodutos industriais continua a ser um pilar da sustentabilidade no setor de *surimi*, com o objetivo de reduzir o impacto ambiental (Ferreira;

Pimenta; Neto, 2002). Além da valorização integral desses subprodutos — como cabeças, vísceras, espinhas e águas de lavagem — que representam mais de dois terços da matéria-prima original e são fontes ricas de compostos de alto valor, incluindo proteínas funcionais, colágeno, gelatina, óleo de peixe, peptídeos e minerais (Gueneeugues, 2021; Ahuja *et al*., 2020).

Pesquisas têm buscado transformar esses resíduos em coprodutos de valor agregado, indo além da tradicional farinha de peixe. Entre as principais estratégias destacam-se hidrolisados proteicos a partir de subprodutos do *surimi,* eficazes como antioxidantes naturais e crioprotetores, capazes de melhorar a estabilidade e resistência do gel do *surimi,* substituindo aditivos sintéticos e convencionais (Ideia *et al.,* 2020; Zhang *et al.,* 2020), a extração de lipídeos e óleos de peixe, com alto valor nutricional, e aproveitamento para a produção de ingredientes bioativos e funcionais (Gueneeugues, 2021).

Apesar desses avanços, a etapa de lavagem do *surimi* ainda requer grandes volumes de água doce, representando um desafio ambiental significativo. A reutilização das proteínas sarcoplasmáticas presentes nas águas residuais continua sendo foco de pesquisa (Bourtoom *et al.,* 2009; Fogaça *et al.,* 2015). A indústria e a academia buscam reduzir tanto o volume quanto a carga contaminante do efluente por meio de tecnologias de tratamento e recirculação, complementando os ciclos padronizados de lavagem, essenciais para mitigar o consumo hídrico e os custos operacionais (Teixeira, 2002).

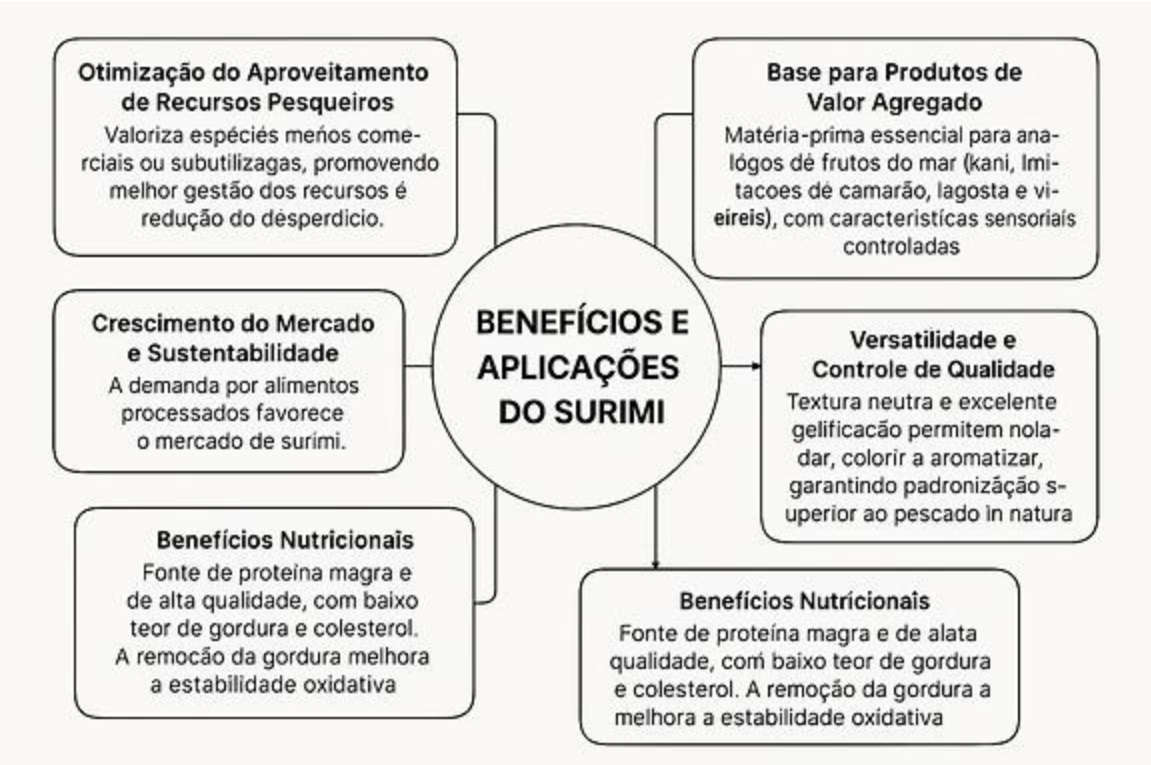
O *surimi* é matéria-prima fundamental para uma ampla gama de produtos, incluindo kani-kama, imitações de caranguejo, vieiras, camarões, géis, salsichas e embutidos de pescado (Lee, 1984). Sua textura neutra e excelente elasticidade permitem a personalização sensorial por meio da adição de aromas, corantes e condimentos (Park, 2013). Pesquisas recentes também têm explorado as interações lipídeo-proteína miofibrilares na emulsificação, evidenciando seu potencial para aprimorar propriedades reológicas, textura e sensação de produtos derivados do surimi, otimizando a qualidade e aceitação pelo consumidor (Zhang *et al.,* 2020).

Na elaboração de géis, a adição de amido (4–12%) melhora as propriedades mecânicas, interagindo com a proteína e a água da pasta (Burey *et al.,* 2008; Hunt; Getty; Park, 2010). Dependendo da temperatura e tempo de aquecimento, obtêm-se diferentes tipos de gel: o translúcido *suwari* (~50°C), o opaco *kamaboko* (80–90°C) e, em temperaturas intermediárias, o fenômeno da ruptura do gel, chamado *modori* (Ordóñez, 2005; Kuhn *et al.,* 2007).

A qualidade do *surimi* está associada à cor (preferencialmente branca), textura firme, odor suave e capacidade de formar géis estáveis. Um *surimi* de alta qualidade apresenta menor teor de gordura, maior estabilidade oxidativa e proteínas de elevado valor biológico, tornando-se uma opção saudável para consumidores preocupados com a alimentação (Sashimi Fish, 2024).

Segundo o Ministério do Bem-Estar do Japão, os géis de *surimi* apresentam variação nutricional entre 91 a 149 kcal, 9,9 a 16,2% de proteínas e baixo teor de lipídios (Suzuki, 1987; Ogawa; Maia, 1999). A relevância do *surimi* na indústria alimentícia moderna é importante, vasta e se estende por diversas dimensões como demonstrado na figura 2.

Figura 2 - Benefícios e Aplicações do Surimi na Indústria Alimentícia



Fonte: Elaboração própria com base em FAO (2020), Park (2013) e Sashimi Fish (2024).

A relevância do *surimi* na indústria de alimentos torna essencial garantir sua qualidade e funcionalidade ao longo do armazenamento. Por ser um produto com alto teor de proteínas, o *surimi* é particularmente sensível a variações ambientais, e sua estabilidade pode ser seriamente comprometida sem medidas de preservação adequadas. Nesse contexto, a utilização de crioprotetores é fundamental para evitar a desnaturação das proteínas miofibrilares e manter as propriedades funcionais do gel durante o congelamento e o armazenamento a longo prazo (Barreto; Beirão, 1999; Chen *et al.,* 2019). A estabilidade do *surimi* é crucial não apenas para

preservar a textura, mas também para garantir a segurança alimentar e prolongar sua vida útil (Liu *et al.,* 2020), o que o consolida como um produto de grande valor comercial e tecnológico.

3.4. ESTABILIDADE DE PRODUTOS À BASE DE *SURIMI* E A NECESSIDADE DE CRIOPROTETORES

Manter a estabilidade dos produtos à base de *surimi* durante o armazenamento é essencial para preservar suas propriedades funcionais, sensoriais e nutricionais. A aplicação de crioprotetores durante o congelamento é uma estratégia tecnológica consolidada para prolongar a vida útil do *surimi*, protegendo suas proteínas miofibrilares contra os danos induzidos pelo frio.

O congelamento é o método mais utilizado para conservar *surimi* e seus produtos derivados, devido à sua eficácia em retardar reações microbiológicas e enzimáticas que comprometem a qualidade do alimento (Lanier, 2000; Park, 2013). Essa técnica permite a estocagem prolongada do *surimi* com mínima perda de qualidade, desde que acompanhada de práticas adequadas como o uso de crioprotetores (Kim, 2012).

Mesmo sendo eficaz, o congelamento pode induzir alterações estruturais e químicas nas proteínas miofibrilares. A desnaturação proteica é uma das principais consequências, ocorrendo devido à formação de cristais de gelo que rompem as estruturas celulares e expõem cadeias polipeptídicas ao ambiente oxidativo (Suzuki, 1987; Gomes *et al.*, 1994). Adicionalmente, a oxidação lipídica e proteica pode comprometer as propriedades gelificantes e a capacidade de retenção de água (Fogaça *et al.,* 2015; Ramirez *et al.,* 2011).

Crioprotetores são substâncias adicionadas ao *surimi* antes do congelamento com a finalidade de estabilizar proteínas, prevenir a agregação proteica e minimizar a formação de cristais de gelo (Chomnawang *et al.,* 2007). Esses compostos atuam principalmente pela formação de ligações de hidrogênio com grupos funcionais das proteínas, impedindo a desnaturação induzida pelo congelamento (Lanier, 2000; Hollingworth, 1998).

Diversas pesquisas têm explorado o uso de agentes crioprotetores na produção de *surimi*, com o objetivo de preservar a qualidade nutricional, funcional e sensorial durante o armazenamento congelado. Ingredientes como sacarose, sorbitol e tripolifosfato de sódio são amplamente utilizados por sua capacidade de estabilizar proteínas, controlar a formação de cristais de gelo e melhorar a textura dos géis. A Tabela 1 apresenta uma síntese de trabalhos relevantes que aplicaram diferentes crioprotetores em espécies variadas, evidenciando seus efeitos sobre parâmetros como retenção de água, luminosidade, composição proximal e resistência ao dobramento. Essa contextualização reforça a escolha dos crioprotetores utilizados

no presente estudo — sacarose, xilitol e sorbitol — e destaca a originalidade da proposta, especialmente pelo uso da carne mecanicamente separada de rã-touro e pela inclusão do xilitol, um agente ainda pouco explorado na literatura científica voltada à produção de *surimi.*

Tabela 1 - Estudos Científicos sobre Crioprotetores em Surimi e Produtos de Pescado

Estudo	Espécie	Crioprotetor	Principais resultados
Rezende-de-Souza *et al*. (2024)	Tambaqui (*Colossoma macropomum*)	Sorbitol (8%), sacarose (8%), STPP (0,5%), NaCl (2%)	Sorbitol e STPP apresentaram melhor equilíbrio entre proteína, retenção de água e cor; Sacarose+sorbitol resultou na melhor qualidade de gel; NaCl e sacarose maior luminosidade;
Mo *et al.* (2024)	Carpa-capim (*Ctenopharyngodon idellus*)	Oligossacarídeos de soja (SBOS) 6–8% (s/s);	Redução da mobilidade da água e perda por descongelamento; preservação da estrutura proteica; aumentou força de gel e retenção de água;
Rezende-de-Souza *et al*. (2020)	Tambaqui (*Colossoma macropomum*)	1% sacarose + 2% NaCl; 5% sorbitol + 0,3% STPP; 6% sacarose + 6% sorbitol + 0,5% STPP.	As formulações com STPP causaram escurecimento em relação ao controle e mostraram diferença total de cor perceptível ($\Delta E > 5$);
Zhang *et al*. (2018)	Camarão descascado (*Litopenaeus vannamei*)	Oligossacarídeos de kappa-carragenina	Redução significativa na formação de carbonilas e ditirosina; manutenção do teor de sulfidrila; menor alteração na hidrofobicidade superficial;
Lee *et al*. (2018)	Filé e surimi de *Alaska pollock*	Fosfatos: STPP, TSPP, pirofosfato trissódico, hexametafosfato de sódio, fosfato dissódico + 5% açúcar + 4% sorbitol	STPP e TSPP foram mais eficazes na redução da atividade da TMAOase, teor de formaldeído e AG; melhoraram a retenção de proteína solúvel em sal e reduziram o endurecimento da textura; surimi apresentou menor atividade enzimática e maior estabilidade que os filés.
Jommark *et al*. (2018)	Camarão branco do Pacífico (*Litopenaeus vannamei*)	Sucrose, Citrato de sódio (0,05 M)	Sucrose e citrato retardaram a desnaturação proteica, mantendo a atividade da Ca^{2+}-ATPase, solubilidade salina de miosina e actina, e reduzindo a exposição de grupos SH e hidrofobicidade superficial.
Cao *et al.* (2015)	*Surimi* de carpa prateada (*Hypophthalmichthys molitrix*)	Misturas de amido modificado com	Sacarose manteve força máxima do gel e atividade Ca^{2+}-ATPase; redução de perdas de sulfidrila e proteção da estrutura da actomiosina melhor que crioprotetores comerciais.
Liu *et al*. (2014)	*Surimi* de carpa comum (*Cyprinus carpio*)	Mistura sacarose + sorbitol (1:1)	Superresfriamento a −3 °C com crioprotetores reduziu significativamente a formação de carbonilas, manteve maior teor de sulfidrila e atividade Ca^{2+}-ATPase, e melhorou textura, elasticidade e capacidade de ligação à água.

Fonte: Elaborado pelo Autor (2025).

Dentre os crioprotetores mais utilizados na indústria de *surimi*, destacam-se a sacarose, o sorbitol e o xilitol, todos classificados como polióis ou açúcares com capacidade higroscópica. Estudos têm aprofundado a compreensão sobre as propriedades desses compostos, especialmente em relação à capacidade de retenção de água (CRA), estabilidade térmica e impacto sensorial. Pesquisas indicam que a combinação de sacarose com outros crioprotetores pode melhorar a CRA e a estabilidade do gel de *surimi* durante ciclos de congelamento e descongelamento (Klunklin; Chai, 2025)

A sacarose ainda é amplamente utilizada devido à sua eficácia na inibição da desnaturação térmica e na estabilização da estrutura tridimensional das proteínas. Pesquisas indicam que a combinação de sacarose com outros crioprotetores pode melhorar a CRA e a estabilidade do gel de *surimi* durante ciclos de congelamento e descongelamento, já o sorbitol, além de criar uma matriz protetora em torno das proteínas, contribui para a textura final dos produtos. Em sua pesquisa, Xiao *et al.,* (2024) demonstraram que o sorbitol, quando combinado com outros crioprotetores, pode melhorar significativamente a CRA em produtos congelados, reduzindo perdas por exsudação durante o descongelamento e o cozimento. O xilitol, embora menos estudado, apresenta propriedades similares ao sorbitol e vantagens adicionais, como menor índice glicêmico e melhor estabilidade ao calor. Dados recentes sugerem que o xilitol pode ser uma alternativa promissora aos crioprotetores tradicionais, oferecendo benefícios em termos de saúde e desempenho técnico (Klunklin; Chai, 2025).

A capacidade de retenção de água (CRA) é uma propriedade funcional essencial no surimi, diretamente ligada à sua textura e rendimento industrial. Crioprotetores como o sorbitol e o xilitol demonstraram melhorar significativamente a CRA em produtos congelados, reduzindo perdas por exsudação durante o descongelamento e o cozimento (Hunt; Getty; Park, 2010; Ramirez et al., 2011). Estudos mais recentes confirmam esse efeito: Mo, Zhang & Zhang (2024) compararam SBOS com sacarose + sorbitol e relataram redução de perdas ao descongelamento via aumento da água não-congelável; Maghsoudi et al., (2023) mostraram que hidrólise de proteína de linhaça ou pectina manteve maior WHC comparável ao crioprotetor convencional sacaro-se-sorbitol em surimi de carpa.

O pH do produto influencia tanto a estabilidade das proteínas quanto a cor e o sabor do *surimi.* Em trabalhos com adição de sorbitol e xilitol, observou-se que esses compostos têm um efeito ligeiramente acidificante, mas dentro de limites aceitáveis para manutenção das propriedades gelificantes do *surimi* (Chomnawang *et al.,* 2007; Kuhn *et al.,* 2007).

A coloração do *surimi* é uma característica sensorial importante. Crioprotetores ajudam a preservar a cor original da carne do pescado ao prevenir reações de oxidação que escurecem o produto (Lee, 1984). Pesquisas onde Maghsoudi, Moosavi-Nasab, Abedi & Maleki (2023) observaram que crioprotetores convencionais e alternativas limítrofes preservam o *whiteness* de géis de *surimi* de carpa durante estocagem congelada; Li et al., (2023) demonstraram que hidrolisado de proteína de soro retarda a queda de L* e mantém estabilidade de cor em *surimi* de cavala espanhola em ciclos repetidos de congelamento-descongelamento; Ling, Liu, Zhang et al. (2023) verificaram que polissacarídeos de *Flammulina velutipes* reduzem a oxidação proteica e preservam cor e brilho em *surimi* de bagre sob armazenamento congelado.

Estudos clássicos, como os de Barreto e Beirão (1999), demonstraram a eficácia da sacarose e do sorbitol na estabilidade de géis de *surimi*, enquanto pesquisas mais recentes, como as de Rezende-de-Souza *et al*. (2024), reforçam seu papel na retenção de água e qualidade de textura. Alternativas como o xilitol também têm mostrado desempenho comparável, conforme estudos com *surimi* de tambaqui e matrinxã (Andrade, 2020). A busca por crioprotetores mais eficientes e com menor impacto sensorial tem avançado para compostos naturais, como a trealose e a inulina, que apresentam resultados promissores na manutenção da força do gel e na proteção estrutural das proteínas (Walayat *et al*., 2020).

Além disso, a adição de oligossacarídeos de soja (SBOS) representa uma abordagem inovadora que, em comparação com crioprotetores tradicionais como sacarose e sorbitol, não apenas preserva a estrutura proteica do *surimi* durante o armazenamento congelado, mas também reduz a mobilidade da água, melhora a força do gel, aumenta a retenção de água e apresenta menor impacto calórico e sensorial (Mo *et al*., 2024).

Essas novas evidências ressaltam a contínua importância de ciclos de lavagem adequados e da escolha de crioprotetores avançados para a manutenção das propriedades do *surimi* durante o congelamento.

4. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

4.1 MATÉRIA-PRIMA, INSUMOS E LOCAL DO EXPERIMENTO

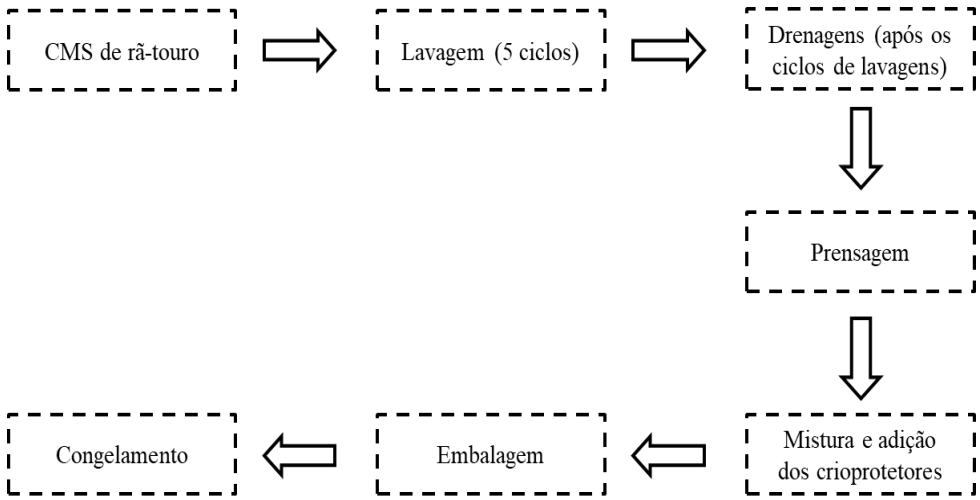
O experimento foi conduzido com CMS do dorso de rã-touro, cedida pelo Laboratório de Ranicultura e Produtos da Aquicultura (LRPA), pertencente ao Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias da Universidade Federal da Paraíba – Campus III. Os insumos e embalagens necessários foram adquiridos no comércio local de João Pessoa/PB. A produção do *surimi* sabor

camarão ocorreu no LRPA, enquanto as análises físico-químicas subsequentes foram realizadas no Laboratório de Análises Físico-químicas de Alimentos, do mesmo centro universitário.

4.2 OBTENÇÃO E PRODUÇÃO DO *SURIMI* A PARTIR DA CMS DO DORSO DE RÃ-TOURO

A produção dos *surimis* seguiu as etapas dispostas conforme a Figura 3. Foram elaboradas três formulações de *surimi*, as quais diferiram quanto ao agente crioprotetor utilizado, sendo SG, SX e SS os *surimis* com adição de sacarose, xilitol e sorbitol, 4% de cada respectivamente.

Figura 3 - Fluxograma do processamento do *surimi*



Fonte: Adaptado de Gonçalves *et al.,* (2009).

Para a produção dos *surimi*, cada formulação de *surimi* foi descongelada, cominuída e levada para o *cutter* para a adição dos seguintes ingredientes, conforme Suryaningrum *et al*. (2015): 2% de sal, 5% de albumina, 0,4% de tripolifosfato de sódio, 0,5% de glutamato monossódico, 3% de sacarose, 0,2% de lecitina de soja, 5% de condimento em pó sabor camarão (NATUVIDE condimentos), 10% de amido e 10% de gelo picado. Os *surimis* receberam os códigos de SG, SX e SS, relacionados à procedência dos *surimis* utilizados (SG, SX e SS, respectivamente).

Após a etapa de mistura em cada formulação, a massa foi modelada e acondicionada em embalagens do tipo "*cook in bag*", que foram aquecidas em duas etapas, utilizando 40-50 ºC por 20 minutos em banho-maria, para a fixação do gel, e depois vaporizado à temperatura de 90-95 ºC por 20 minutos para total formação de gel e cozimento total. Os *surimis* foram imediatamente resfriados em água gelada. Em seguida, o produto foi armazenado sob

refrigeração (± 2 ºC) durante 12 horas e após este período foram submetidos ao congelamento (- 18 ºC), até o momento das análises.

4.3 COMPOSIÇÃO CENTESIMAL E VALOR CALÓRICO DOS SURIMIS

As análises de umidade e cinzas foram realizadas ambas por gravimetria; e as proteínas pelo método de Kjeldahl, de acordo com os protocolos da AOAC (2006). Foi determinado o teor de lipídeos determinado pelo método de Folch *et al.,* (1957). Os *surimis* foram submetidos às determinações de pH (método no 947.05, descrito pela AOAC, 2006) utilizando o pHmetro digital (QUIMIS, modelo Q-400, São Paulo, Brasil). Todas as análises foram realizadas em triplicata.

4.4 ANÁLISE DE PH COR E CRA

Os *surimis* foram analisados durante o período de 120 dias, em intervalos de 20 dias. Em cada intervalo, foram submetidos às determinações de pH (método no 947.05, descrito pela AOAC, 2006) utilizando o pHmetro digital (QUIMIS, modelo Q 400, São Paulo, Brasil); análises de cor, dos parâmetros a* (intensidade de vermelho), b* (intensidade de amarelo), L* (intensidade de luminosidade), utilizando-se nas medições um colorímetro Minolta CR-400 e a Capacidade Retenção de Água (CRA), pelo método de compressão da amostra, com peso de referência de 5 kg, durante 5 minutos, para cada 0,5 g de amostra, segundo metodologia adaptada de Huff Lonergan e Lonergan (2001).

4.5 TRATAMENTO ESTATÍSTICO DOS DADOS

As médias de todos os parâmetros analisados foram submetidas a análise de variância (ANOVA), ao nível de 5% de significância. Quando houve diferenças entre os tratamentos e os tempos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p<0,05$). No estudo de estabilidade durante o armazenamento foi realizada a ANOVA do tipo “two way”. Foi utilizado para as análises estatísticas o software SPSS Statistics V.21 (IBM, 2012).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. COMPOSIÇÃO CENTESIMAL E VALOR CALÓRICO DOS SURIMIS

Os dados obtidos para a composição química dos *surimis* SS, SX e SC estão disponíveis

a seguir na Tabela 2.

Tabela 2 – Médias e desvios-padrão da composição química dos *surimis* com adição de diferentes crioprotetores

Parâmetro	**Tratamentos**		
(g/100g)	**SX**	**SS**	**SG**
Umidade	65,29±0,13[a]	65,85±0,08[a]	66,06±0,90[a]
Cinzas	3,84±0,16[a]	3,55±0,13[ab]	3,32±0,25[b]
Proteínas	15,75±0,53[a]	16,85±0,23[a]	16,55±0,47[a]
Lipídeos	0,81±0,09[a]	0,86±0,13[a]	0,47±0,08[b]
Carboidratos*	14,31	12,89	13,60
Valor energético**	127,53	126,7	124,83

SX: *surimi* com xilitol como crioprotetor; SS: *surimi* com sorbitol como crioprotetor; SG: *surimi* com sacarose como crioprotetor. *Letras diferentes na linha indicam diferença estatística significativa. * Carboidratos por diferença. ** Valores energéticos calculados com base nos seguintes coeficientes: carboidratos = 4 kcal/g, proteínas = 4 kcal/g, lipídeos = 9 kcal/g e expressos em kcal/100g.

A umidade dos *surimis* apresentou valores semelhantes entre os diferentes crioprotetores, variando entre 65,29% e 66,06%. Não houve diferença estatística significativa entre os tratamentos, indicando que a escolha do crioprotetor não impactou diretamente o teor de água no produto. Os valores de umidade obtidos nesta pesquisa apresentam uma concordância notável com os resultados reportados por Zhang *et al.* (2022), em sua investigação sobre a aplicação de hidrolisados proteicos derivados de subprodutos do *surimi* na otimização da estabilidade do *surimi* congelado. O teor de cinzas apresentou uma redução progressiva entre os tratamentos, sendo maior no tratamento com xilitol (3,84%) e menor com sacarose (3,32%). A diferença estatística entre SX e SG sugere que o tipo de crioprotetor influencia a presença de minerais no *surimi*, com a sacarose resultando em um menor teor de cinzas.

No entanto, todos os valores encontrados estão acima dos reportados por Fahrizal *et al.,* (2018) (<1%), que investigaram o impacto da adição de sacarose, sorbitol e tripolifosfato de sódio (STPP) em diferentes concentrações na qualidade do *surimi* congelado de peixes de água doce. Esse comportamento pode ser atribuído, em parte, à matéria-prima utilizada, já que a carne mecanicamente separada—como a do presente estudo—tende a apresentar teores mais elevados de minerais devido à presença de fragmentos ósseos oriundos do processo de separação mecânica. Isso explica a diferença observada quando comparado a *surimis* obtidos a partir de fontes mais nobres.

O conteúdo de proteínas variou entre 15,75% e 16,85%, mas sem diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos. Isso indica que a escolha do crioprotetor não afetou significativamente a quantidade das proteínas no *surimi,* mantendo sua qualidade nutricional independentemente da substância utilizada. Os valores de proteínas obtidos para os *surimis*

desenvolvidos nesta pesquisa apresentaram uma similaridade com os resultados reportados por Surasani *et al.* (2020) e Shi *et al.,* (2021) em estudos com emulsões de peixe contendo uma inclusão de 50% de Concentrado de Massa Muscular Esquelética (CMS) e *surimi* de carpa capim por diferentes métodos de filetagem. Essa congruência nos valores proteicos reforça a validade da metodologia empregada na produção do *surimi* a partir da CMS de rã-touro e sugere que o produto final possui um perfil proteico comparável a outras preparações à base de peixe.

O teor de lipídeos foi o parâmetro que apresentou maior variação entre os tratamentos, sendo significativamente menor no *surimi* com sacarose (0,47%) em comparação com SX e SS. Esse resultado sugere que a sacarose pode influenciar a perda de gordura durante o processamento, reduzindo o conteúdo lipídico do produto final. No estudo de Lalopua e Onsu (2021), que investigou *Kamaboko* a partir de *surimi* de resíduos de atum, foram observados valores superiores (1,15% – 1,73%).

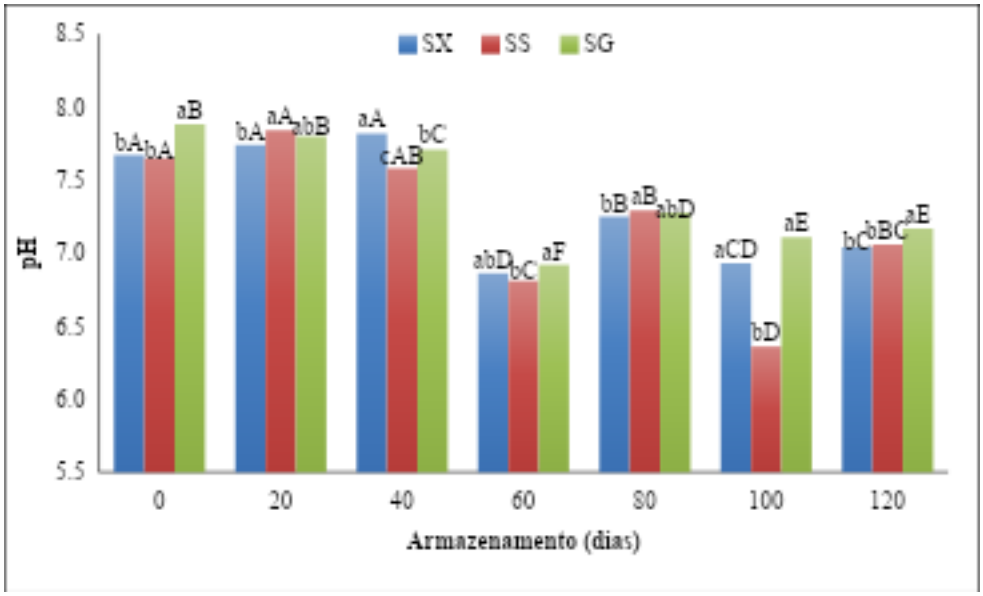
Em contraste, no presente estudo, os teores de lipídeos permaneceram abaixo de 1%, tornando o *surimi* produzido uma opção *light*, adequada para dietas *low-fat*. Essa característica é particularmente relevante para consumidores que buscam alimentos processados com perfil nutricional equilibrado, contribuindo para uma alimentação mais saudável sem comprometer a qualidade e a textura do produto.

5.2 PROPRIEDADES QUÍMICAS E FÍSICAS DOS *SURIMIS* DURANTE ARMAZENAMENTO

O comportamento do pH foi apresentado na Figura 4. Todos os tratamentos mantiveram valores dentro da faixa neutra a levemente alcalina (entre 7 e 8) ao longo do período de armazenamento. Isso sugere que os crioprotetores ajudam a preservar o pH do *surimi,* evitando grandes oscilações. Além disso, essa faixa de pH é considerada característica da carne de pescado fresco, que naturalmente apresenta um pH mais próximo da neutralidade.

Adicionalmente, a metodologia de obtenção do *surimi,* que inclui etapas de lavagem utilizando bicarbonato de sódio, contribui significativamente para a elevação do pH do produto final, auxiliando na manutenção dessa faixa de pH durante o armazenamento congelado. A estabilidade do pH é um fator crucial para a qualidade do *surimi*, pois influencia diretamente a atividade enzimática, a capacidade de retenção de água e as propriedades texturais do produto. Conforme mostrado na figura 3.

Figura 4 – Comportamento do pH no armazenamento de *surimis* com agentes crioprotetores.



SX: *surimi* com xilitol como crioprotetor; SS: *surimi* com sorbitol como crioprotetor; SG: *surimi* com sacarose como crioprotetor. *Letras maiúsculas diferentes indicam diferença no tempo e letras minúsculas diferentes indicam diferença entre os tratamentos.

Apesar do controle geral, os tratamentos SX (xilitol) e SS (sorbitol) apresentou os menores valores de pH ao longo do tempo, enquanto SG (sacarose) manteve valores ligeiramente mais elevados. Esse comportamento pode indicar que o xilitol influencia o equilíbrio ácido-base do *surimi* de forma diferente dos outros crioprotetores.

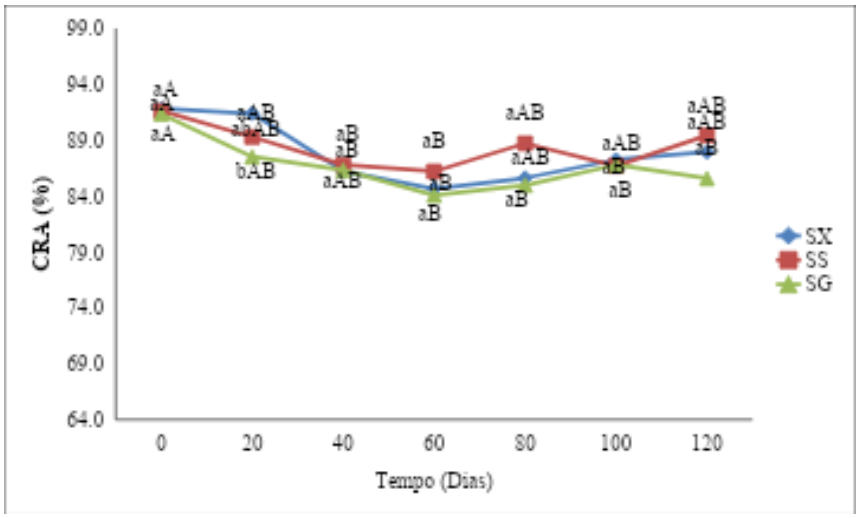
Os valores de pH mais baixos observados no tratamento com xilitol são compatíveis com os achados de Massingue (2018), em sua pesquisa sobre um produto análogo ao *surimi,* obtido a partir da Concentração de Massa Muscular Esquelética (CMS) de peru. O mesmo autor também reportou valores de pH na faixa neutra a levemente alcalina, justificando essa característica pelo emprego de sais de natureza alcalina nas etapas de lavagem inerentes ao processo de produção de *surimi*. A utilização desses sais tem como objetivo remover proteínas solúveis em água, gorduras e outros componentes indesejáveis, resultando no aumento do pH do produto final.

A consistência entre os resultados do presente estudo e os de Massingue (2018), mesmo considerando diferentes fontes de CMS (rã-touro *versus* peru), reforça a influência da metodologia de produção do *surimi*, especialmente o uso de sais alcalinos nas lavagens, como um fator determinante para o pH final do produto. A leve diferença observada no tratamento com xilitol pode indicar uma interação específica deste crioprotetor com os componentes do *surimi*, influenciando sutilmente o equilíbrio do pH ao longo do armazenamento.

Os resultados obtidos para a capacidade de retenção de água (CRA) ao longo do armazenamento estão apresentados na Figura 5. A análise dos valores encontrados indica que

não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos, sugerindo que os agentes crioprotetores utilizados (sacarose, xilitol e sorbitol) não tiveram impacto expressivo na retenção de água do *surimi* entre eles.

Figura 5 – Comportamento da CRA no armazenamento de *surimis* com agentes crioprotetores.



SX: *surimi* com xilitol como crioprotetor; SS: *surimi* com sorbitol como crioprotetor; SG: *surimi* com sacarose como crioprotetor. *Letras maiúsculas diferentes indicam diferença no tempo e letras minúsculas diferentes indicam diferença entre os tratamentos.

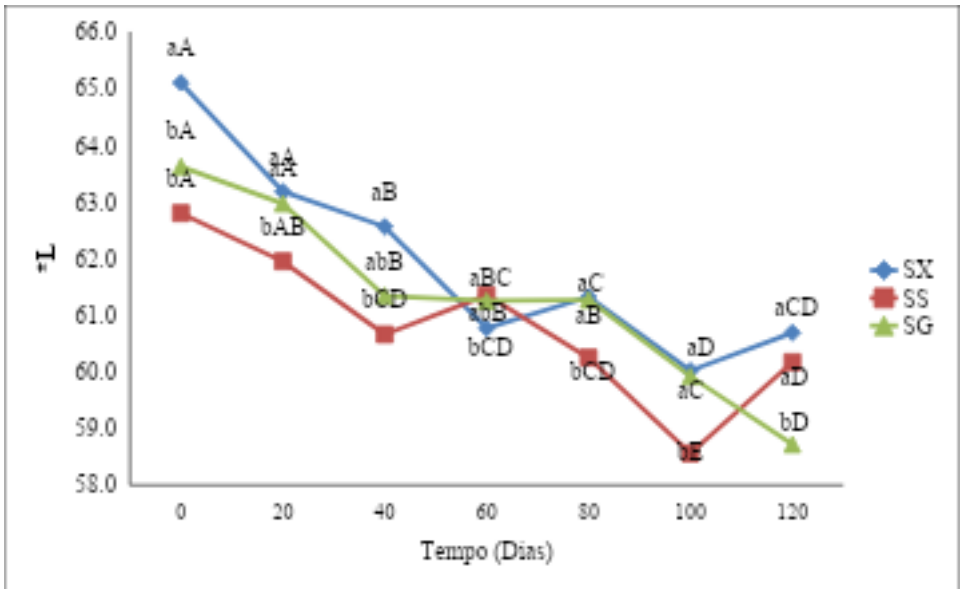
Ao analisar a evolução da capacidade de retenção de água (CRA) ao longo do armazenamento, observou-se que, a partir do 20º dia, todos os crioprotetores utilizados apresentaram redução na CRA. Esse comportamento indica que, independentemente do agente crioprotetor empregado, houve uma diminuição na retenção de água com o avanço do tempo de congelamento.

Além disso, esse comportamento pode estar relacionado à desidratação proteica durante o congelamento, processo que libera moléculas de água e contribui para a redução da CRA (Santana *et al*., 2017). Os valores obtidos neste estudo foram superiores aos reportados por Sharma *et al.,* (2019) em *surimis* formulados com concentrado proteico de cenoura como agente crioprotetor. Já na pesquisa de Wu *et al*., (2022), que avaliou *surimi* de tilápia enriquecido com polifenóis do chá durante o armazenamento refrigerado, foi observada a mesma tendência de perda da CRA ao longo do tempo, corroborando o comportamento do presente estudo. A alta capacidade de retenção de água observada neste estudo é um aspecto positivo, pois contribui para a textura e suculência do produto, fatores essenciais para a aceitação do *surimi* pelo consumidor. Essa característica pode ser determinante para a qualidade sensorial e a resistência do produto durante o armazenamento prolongado.

Sobre os parâmetros de cor dos *surimis,* a Figura 6 sugere que a luminosidade (L) do

surimi apresentou variações ao longo do armazenamento, com oscilações entre os tratamentos SX, SS e SG. Em determinados momentos, o tratamento SX exibiu os maiores valores de luminosidade, enquanto, em outros, o tratamento SG apresentou valores superiores. Essas variações podem estar relacionadas a heterogeneidade das amostras, que pode ter impactado a uniformidade das leituras. Apesar dessas flutuações, há uma tendência clara de diminuição ao longo do tempo, indicando que o produto tendeu a escurecer.

Figura 6 – Comportamento da Luminosidade no armazenamento de *surimis* com agentes crioprotetores

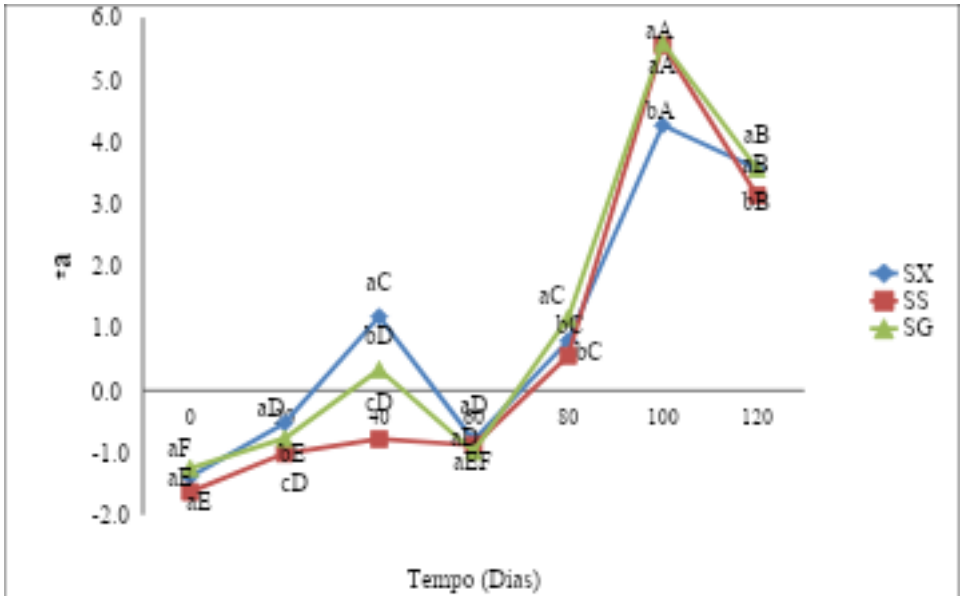


SX: *surimi* com xilitol como crioprotetor; SS: *surimi* com sorbitol como crioprotetor; SG: *surimi* com sacarose como crioprotetor. *Letras maiúsculas diferentes indicam diferença no tempo e letras minúsculas diferentes indicam diferença entre os tratamentos.

Com relação ao comportamento de L* no armazenamento dos *surimis*, foi verificado que o tratamento SX foi mais estável, havendo menor queda de luminosidade. Os valores obtidos foram semelhantes aos resultados de Fogaça (2009), que encontrou valores de L* de 65,06 para carne mecanicamente separada (CMS) de tilápia do-Nilo e aos de Larosa (2011) que observou valores de L*de 64,72 em CMS de tilápia do-Nilo com 120 dias de armazenamento.

A Figura 7 contém as médias obtidas das leituras do parâmetro de cor a*, correspondente a intensidade de verde-vermelho.

Figura 7 – Comportamento de *a no armazenamento de *surimis* com agentes crioprotetores



SX: *surimi* com xilitol como crioprotetor; SS: *surimi* com sorbitol como crioprotetor; SG: *surimi* com sacarose como crioprotetor. *Letras maiúsculas diferentes indicam diferença no tempo e letras minúsculas diferentes indicam diferença entre os tratamentos.

Observa-se uma variação do parâmetro a* ao longo do tempo de armazenamento, com oscilações entre os tratamentos SX, SS e SG. Apesar dessas flutuações, não há uma tendência linear clara de aumento ou diminuição, sugerindo que a tonalidade avermelhada do *surimi* pode ter sido influenciada por interações dos crioprotetores com a matriz proteica e pela heterogeneidade das amostras. Além disso, as diferenças estatísticas indicadas no gráfico sugerem que, em determinados períodos, alguns tratamentos apresentaram valores significativamente distintos, evidenciando o impacto dos crioprotetores na coloração do *surimi* ao longo do armazenamento.

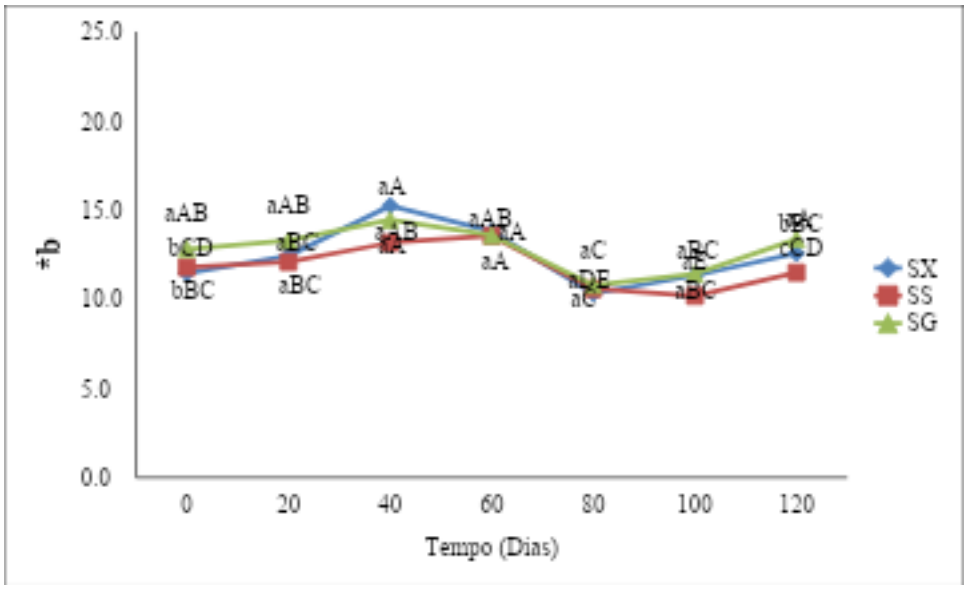
As variações no parâmetro a* ao longo do armazenamento podem estar relacionadas aos processos de oxidação, influenciando diretamente a tonalidade do *surimi*. Esse comportamento foi observado por Canti e Martawidjaja (2024) ao avaliarem as propriedades físico-químicas e sensoriais do *kamaboko* produzido a partir de isolado proteico de *surimi*-bagre de robalo asiático, cujos valores de a* oscilaram entre 1 e 2, faixa registrada apenas nos tempos 40 e 80 do presente estudo.

No entanto, Sang *et al.* (2022) reportaram valores negativos do parâmetro a* ao estudarem os efeitos do lactato de cálcio na gelificação do *surimi* de corvina amarela (*Pseudosciaena crocea*). Considerando que o presente estudo também apresentou valores negativos de a* em alguns momentos do armazenamento, torna-se essencial aprofundar a investigação sobre os mecanismos responsáveis por essas variações, verificando se há interferência dos crioprotetores ou reações químicas específicas da CMS de rã-touro. Além disso, seria necessário associar a análise instrumental à avaliação sensorial, a fim de

compreender como essas alterações impactam a percepção visual do produto e sua aceitação pelo consumidor.

Sobre a intensidade de azul-amarelo (b*), de acordo com a Figura 8, foi verificado que as diferenças entre os tratamentos foram mínimas, apenas em alguns tempos, indicando que os crioprotetores estudados não provocaram alterações significativas nos *surimis*. Entretanto, observa-se que não há uma tendência linear clara de aumento ou diminuição do parâmetro b*, mas sim flutuações ao longo do tempo, possivelmente influenciadas por fatores como interações dos crioprotetores com a matriz proteica e a heterogeneidade das amostras.

Figura 8 – Comportamento de *b no armazenamento de *surimis* com agentes crioprotetores



SX: *surimi* com xilitol como crioprotetor; SS: *surimi* com sorbitol como crioprotetor; SG: *surimi* com sacarose como crioprotetor. *Letras maiúsculas diferentes indicam diferença no tempo e letras minúsculas diferentes indicam diferença entre os tratamentos.

Apesar dessas oscilações, os valores observados foram superiores aos reportados por Shi *et al*. (2021) e Canti e Martawidjaja (2024), indicando que o produto desenvolvido possui um tom mais amarelo. Esse comportamento pode estar relacionado, entre outros fatores, à utilização do condimento em pó sabor camarão, que apresenta coloração intensa e contribui para a tonalidade final do *surimi.*

6. CONCLUSÃO

Entre os crioprotetores avaliados nos *surimis*, a sacarose (SG) demonstrou ser a opção mais adequada, pois combinou diversas vantagens técnicas e industriais, pois foi obtido neste tratamento o menor teor de lipídios e cinzas e menor aporte calórico, favorecendo o perfil nutricional do produto e contribuindo para uma textura mais firme e uniforme, além de manter uma estabilidade superior de pH e comportamento físico-químico semelhante aos demais crioprotetores, durante o armazenamento congelado prolongado, assegurando a conservação da qualidade do gel proteico. Por fim, a sacarose oferece boa praticidade industrial, sendo compatível com a incorporação de outros aditivos, o que facilita sua aplicação em formulações comerciais de *surimi.* Embora existam outras alternativas com resultados positivos, como o xilitol, que é menos empregado no setor,

O estudo demonstrou também que a aplicação da técnica de *surimi* à CMS de rã-touro permitiu a obtenção de uma massa proteica purificada, resíduos ósseos e sangue, evidenciando a viabilidade de agregar valor a um subproduto de baixo custo da indústria, aumentando sua estabilidade.

Para complementar os resultados obtidos na análise instrumental da cor, a avaliação sensorial e micribiológica é essencial para compreender como essas variações influenciam a percepção do consumidor, uma vez que fatores como coloração e textura desempenham um papel fundamental na aceitação do *surimi* no mercado. Assim, este estudo fornece uma base relevante para o desenvolvimento e otimização de produtos derivados da CMS de rã-touro, explorando sua aplicação em formulações de maior valor agregado e estabilidade prolongada.

REFERÊNCIAS

123 ECOS - ECOPÉDIA. **Ranicultura no Brasil**. 2023. Disponível em: https://123ecos.com.br/docs/ranicultura/. Acesso em: 25 set. 2025.

AFONSO, A. M.; CRIBB, A. Y. A ranicultura brasileira de 2000 a 2015: um breve relato de fatos. **Aquaculture Brasil**, v. 1, p. 32-35, 2016.

ANDRADE, E. G. de. **Crioprotetores e inibidores de proteases na proteólise e geleificação do surimi de tambaqui (*Colossoma macropomum*) e matrinxã (*Brycon amazonicus*) sob estocagem congelada**. 2020. 88 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal e Recursos Pesqueiros) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2020. Disponível em: https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/7856. Acesso em: 25 ago. 2025.

AOAC. **Official methods of analysis of AOAC international**. 18. ed. Gaithersburg, MD: AOAC International, 2006. CD-ROM.

AYRES, A. A. C. et al. Carcass yield and proximate composition of bullfrog (*Lithobates catesbeianus*). **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, Maringá, v. 37, n. 3, p. 329–333, 2015.

BARRETO, J. M.; BEIRÃO, L. H. Efeito da sacarose e sorbitol na estabilidade de géis de surimi. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 3, n. 1, p. 57-64, 1999.

BARRETO, J. M.; BEIRÃO, L. H. Propriedades funcionais do surimi. **Revista de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 45–52, 1999.

BOURTOOM, T. et al. Recovery and utilization of wash water proteins from surimi processing. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 112, n. 3, p. 602–609, 2009.

BRASIL. Decreto nº 9.013, de 29 de março de 2017. Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal – RIISPOA. **Diário Oficial da União**, Brasília, 30 mar. 2017.

BRASIL. Portaria nº 365, de 16 de julho de 2021. Aprova o Regulamento Técnico de Manejo Pré-abate e Abate Humanitário e os métodos de insensibilização autorizados pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Diário Oficial da União**, Brasília, 23 set. 2021.

CANTI, M.; MARTAWIDJAJA, K. L. Physicochemical and sensory properties of kamaboko produced from Asian seabass surimi-catfish protein isolate (*Clarias gariepinus*). **Measurement: Food**, v. 15, p. 100184, set. 2024. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/j.meafoo.2024.100184. Acesso em: 20 ago. 2025.

CAO, J. X. et al. The effect of oxidation on the structure of G-actin and its binding ability with aroma compounds in carp grass skeletal muscle. **Food Chemistry**, v. 240, p. 346–353, 2018.

CAO, L. et al. Conformational changes and kinetic study of actomyosin from silver carp surimi with modified starch–sucrose mixtures during frozen storage. **Journal of Food Quality**, 2015. DOI: 10.1111/jfq.12171.

CARRARO, K. C. Ranicultura: um bom negócio que contribui para a saúde. **Revista da FAE**, Curitiba, v. 11, n. 1, 2008.

CHOMNAWANG, M. T. et al. Use of fish processing by-products. **Aquaculture Research**, Oxford, v. 38, n. 4, p. 343–352, 2007.

COUTINHO, C. M. **Teor de lipídeos e composição em ácidos graxos da gordura da rã-touro (*Rana catesbeiana, Shaw, 1802*)**. 2001. 94 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

CRIBB, A. Y.; AFONSO, A. M.; MOSTÉRIO, C. M. F. **Manual técnico de ranicultura**. 1. ed. Brasília: Embrapa, 2013.

DALBY, A. **Food in the ancient world from A to Z**. Oxfordshire: Routledge, 2013.

EMBRAPA. Ranicultura - Sistemas de criação, vantagens e desafios. **123 Ecos**, 2023. Disponível em: https://123ecos.com.br/docs/ranicultura/. Acesso em: 25 set. 2025.

FAO. **The state of world fisheries and aquaculture 2020**: Sustainability in action. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2020. DOI: 10.4060/ca9229en.

FAO. **The state of world fisheries and aquaculture 2022**: Towards blue transformation. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2022. DOI: 10.4060/cc0461en.

FERREIRA, C. M. S. et al. Produção e processamento da carne de rã-touro (*Lithobates catesbeianus*). **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 10, n. 1, p. 157-166, 2020.

FUKUI, K. et al. Surimi production and utilization in Japan. **Food Reviews International**, v. 9, n. 2, p. 221–240, 1993.

GARCIA, E. E.; KIRSCHNIK, P. G.; SOUZA, M. L. Utilização da carne mecanicamente separada de pescado. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 2, n. 1, p. 61-74, 2008.

GARRIDO, M. D. et al. Ranicultura no Brasil: panorama e perspectivas. **Revista Científica de Produção Animal**, v. 17, n. 2, p. 45-58, 2015.

GODOY, L. C. P. **Avaliação da produção de surimi de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*) e do pacu (*Piaractus mesopotamicus*)**. 2008. 95 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

GONÇALVES, A. A. **Tecnologia do pescado**: ciência, tecnologia, inovação e legislação. São Paulo: Atheneu, 2011.

GONÇALVES, A. A.; PEREIRA, D. S. O. Surimi de tilápia: potencial de aproveitamento e qualidade tecnológica. **Boletim do Instituto de Pesca**, São Paulo, v. 35, n. 1, p. 99-107, 2009.

GRÜNEWALD, T. **Produção de surimi e produtos derivados a partir de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. 2006. 112 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2006.

GUERRA, F. S. S.; PEREIRA, G. C. F.; AZEVEDO, R. V. Panorama da ranicultura brasileira e perspectivas futuras. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 15, n. 1, p. 1-9, 2020.

HAARD, N. F. Characteristics of edible muscle proteins. **Food Reviews International**, v. 5, n. 1, p. 1–37, 1989.

HERRERO, A. M. Raman spectroscopy a promising technique for quality assessment of meat and fish: a review. **Food Chemistry**, v. 107, n. 4, p. 1642–1651, 2008.

HOSSAIN, M. I. et al. Technological aspects and market of surimi and surimi-based products: a review. **Food Science and Nutrition**, v. 8, n. 11, p. 6171–6190, 2020.

HUANG, J. et al. Combined effects of cryoprotectants and antioxidants on the physicochemical properties of silver carp surimi during frozen storage. **LWT - Food Science and Technology**, v. 142, p. 110980, 2021.

HUANG, L. et al. Effect of sucrose, sorbitol and sodium tripolyphosphate on the stability of surimi during frozen storage. **Food Hydrocolloids**, v. 87, p. 325–332, 2019.

IBGE. **Produção da pecuária municipal 2021**. Rio de Janeiro: IBGE, 2022. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/. Acesso em: 25 set. 2025.

ICMSA. **Surimi industry overview 2020–2021**. International Coldwater Surimi Manufacturers Association, 2021. Disponível em: https://www.surimiworld.org. Acesso em: 25 set. 2025.

JIN, H. et al. Comparative study on the quality of surimi gels from different freshwater fish. **International Journal of Food Properties**, v. 21, n. 1, p. 1124–1136, 2018.

KIRSCHNIK, P. G. **Surimi de pescado de água doce**: produção e utilização na elaboração de produtos reestruturados. 2002. 120 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2002.

KIRSCHNIK, P. G.; MACEDO-VIEGAS, E. M. Effect of washing cycles on the quality of surimi from tilapia (*Oreochromis niloticus*). **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 12, n. 4, p. 272–279, 2009.

LAN, W. et al. Influence of cryoprotectants on the gel properties and water distribution of grass carp surimi during frozen storage. **Food Hydrocolloids**, v. 101, p. 105499, 2020.

LEE, C. M. Surimi process technology. **Food Technology**, v. 38, n. 11, p. 69–80, 1984.

LEE, C. M. Surimi manufacturing and fabrication of surimi-based products. In: MARTIN, R. E.; FLICK, G. J. (ed.). **Marine and freshwater products handbook**. Lancaster: Technomic Publishing, 1990. p. 66–88.

LI, D. et al. Effect of antioxidants and cryoprotectants on protein oxidation and textural properties of silver carp surimi during frozen storage. **LWT - Food Science and Technology**, v. 97, p. 597–603, 2018.

LI, X. et al. Effect of washing with different solutions on the gel-forming ability and physicochemical properties of surimi from grass carp. **Food Chemistry**, v. 354, p. 129554, 2021.

LIU, H. et al. Role of cryoprotectants in the stabilization of surimi during frozen storage: a review. **Food Chemistry**, v. 316, p. 126298, 2020.

LIU, Y. et al. Effects of combined cryoprotectants on the gel quality and protein denaturation of bighead carp surimi during frozen storage. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 45, n. 2, e15056, 2021.

MACEDO-VIEGAS, E. M. et al. Surimi de pescado de água doce: perspectivas de utilização no Brasil. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, n. 4, p. 1230–1240, 2000.

MALTAROLO, R. C.; SOUSA, R. G. C. Distribuição geográfica e caracterização da produção de rã-touro Lithobates catesbeianus no estado de Rondônia (Brasil). Revista Desafios, [S. l.], v. 6, n. 1, p. 45-53, 2019.

MANSANO, C. F. M. et al. Non-linear growth models for bullfrog tadpoles. Ciência e Agrotecnologia, v. 36, n. 4, p. 454–462, 2012.

MASSINGUE, A. A. Processing and characterization of the surimi-like material from mechanically deboned turkey meat. 2018. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2018.

MANACHINI, R.; SILVA, L. M. Avaliação de parâmetros zootécnicos na criação de rã-touro (*Lithobates catesbeianus*). **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 9, n. 2, p. 71–80, 2019.

MARTINS, G. C. et al. Características produtivas e nutricionais da carne de rã-touro (*Lithobates catesbeianus*). **Revista Ciências Agrárias**, Belém, v. 60, n. 1, p. 103–114, 2017.

MARTINS, G. O.; KIRSCHNIK, P. G. Utilização de surimi de tilápia em produtos reestruturados. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v. 5, n. 2, p. 45–54, 2011.

MARTINS, M. S. **Caracterização físico-química e tecnológica de surimi de tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*)**. 2015. 88 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2015.

MORAES, G. R. A.; PEREIRA, M. C. Utilização do surimi na indústria de alimentos: revisão. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 11, n. 3, p. 65–74, 2016.

NAGASE, K. et al. Effect of sucrose and sorbitol on the stability of fish muscle proteins during frozen storage. **Nippon Suisan Gakkaishi**, v. 56, n. 2, p. 299–305, 1990.

NAKAMURA, Y. et al. Surimi production from underutilized fish species: technological challenges and perspectives. **Journal of Aquatic Food Product Technology**, v. 29, n. 6, p. 563–579, 2020.

NOGUEIRA, R. A.; OLIVEIRA, A. C. Panorama da ranicultura no Brasil: avanços e desafios. **Revista de Produção Animal**, v. 22, n. 3, p. 45–56, 2020.

OLIVEIRA, D. R. et al. Efeito da sacarose e sorbitol sobre a estabilidade de surimi de tilápia durante armazenamento congelado. **Revista Brasileira de Engenharia de Pesca**, v. 12, n. 1, p. 1–12, 2019.

OLIVEIRA FILHO, P. R. C. et al. Quality of surimi from mechanically separated tilapia meat. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 42, n. 2, e13495, 2018.

PARK, J. W. **Surimi and surimi seafood**. 2. ed. Boca Raton: CRC Press, 2014.

PARK, J. W.; LANIER, T. C. Processing of surimi-based seafood. In: PARK, J. W. (ed.). **Surimi and surimi seafood**. Boca Raton: CRC Press, 2005. p. 311–343.

PEREIRA, M. C.; GONÇALVES, A. A. Surimi de pescado: aspectos tecnológicos e nutricionais. **Revista Brasileira de Ciências da Saúde**, v. 13, n. 3, p. 45–56, 2015.

PINTO, C. S. et al. Perspectivas da ranicultura brasileira: mercado e consumo da carne de rã-touro (*Lithobates catesbeianus*). **Revista Brasileira de Agroindústria**, v. 15, n. 1, p. 79–88, 2020.

QUEIROZ, M. I.; MACEDO-VIEGAS, E. M. Ranicultura no Brasil: caracterização e desafios. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 241–250, 2010.

RAY, B. et al. Effect of cryoprotectants on the functional properties of surimi gels from silver carp. **Journal of Food Science and Technology**, v. 57, n. 6, p. 1914–1922, 2020.

RODRIGUES, A. M.; FREITAS, D. G. Composição centesimal e características sensoriais da carne de rã-touro (*Lithobates catesbeianus*). **Revista Brasileira de Nutrição Animal**, v. 13, n. 2, p. 22–31, 2019.

ROSA, R. S.; MOURA, R. L. Panorama atual da aquicultura no Brasil. **Revista Brasileira de Zoologia**, v. 27, n. 1, p. 12–21, 2010.

SANG, S. et al. A study on the effects of calcium lactate on the gelling properties of large yellow croaker (*Pseudosciaena crocea*) surimi by low-field nuclear magnetic resonance and Raman spectroscopy. **Foods**, v. 11, n. 20, p. 3197, 2022. DOI: 10.3390/foods11203197.

SANTOS, A. F.; OLIVEIRA, D. R. Efeitos da adição de crioprotetores na estabilidade de surimi de tilápia durante armazenamento congelado. **Revista Ciências Agrárias**, v. 63, p. 1–9, 2020.

SATO, K.; TSUCHIYA, T. Role of cryoprotectants in surimi and frozen fish. **Food Reviews International**, v. 3, n. 1-2, p. 111–140, 1987.

SHI, L. et al. Effects of trehalose on protein denaturation and oxidation of grass carp surimi during frozen storage. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 44, n. 5, e14412, 2020.

SILVA, J. L. et al. Ranicultura no Nordeste brasileiro: sistemas de produção e perspectivas. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v. 11, n. 3, p. 1–12, 2021.

SILVA, L. C.; PEREIRA, M. C. Utilização de antioxidantes naturais na produção de surimi de tilápia. **Revista Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 40, n. 1, p. 233–241, 2020.

SOUZA, A. R.; MACEDO-VIEGAS, E. M. Carne mecanicamente separada e surimi: aproveitamento na indústria de pescado. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 38, n. 2, p. 123–132, 2012.

SUN, X. D.; HOLLEY, R. A. Factors influencing gel formation by myofibrillar proteins in muscle foods. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 10, n. 1, p. 33–51, 2011.

TAN, C. et al. Combined effects of antioxidants and cryoprotectants on physicochemical changes of surimi from silver carp during frozen storage. **LWT - Food Science and Technology**, v. 131, p. 109776, 2020.

TAVARES, L. B.; CRIBB, A. Y. Desempenho produtivo e custo de produção na criação de rã-touro (*Lithobates catesbeianus*). **Revista Agropecuária Técnica**, v. 40, n. 2, p. 105–113, 2019.

VIDAL, L. V. O. et al. Uso de proteínas de soja como crioprotetores em surimi de tilápia. **Revista Ciência Animal Brasileira**, v. 21, p. e56729, 2020.

WANG, H. et al. Effect of cryoprotectants on water distribution and protein stability of grass carp surimi during frozen storage. **Food Chemistry**, v. 310, p. 125927, 2020.

XU, Y. et al. Improvement of gel properties of silver carp surimi by combined use of cryoprotectants and antioxidants during frozen storage. **Food Hydrocolloids**, v. 113, p. 106426, 2021.

YANG, F. et al. Comparative study of different cryoprotectants on surimi quality during frozen storage. **Journal of Food Engineering**, v. 276, p. 109875, 2020.

ZHANG, L. et al. Effects of trehalose and sodium tripolyphosphate on the gel properties and water distribution of surimi during frozen storage. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 56, n. 2, p. 593–602, 2021.

Emitido em 28/10/2025

MONOGRAFIA Nº 1/2025 - CCHSA - CCCA (11.01.24.17)
(Nº do Documento: 1)

(Nº do Protocolo: NÃO PROTOCOLADO)

(Assinado digitalmente em 30/10/2025 10:32)
LEANDRO RIOS ANDRADE
ASSISTENTE EM ADMINISTRACAO
3152105

Para verificar a autenticidade deste documento entre em https://sipac.ufpb.br/documentos/ informando seu número: **1**, ano: **2025**, documento (espécie): **MONOGRAFIA**, data de emissão: **30/10/2025** e o código de verificação: **3071a23339**