



UNIVERSIDADE FEDERAL DO PIAUÍ - UFPI
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO - PRPPG
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ZOOTECNIA TROPICAL - PPGZT

JOÃO FARIAS DE SOUSA JÚNIOR

**ELABORAÇÃO DE COPRODUTOS A PARTIR DE RESÍDUOS DE FILETAGEM E
DA ÁGUA RESIDUAL DO PREPARO DE SURIMI DE TILÁPIA**

TERESINA, PI

2025

JOÃO FARIAS DE SOUSA JÚNIOR

**ELABORAÇÃO DE COPRODUTOS A PARTIR DE RESÍDUOS DE FILETAGEM E
DA ÁGUA RESIDUAL DO PREPARO DE SURIMI DE TILÁPIA**

Tese submetida ao Programa de Pós-Graduação em Zootecnia Tropical da Universidade Federal do Piauí, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Zootecnia Tropical, área de concentração Produção Animal nos Trópicos.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Christina Sanches Muratori.

**TERESINA, PI
2025**

FICHA CATALOGRÁFICA
Universidade Federal do Piauí
Biblioteca Setorial CCA
Serviço de Representação da Informação

S725e Sousa Júnior, João Farias de.
Elaboração de coprodutos a partir de resíduos de filetagem e da água residual do preparo de surimi de tilápia. / João Farias de Sousa Júnior. -- 2025.

71 f.

Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Zootecnia Tropical, 202.

“Orientadora: Profa. Dra. Maria Christina Sanches Muratori.”

1. Ácido tartárico. 2. Precipitado proteico. 3. SNACKS. 4. Sustentabilidade. 5. Termofotovoltaica. I. Muratori, Maria Christina Sanches. II. Título.

CDD 639.34


Bibliotecário: Rafael Gomes de Sousa - CRB3/1163

**ELABORAÇÃO DE COPRODUTOS A PARTIR DE RESÍDUOS DE
FILETAGEM E DA ÁGUA RESIDUAL DO PREPARO DE SURIMI DE
TILÁPIA**


JOÃO FARIAS DE SOUSA JÚNIOR

Tese aprovada em: 11/03/2025


Banca Examinadora:

Documento assinado digitalmente
 **MARIA CHRISTINA SANCHES MURATORI**
Data: 13/03/2025 16:07:59-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Profa. Dra. Maria Christina Sanches Muratori (Presidente) / DMV/CCA/UFPI

Documento assinado digitalmente
 **ELDO JOSE RODRIGUES DOS SANTOS**
Data: 15/03/2025 08:21:44-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>


Prof. Dr. Eldo José Rodrigues dos Santos (Interno) / CPCE/UFPI

Documento assinado digitalmente
 **STELLA REGINA ARCANJO MEDEIROS**
Data: 14/03/2025 05:47:14-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Stella Regina Arcanjo Medeiros (Interna) / CSHNB/UFPI

Documento assinado digitalmente
 **GLENDALIDICE CORTEZ MARINHO SILVA**
Data: 14/03/2025 07:06:18-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Glenda Lidice de Oliveira Cortez Marinho (Externa) / UFS

Documento assinado digitalmente
 **LILIAN VIANA TEIXEIRA**
Data: 14/03/2025 18:51:38-0300
Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Lilian Viana Teixeira (Externa) / UFMG

**TERESINA, PI
2025**

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por sempre estar trilhando o meu caminho e me abençoando com conquistas, à Ele toda honra e toda glória.

Aos meus pais, Araly Nunes Farias e João Farias de Sousa Neto, meu irmão João Victor Nunes Farias, e aos demais familiares por sempre me apoiarem, mesmo nas dificuldades e contratemplos da vida.

À minha querida Professora Dra. Maria Christina Sanches Muratori, pela orientação, pelos ensinamentos que me guiaram a trilhar esse caminho, pela confiança e o carinho de mãe depositado em mim.

À minha amada princesa, Amanda Priscila, minha companheira, no qual Deus colocou em meu trajeto nesse doutorado, que ilumina meu caminho com muito amor e afeto.

A família NUEPPA, pela essencial ajuda, amizade, companheirismo e momentos vividos juntos, que tornaram menos árduo a trilha de tal caminho.

À todos, muito obrigado!

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	10
2 REFERENCIAL TEÓRICO	11
2.1 Tilápia (<i>Oreochromis</i> sp.).....	11
2.2 Resíduos de pescado.....	12
2.3 Carne mecanicamente separada (CMS).....	13
2.4 Surimi e água residual.....	14
2.5 Recuperação de proteínas da água residual.....	15
2.6 Métodos de secagem e conservação.....	17
2.7 Produto tipo “snack” de pescado.....	18
3 METODOLOGIA	18
3.1 Obtenção da matéria prima para produção de CMS.....	18
3.2 Produção de CMS.....	19
3.3 Preparo do surimi.....	19
3.4 Recuperação de proteínas a partir a água residual de preparo do surimi.....	20
3.5 Secagem e conservação do precipitado proteico obtido da água residual de preparo do surimi.....	22
3.6 Elaboração de coprodutos alimentares (<i>snacks</i>).....	24
3.6.1 Análises microbiológicas.....	26
3.6.2 Análises físico químicas.....	28
3.7 Análise estatística.....	31
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	32
4.1 Recuperação de proteínas.....	32
4.2 Conservação do precipitado proteico.....	40
4.3 Elaboração de coprodutos (<i>snacks</i>).....	42
5 CONCLUSÕES	60
REFERÊNCIAS	60

LISTA DE TABELAS E FIGURAS

Tabela 1. Formulações de 150 g de produto tipo <i>snack</i> , variando a relação entre as concentrações de carne mecanicamente separada (CMS), surimi e precipitado proteico, em gramas (g)	24
Figura 1. Fluxograma de elaboração dos produtos tipo “ <i>snack</i> ” a partir do reaproveitamento de resíduos de tilápia.....	26
Tabela 2. Valores de pH da água residual do preparo de surimi de tilápia submetida à adição de ácidos orgânicos, em diferentes concentrações, e tratamento térmico.....	33
Tabela 3. Rendimento da recuperação de proteínas da água residual do preparo de surimi de tilápia submetida à adição de ácidos orgânicos, em diferentes concentrações, e tratamento térmico.....	35
Tabela 4. Teores proteicos dos precipitados obtidos a partir da recuperação de proteínas da água residual do preparo de surimi de tilápia submetida à adição de ácidos orgânicos, em diferentes concentrações, e tratamento térmico.....	38
Tabela 5. Valores de atividade de água e umidade do precipitado proteico obtido a partir da recuperação de proteínas da água residual do preparo de surimi de tilápia, submetido a diferentes métodos de secagem e posterior estocagem por 30 dias.....	40
Tabela 6. Rendimento do precipitado proteico obtido a partir da recuperação de proteínas da água residual do preparo de surimi de tilápia, submetido a diferentes métodos de secagem.....	43
Tabela 7. Teores de proteínas do precipitado proteico obtido a partir da recuperação de proteínas da água residual do preparo de surimi de tilápia, submetido a diferentes métodos de secagem e posterior estocagem por 30 dias.....	43
Tabela 8. Caracterização microbiológica dos ingredientes utilizados nas formulações dos <i>snacks</i>	46
Tabela 9. Avaliação microbiológica das formulações dos <i>snacks</i> , durante 60 dias de armazenamento.....	48
Tabela 10. Caracterização físico-química dos ingredientes utilizados nas formulações dos <i>snacks</i>	50
Tabela 11. Caracterização físico-química das formulações dos <i>snacks</i> , durante 60 dias de armazenamento.....	51
Tabela 12. Composição centesimal e valor calórico dos ingredientes utilizados nas	

formulações dos <i>snacks</i>	54
Tabela 13. Composição centesimal e valor calórico das formulações de <i>snacks</i> , durante 60 dias de armazenamento.....	56

ELABORAÇÃO DE COPRODUTOS A PARTIR DE RESÍDUOS DE FILETAGEM E DA ÁGUA RESIDUAL DO PREPARO DE SURIMI DE TILÁPIA

RESUMO

A tilápia é uma das principais espécies de peixes produzidas na aquicultura mundial, e a tilapicultura brasileira destaca-se entre as maiores produtoras globais. No Brasil os peixes são consumidos principalmente *in natura*, na forma de filé, em que o beneficiamento de espécies como a tilápia, nessa forma de apresentação, gera resíduos que representam entre 50 e 70% da matéria-prima, significando desperdício de alimentos e caracterizando um impacto ambiental, devido o descarte inadequado dado aos rejeitos. Os resíduos oriundos do beneficiamento da tilápia apresentam potencial para alimentação humana e animal, dentre eles a carne mecanicamente separada (CMS), o surimi e as proteínas recuperadas da água residual de lavagem dos produtos, que podem ser processados e destinados à elaboração de coprodutos com valor agregado. No processo industrial de produção do surimi, a CMS é lavada no intuito da remoção de proteínas sarcoplasmáticas e impurezas como lipídios e sangue, e esse teor proteico pode ser recuperado e reaproveitado. Neste contexto, a recuperação, reciclagem e o reaproveitamento dos resíduos gerados durante o beneficiamento de tilápia pode ser utilizado para desenvolvimento de diversos produtos, em que a indústria de alimentos tem como desafio a produção de alimentos processados com valor nutricional adicional, que possua propriedades acessíveis e boa característica sensorial, e a utilização de resíduos de peixes, além de aplicar o conceito de sustentabilidade na produção, é uma opção para reduzir os custos, com elaboração de novos produtos, e conseqüentemente reduzir os resíduos orgânicos lançados ao meio ambiente. Por esse cenário, objetivou-se avaliar se os resíduos da filetagem e proteínas solúveis recuperadas da água residual do preparo de surimi de tilápia são viáveis para a elaboração de coprodutos alimentares. As carcaças de tilápia foram adquiridas em estabelecimentos beneficiadores de peixe na cidade de Teresina/PI, e a partir disso, através do uso de despoldadeira de peixe, foi obtida a CMS, cuja posterior lavagem foi realizada para obtenção do surimi e coleta da água residual, para a recuperação de proteínas desse conteúdo. A recuperação foi realizada utilizando a adição de ácidos orgânicos (acético, ascórbico, cítrico e tartárico), em quatro concentrações (25, 50, 75 e 100 g/100 mL) e tratamento térmico à 92°C. Foram avaliados os parâmetros: pH, rendimento e teor de proteínas, para a determinação do método mais eficiente na recuperação proteica, em que todos os ácidos testados apresentaram eficiência nessa recuperação, mesmo nas concentrações mais baixas. O precipitado proteico recuperado seguiu para a aplicação de métodos de conservação de alimentos (liofilização, desidratação solar e secagem em estufa com circulação forçada de ar), que mantiveram a qualidade e estabilidade do produto, que possibilitou a viabilidade da elaboração de coprodutos, através do produto tipo “*snack*”, com base nos resíduos primariamente recuperados das carcaças de peixes (CMS e surimi), enriquecido com proteínas recuperadas da água residual, que apresentou características microbiológicas e físico-químicas adequadas para consumo.

Palavras-chave: Ácido tartárico; precipitado proteico; reaproveitamento; *snacks*; sustentabilidade; termofotovoltaica.

PREPARATION OF CO-PRODUCTS FROM FILLET WASTE AND WASTEWATER FROM PREPARING TILAPIA SURIMI

ABSTRACT

Tilapia is one of the main fish species produced in global aquaculture, and Brazilian tilapia farming stands out among the largest global producers. In Brazil, fish are consumed mainly in natura, in the form of fillets, while the processing of species such as tilapia, in this form of presentation, generates waste that represents between 50 and 70% of the raw material, meaning food waste and characterizing an environmental impact, due to the inadequate disposal of the rejects. The waste from the processing of tilapia has potential for human and animal consumption, among them mechanically separated meat (MDM), surimi and the proteins recovered from the wastewater from washing the products, which can be processed and destined to the elaboration of co-products with added value. In the industrial process of surimi production, the MDM is washed in order to remove sarcoplasmic proteins and impurities such as lipids and blood, and this protein content can be recovered and reused. In this context, the recovery, recycling and reuse of waste generated during tilapia processing can be used to develop several products, in which the food industry faces the challenge of producing processed foods with additional nutritional value, which have accessible properties and good sensory characteristics. The use of fish waste, in addition to applying the concept of sustainability in production, is an option to reduce costs, with the development of new products, and consequently reduce organic waste released into the environment. In this scenario, the objective of this study was to evaluate whether the filleting waste and soluble proteins recovered from the wastewater of the preparation of tilapia surimi are viable for the development of food by-products. The tilapia carcasses were purchased from fish processing establishments in the city of Teresina/PI, and from this, through the use of a fish pulper, the CMS was obtained, which was subsequently washed to obtain the surimi and collected the wastewater, to recover proteins from this content. The recovery was performed using the addition of organic acids (acetic, ascorbic, citric and tartaric) in four concentrations (25, 50, 75 and 100 g/100 mL) and heat treatment at 92°C. The parameters: pH, yield and protein content were evaluated to determine the most efficient method for protein recovery, in which all acids tested showed efficiency in this recovery, even at the lowest concentrations. The recovered protein precipitate was then subjected to food preservation methods (lyophilization, solar dehydration and oven drying with forced air circulation), which maintained the quality and stability of the product, which enabled the viability of developing co-products, through the “snack” type product, based on the residues primarily recovered from fish carcasses (CMS and surimi), enriched with proteins recovered from wastewater, which presented microbiological and physicochemical characteristics suitable for consumption.

Keywords: Tartaric acid; protein precipitate; reuse; snacks; sustainability; thermophotovoltaics.

1 INTRODUÇÃO

A tilápia (*Oreochromis* sp.) é uma das principais espécies produzidas na aquicultura mundial, da qual foram produzidas cerca de 6,3 milhões de toneladas em 2022, e 6,8 milhões de toneladas em 2023. A tilapicultura brasileira produziu 550.060 toneladas em 2022 e 579.080 em 2023, caracterizando um aumento de 5,0% e conquistando a quarta posição global entre os países produtores, representando 8,4% da produção mundial e 65,3% do total de espécies de peixes produzidas no país em 2023 (Brasil, 2023; Brasil, 2024).

Esse gênero destaca-se como mais o consumido mundialmente, sendo produzida em diferentes condições em mais de 130 países (Cano-Lozano *et al.*, 2022), enfatizando que no Brasil seu consumo cresceu 93% na última década, enquanto o crescimento do consumo geral de peixes de cultivo foi de 53,2% no mesmo período (Brasil, 2024). Essa preferência ocorre devido ao elevado ganho zootécnico e a capacidade de adaptação em diversas condições ambientais. O filé de tilápia tem boa aceitação pelos consumidores devido ao sabor suave, a musculatura branca com textura firme sem espinhas em forma de “y” (Brum; Augusto, 2015; Pinto *et al.*, 2017).

No Brasil, os peixes *in natura* são consumidos preferencialmente em forma de filé (Pedrosa Filho *et al.*, 2020). Conforme a técnica de filetagem da tilápia podem ser gerados entre 50 e 70% de resíduos comestíveis, caracterizando um acentuado desperdício de alimentos (Pinto *et al.*, 2017; Magalhães *et al.*, 2019; Reis *et al.*, 2023). Outro ponto de desperdício, pode ocorrer pelos efluentes das água residual durante a filetagem da tilápia e seus coprodutos, que podem carrear teores de compostos nitrogenados e proteínas totais acima de 2,0%, caracterizando um impacto ambiental (Martín-Sánchez *et al.*, 2009; Xiangming *et al.*, 2015).

Neste contexto, a recuperação, reciclagem e o reaproveitamento dos resíduos gerados durante o beneficiamento de pescado podem ser utilizados para desenvolvimento de diversos produtos, em que a indústria tem como desafio a produção de alimentos processados com valor nutricional adicional, além disso, esses produtos devem ser de fácil acesso para a população tendo boa característica sensorial. A utilização de resíduos de peixes, além de aplicar o conceito de sustentabilidade na produção, é uma opção para reduzir os custos operacionais e conseqüentemente, reduzir o lançamentos de resíduos orgânicos no meio ambiente (Rebouças *et al.*, 2012; Magalhães *et al.*, 2019).

Os resíduos oriundos do beneficiamento da tilápia podem ser matéria-prima para elaboração de coprodutos com valor agregado, dentre elas a carne mecanicamente separada (CMS) e o surimi. O reaproveitamento e utilização desses resíduos pode reduzir problemas atribuídos à deficiência de proteína de elevado valor nutricional, diminuir impactos negativos da atividade industrial ao meio ambiente e apresentar possíveis proveitos a geração de lucros por conta de seu viés econômico na elaboração e comercialização de novos produtos (Aguilar; Limberger; Silveira, 2014; Elizondo-Garza, Serna-Saldivar; Chuck-Hernández, 2017; Pinto *et al.*, 2017; Bacelar *et al.*, 2021).

Visando potencializar a utilização de coprodutos oriundos do reaproveitamento de resíduos de peixes gerados durante o beneficiamento, pode-se aplicar a implementação de métodos eficientes de preservação de aditivos e suplementos alimentares, como a liofilização, a desidratação e a secagem de materiais, que buscam manter a estabilidade dos produtos, visto que os processos de produção de alimentos podem alterar significativamente suas características (Nascimento *et al.*, 2015; Rodrigues *et al.*, 2021; Costa *et al.*, 2023).

Portanto, objetivou-se com esse trabalho avaliar se os resíduos da filetagem e proteínas solúveis recuperadas da água residual do preparo de surimi de tilápia (*Oreochromis* sp.) são viáveis para a elaboração de coprodutos alimentares.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Tilápia (*Oreochromis* sp.)

A aquicultura refere-se à produção de organismos aquáticos em cativeiros e é adotada como uma prática de longa data, tendo se estabelecido como uma atividade de destaque no setor primário da economia, destacando-se no crescimento de produção em relação a outros ramos da produção animal, como de aves, suínos e bovinos (Romanzini; Costa, 2023).

A tilápia é uma espécie de peixe onívoro e está entre as mais importantes dentre os peixes criados em água na aquicultura mundial, que consegue adaptar-se a condições rústicas de criação extensiva, sem a utilização de tecnologias, assim como a sistemas de criação em tanques com oferta completa de ração e aplicação tecnológica avançada, caracterizando-se como um animal bastante versátil em sua produção (Ruiz *et al.*, 2020; Cano-Lozano *et al.*, 2022; Romanzini; Costa, 2023).

Originária dos rios e lagos africanos e do Oriente Médio, a tilápia foi introduzida no Brasil na década de 1960, inicialmente em açudes no Nordeste, e desde então se disseminou

por todo o país (Souza; Santana; Gargantini, 2021). Esta espécie de peixe apresenta diversas vantagens em sua criação, como a capacidade de adaptação a diversos sistemas de produção, receptividade por uma ampla variedade de alimentos, rápido crescimento e reprodução, rusticidade e ótima resistência a doenças, que permite o super povoamento, a adaptação sob baixos níveis de oxigênio dissolvido e altas concentrações de amônia; além de tolerar um alto limite de temperatura e conseguir sobreviver a altas concentrações de salinidade (Alves, 2019; Reis *et al.*, 2023; Romanzini; Costa, 2023).

As características organolépticas da tilápia também favorecem a sua popularidade, por conta da aceitação sensorial pela musculatura de carne de cor branca e de alta qualidade, textura firme, sabor delicado e ausência de espinhas em “y”, em que sua comercialização é realizada principalmente na forma de filé, abrangendo tanto o mercado nacional, quanto o internacional. (Alves, 2019; Reis *et al.*, 2023).

2.2 Resíduos de pescado

Resíduo de pescado é um termo referente aos subprodutos e remanescentes de valor comercial relativamente baixo, resultantes do processamento de espécies aquáticas e o seu descarte acarreta danos ao meio ambiente quando feito de forma inadequada. Em relação aos peixes, o material residual é constituído por sobras obtidas do processamento de filés ou outros cortes que resultam em remanescentes como: carne, cabeça, pele, ossos, escamas e vísceras (Rebouças *et al.* 2012; Bacelar *et al.*, 2021).

O beneficiamento da tilápia na forma de apresentação de filés gera resíduos que atingem até 70% da matéria-prima, visto o rendimento pode variar, mas raramente atingindo 40%, enquanto o restante é considerado um produto de baixo valor comercial, sendo subutilizado ou descartado tanto por estabelecimentos comercializadores, quanto pelas indústrias de processamento de filé, caracterizando um desperdício significativo de recursos e um elevado impacto ambiental (Chamalaiah *et al.*, 2012; Pinto *et al.*, 2017; Ferreira *et al.*, 2020; Bacelar *et al.*, 2021).

Indústrias beneficiadoras de pescados e mercados públicos que comercializam produtos *in natura* são considerados importantes geradores de resíduos, produzidos principalmente pela filetagem e lavagem dos peixes, que representam uma problemática em relação ao destino dado a esses materiais (Leite *et al.*, 2016; Guimarães *et al.*, 2018; Bacelar; Muratori, 2020). Resíduos sólidos e líquidos quando direcionados inadaquadamente ao meio ambiente podem ocasionar danos ao ecossistema ao qual são lançados, alterando condições da

água, do ar e do solo, pelo desbalanceamento da concentração de oxigênio, além de representarem fontes de disseminação de pragas urbanas (Lima, 2013; Bacelar *et al.*, 2023).

Os resíduos gerados apresentam potencial para alimentação humana e animal, e podem ser processados para a obtenção de matéria-prima destinada à elaboração de coprodutos com valor agregado, dentre eles a carne mecanicamente separada (CMS) obtida a partir da remoção da musculatura aderida à carcaça após a retirada do filé, que podem ser utilizadas para a produção de embutidos e reestruturados de pescado (Pires *et al.*, 2014; Pinto *et al.*, 2017; Bacelar *et al.*, 2021), assim como o surimi, utilizado como matéria prima na elaboração de derivados, que entretanto durante sua produção são descartados resíduos líquidos diretamente ao meio ambiente, que alteram os teores de nitrogênio e demanda química de oxigênio no solo, prejudicando a vida aquática e terrestre aonde são descartados (Fogaça *et al.*, 2015; Bacelar; Muratori, 2020).

O reaproveitamento de resíduos comestíveis da filetagem reduz desperdícios e contaminação ambiental (Magalhães *et al.*, 2019). Também pode proporcionar lucros adicionais pela possibilidade do desenvolvimento e comercialização de produtos com qualidade nutricional, além de favorecer novas oportunidades de emprego e desenvolvimento sustentável (Pires *et al.*, 2014; Bernadino Filho; Xavier, 2019; Bacelar *et al.*, 2023).

2.3 Carne mecanicamente separada (CMS)

Considera-se como carne mecanicamente separada (CMS) de pescado como “ produto congelado obtido de pescado, envolvendo o descabeçamento, a evisceração, a limpeza destes e a separação mecânica da carne das demais estruturas inerentes à espécie, como espinhas, ossos e pele” (Brasil, 2020). A CMS pode ser obtida a partir de aparas de espinhas de peixe com a utilização de equipamentos para despulpamento, obtendo-se partículas musculares livres de ossos, vísceras, escamas e pele, resultando em rendimentos superiores à filetagem manual (Bernardino Filho; Xavier, 2019; Bacelar *et al.*, 2023). Pode servir como matéria prima para o desenvolvimento de outros coprodutos, como o surimi, apresentando alto valor nutricional, contendo significativos teores proteicos e lipídicos, e o seu aproveitamento é importante na redução de desperdícios, custos de produção e poluição ambiental (Bucker *et al.*, 2020; Bacelar *et al.*, 2023).

A elaboração de alimentos à base de resíduos ou coprodutos de peixe também representa uma alternativa para o aumento do consumo de pescado, visto que esse alimento nutritivo e saudável, pode ser oferecido para elaboração de novos produtos, dessa forma

contribuirá para a redução de problemas nutricionais devido a carência de proteínas em dietas alimentares humanas e animais (Pires *et al.*, 2014).

2.4 Surimi e água residual

O surimi é definido como o produto congelado obtido a partir de carne mecanicamente separada de peixe, submetida a lavagens sucessivas, drenagem e refino, com adição de aditivos crioprotetores (Brasil, 2020), em que as proteínas miofibrilares concentradas são a base do surimi e desempenham importante papel na manutenção das propriedades texturais e físico-químicas (Bourtoom *et al.*, 2009; Stine *et al.*, 2012; Kong *et al.*, 2016; Sun *et al.*, 2017).

Para preparo do surimi, a CMS é submetida a sucessivas lavagens, para remoção de proteínas solúveis, gordura, pigmentos e compostos nitrogenados não proteicos. Essa operação visa melhorar a cor e reduzir sabor e o odor característicos do peixe. Na sequência, essa massa que logo após é congelada com a adição de crioprotetores (Stine *et al.* 2012; Park *et al.* 2016), assim a tecnologia de processamento do surimi é uma maneira de agregar valor à CMS do processamento de peixes, aumentando sua vida útil e oferecendo à indústria maior flexibilidade na elaboração de produtos derivados (Fogaça *et al.*, 2015).

A composição proteica do surimi é baseada nas proteínas musculares, divididas em três grupamentos: miofibrilares, que são as principais responsáveis pela formação dos géis de surimi; sarcoplasmáticas, representadas por proteínas com grande solubilidade em água; e estromais, cujo representam a menor parcela dentre as proteínas musculares (Ogawa; Maia, 1999; Kong *et al.*, 2016; Sun *et al.*, 2017; Warren *et al.*, 2018).

O processo de preparação do surimi utiliza quantidades elevadas de água, com a CMS passando em média por três ciclos de lavagem, em que o volume de água utilizado e o número de lavagens realizadas são determinantes para viabilizar a capacidade máxima de formação de gel do surimi e inibir a desnaturação proteica durante o congelamento (Mello *et al.*, 2010). Todavia, esse processo resulta em grandes volumes de águas residuais ricas em matéria orgânica, e o descarte inadequado dessas águas residuais no ambiente pode causar desequilíbrios, afetando ecossistemas e o ciclo biogeoquímico de várias espécies (Yeong *et al.*, 2002; García *et al.*, 2009).

As indústrias de processamento de surimi enviam os resíduos sólidos para conversão em produtos como farinha de peixe, alimentos para animais, hidrolisados e fertilizantes. Entretanto, os elevados níveis de água residual são lançados ao meio ambiente por via direta

ou usados na pulverização de campos agro cultivados (Dewitt; Morrissey, 2002). Por essa problemática, crescem as preocupações em relação aos impactos negativos da descarga direta de águas residuais no meio ambiente e busca-se abordagens sustentáveis para sua utilização, desenvolvendo alternativas para o tratamento e/ou aproveitamento da água utilizada, como a recuperação de compostos de alto valor agregado, entre eles as proteínas (Martin-Sanchez *et al.*, 2009; Stine *et al.* 2012).

2.5 Recuperação de proteínas da água residual

A tilápia, na forma de apresentação de filé, possui um teor de proteínas em torno de 10,7 a 17,74% (Dallabona *et al.*, 2013; Bernadino Filho; Xavier, 2019), enquanto a CMS de tilápia apresenta valores proteicos que variam entre 14,9 a 16,1% (Bacelar *et al.*, 2023), e o surimi na faixa de 14,81% (Fogaça *et al.*, 2015).

A composição proteica da tilápia, bem como de sua CMS e surimi é composta principalmente por proteínas musculares, com excelente qualidade nutricional, contendo todos os aminoácidos essenciais para a alimentação humana e animal e funções tecnológicas empregadas na formulação e preparo de produtos alimentares (Villamil; Váquiro; Solanilla, 2017; Heffernan; Giblin; O'Brien, 2021).

As proteínas musculares dos peixes são denominadas estruturais e são divididas em três grupos, de acordo com a solubilidade em miofibrilares, sarcoplasmáticas e estromais. As proteínas miofibrilares são compostas por miosina, actina, tropomiosina e troponina, que constituem a porção mais significativa das proteínas musculares, e possuem requisitos tecnológicos de interesse em alimentos como proporcionar textura, habilidade de retenção de umidade e capacidade emulsificante de ligação em produtos cárneos (Strasburg *et al.*, 2010; Gomide *et al.*, 2013; Heffernan; Giblin; O'Brien, 2021). São consideradas como proteínas sarcoplasmáticas as enzimas, mioglobinas e proteínas citoplasmáticas, destacam-se por sua solubilidade em água e influenciam na coloração e maturação da carne, contribuindo para o ganho de maciez, por conta da atividade de calpaínas contidas no sarcoplasma (Gomide *et al.*, 2013). As proteínas estromais são representadas por colágeno, elastina e reticulina, abrangem a menor porção da composição proteica muscular, entretanto possuem propriedades de interesse alimentar como capacidade de retenção de água, potencial gelificante e propriedades estabilizantes (Alves; Mancio, 2007; Maximo; Cunha, 2010).

No processo de fabricação de surimi, a CMS é repetidamente lavada com água refrigerada para remover proteínas sarcoplasmáticas e impurezas como lipídios, sangue e

materiais solúveis em água, produzindo um produto insípido e inodoro. Essa lavagem pode ocasionar um decréscimo do conteúdo proteico, podendo chegar a elevadas reduções, atingindo valores acima de 12%, e aproximadamente 40% de sólidos da CMS, contendo principalmente proteínas solúveis em água, são perdidos durante esse processo, gerando um produto residual de potencial recuperação (Bourtoom *et al.*, 2009; Stine *et al.*, 2012).

A água residual de processamento do surimi contém entre 0,5 e 2,3% de proteínas totais (Morrissey; Park; Huang, 2000; Velazquez *et al.*, 2007; Xiangming *et al.*, 2015). Devido ao seu valor nutricional, a recuperação desse teor proteico para aplicações como o desenvolvimento de produtos alimentares representa uma oportunidade econômica, visto que a recuperação de proteínas solúveis em água é necessária para reduzir seu impacto ambiental negativo decorrente da alta demanda bioquímica de oxigênio, além dos custos com a destinação e tratamento desse resíduo, havendo a possibilidade de formulações de produtos com destacado teor proteico, destinados a animais com alta exigência desse nutriente, como caninos e felinos (Bourtoom *et al.*, 2009; Elizondo-Garza, Serna-Saldivar; Chuck-Hernández, 2017).

Diante da necessidade da recuperação das proteínas da água residual do surimi, vários métodos de recuperação são propostos, como a filtração por membrana e ultrafiltração, recuperação por complexo de quitosana-alginato e tratamento térmico ôhmico, que são métodos eficientes, todavia de custos elevados para a aplicação (Kanjapongku, *et al.*, 2008; Stine *et al.*, 2012; Xiangming *et al.*, 2015).

Por conta dessa limitação, métodos com custos mais reduzidos, mediante a utilização de ácidos orgânicos, variação de pH e tratamento pelo calor são sugeridos, induzindo uma desnaturação parcial das proteínas, resultando na sua precipitação, proporcionando melhor separação de lipídios e concentração proteica (Bourtoom *et al.*, 2009; Elizondo-Garza, Serna-Saldivar; Chuck-Hernández, 2017; Warren *et al.*, 2018).

A mudança de pH e força iônica proporcionadas pela aplicação de ácidos orgânicos e pela temperatura podem gerar alterações estruturais nas proteínas, melhorando as suas propriedades funcionais, visto que a adição de ácido favorece redução do pH e alteração da força iônica em produtos reestruturados, auxiliando na dissolução e desnaturação de proteínas (Lopez-Henriquez *et al.*, 2015; Gu *et al.*, 2020).

As proteínas recuperadas da água de lavagem pelos métodos de acidificação orgânicos podem ser seguras para consumo humano, possuem cor clara e preservam principalmente

propriedades funcionais desejáveis para desenvolvimento de produtos como: emulsificantes, espessantes, espumantes, geleificantes, estruturantes e nutritivos. Somando-se a isso o tratamento de águas residuais do surimi com ácidos orgânicos ocasiona uma melhoria da saúde ambiental, uma vez que proporciona a redução do conteúdo sólido, do teor de nitrogênio e demanda química de O₂ em comparação com a água residual sem tratamento (Azadian; Moosavi-Nasab; Abedi, 2012; Tian *et al.*, 2017).

2.6 Métodos de secagem e conservação

A implementação de métodos eficientes de preservação de aditivos e suplementos alimentares buscam manter a estabilidade dos produtos, visto que os processos de produção de alimentos podem alterar significativamente suas características (Nascimento *et al.*, 2015; Andrade *et al.*, 2021; Rodrigues *et al.*, 2021), alinhado ao fato do pescado ser considerado um alimento de extremos, pois, ao mesmo tempo que é caracterizado como um dos mais nutritivos, também está entre os mais perecíveis, necessitando da aplicação de procedimentos de conservação, como a secagem, que tem por finalidade prolongar a vida comercial do alimento, por meio da redução da umidade e da atividade de água, fatores determinantes na deterioração dos produtos (Casarin *et al.*, 2016; Costa *et al.*, 2023), e com isso, aumenta a demanda pela utilização de proteína de peixe seca, para a fortificação e produção de alimentos com valor agregado e funcional (Shaviklo, 2015).

A liofilização é um método de secagem que utiliza a sublimação para mudança de fases, com a remoção de água de um produto em baixas temperaturas, geralmente próximo a -50°C, e apresenta-se como uma alternativa interessante a conservação de alimentos, com propriedades que se aplica diretamente a funcionalidade e manutenção de características nutricionais e tecnológicas de diversos produtos, fazendo com que principalmente os macro e micro nutrientes tenham o mínimo de alterações estruturais, permitindo prolongar o prazo de validade e mantendo significativamente as propriedades físicas e de qualidade do alimento (Andrade *et al.*, 2021; Freitas *et al.*, 2022; Costa *et al.*, 2023; Toxqui *et al.*, 2024).

Diferentes tipos de aparelhos e equipamentos a base de energia solar são utilizados na secagem de produtos, em que a fonte de calor é o aquecimento solar, no qual a absorção da radiação térmica é mediada por um equipamento coberto por vidro e com uma inclinação adequada, visando facilitar o processo da entrada do ar aquecido, em que os secadores de exposição indireta apresentam a vantagem de proteger os alimentos contra a exposição solar

direta, resultando em produtos de melhor qualidade (Rodrigues *et al.*, 2021; Freitas *et al.*, 2022).

A desidratação de produtos pode ser realizada através de circulação forçada de ar, em que a retirada da água do alimento ocorre pela transferência de calor entre a superfície dos produtos, das bandejas aquecidas dentro do equipamento e do ar, com a distribuição da temperatura no interior da estufa sendo mais uniforme, e a renovação do ar possibilitando a remoção da água evaporada, mantendo a umidade relativa em níveis baixos no interior da estufa de secagem e acelerando o processo, possibilitando a utilização de temperaturas mais baixas (Celestino, 2010; Freitas *et al.*, 2022). Contudo, o uso de fontes renováveis não poluentes para gerar energia tornou-se uma alternativa ecologicamente viável para este processo, especialmente em regiões de condições ambientais favoráveis (Rebouças *et al.*, 2012; Nascimento *et al.*, 2015; Rodrigues *et al.*, 2021; Gomes; Resende; Sousa, 2022).

2.7 Produto tipo “snack” de pescado

A aplicação de processos tecnológicos que consolidem a elaboração de produtos com valor agregado, melhorando a eficiência do processo de reaproveitamento de resíduos é fundamental, buscando ao máximo aproveitar a matéria-prima em toda sua extensão e recuperar os subprodutos, evitando a formação e lançamento de resíduos ao meio ambiente, em que os coprodutos recuperados como a CMS e o surimi constituem uma alternativa interessante para suplementação nutricional e agregação de valor a alguns produtos como massas, biscoitos e snacks (Magalhães *et al.*, 2019; Pinheiro *et al.*, 2021).

Os produtos tipo “snack” são caracterizados como aperitivos de alimentação rápida, prontos para o consumo, a base de uma mistura de amido (mandioca, batata, milho, arroz, tapioca, trigo, aveia, sagu ou feijão), carne moída de pescado e água, em que o amido e a água são matérias primas essenciais na elaboração deste tipo de produto, devendo ser produzidos a partir de matéria prima segura, isenta de matéria terrosa, parasitos e estar em perfeito estado de conservação (Yu, 1993; Tancredi *et al.*, 2011; Maroli *et al.*, 2022).

Com o avanço tecnológico da aquicultura, diversos tipos de pescado podem ser adicionados na massa para produzir diferentes tipos de “snacks”, e muitas espécies de peixes de água doce, como a tilápia, são utilizadas nessa elaboração, em que no mercado diversos tipos e formulações são utilizadas, variando a relação entre o amido e a carne, de acordo com o objetivo de redução ou potencialização dos teores de carboidratos, lipídios e proteínas, e o uso de CMS, surimi e outros coprodutos recuperados de tilápia na preparação de *snacks*,

responde à demanda por melhoria do valor nutricional desses produtos (Dzung, 2007; Magalhães *et al.*, 2019; Pinheiro *et al.*, 2021).

3 METODOLOGIA

3.1 Obtenção da matéria prima para produção de CMS

As carcaças de tilápia foram adquiridas a partir do processo de filetagem realizado no Mercado de Peixes de Teresina, Piauí, Brasil (05°05'21"S; 42°48'05"W), escolhido devido à importância para comercialização, filetagem e distribuição de pescado para os municípios piauienses e outros estados. No local, os comerciantes filetam os peixes para o direcionamento a estabelecimentos comercializadores de alimentos ou consumidores, que não se interessam pelos resíduos resultantes, dentre eles as carcaças. As amostras foram coletadas do boxe de maior expressão de venda diária e imediatamente armazenadas em caixa isotérmica contendo material reciclável e transportadas para o Núcleo de Estudos e Pesquisa e Processamento de Alimentos (NUEPPA), Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal do Piauí (UFPI).

3.2 Produção de CMS

Após a chegada das carcaças ao Setor de Pescado do NUEPPA foi realizada a toaleta para remoção dos órgãos e dos vasos sanguíneos residuais, seguida de lavagem em água corrente e posterior imersão em água hipoclorada com 5,0 ppm de cloro residual livre por 10 minutos. Posteriormente, as carcaças foram pesadas e processadas em despulpadora de peixes compacta SPx100, desenvolvida no NUEPPA, para obtenção da CMS (Bacelar *et al.*, 2023).

Posteriormente a obtenção, a CMS foi envasada em embalagens plásticas a vácuo (seladora à vácuo ORVED BROCK) e armazenadas em *freezer* doméstico (-18°C) para posterior preparo do surimi.

3.3 Preparo do surimi

Após descongelamento por 12 horas em refrigerador doméstico ($\pm 4,0$ °C), a CMS foi direcionada para o preparo do surimi, sendo fracionada em porções com 300 g, em que cada porção foi submetida a três ciclos de lavagem com água destilada à 10°C, na seguinte proporção: 300 g de CMS e 900 mL de água destilada (1:3 p/v), adicionada de bicarbonato de sódio (NaHCO₃) no primeiro ciclo e cloreto de sódio (NaCl), no segundo e terceiro ciclo (Mello *et al.*, 2010).

litros e medida (200x180x700 cm), construída em chapa e composta por oito prateleiras em inox, totalizando uma área útil de cerca de 3,0 m². O dispositivo não requer eletricidade ou gás para funcionar e funciona sob condições de céu claro a parcialmente nublado. A operação apresentou faixa de temperatura que variou de 40 a 80 °C, em que a pressão forçada a ventilação foi controlada com um sistema de controle de fluxo analógico por um potenciômetro (Rodrigues *et al.*, 2021). As amostras foram colocadas no desidratador solar por 24 horas e após esse período foram maceradas em gral, até a obtenção de um pó visualmente uniforme, posteriormente transferido para frascos de vidro com tampa, esterilizados e hermeticamente vedados com Parafilm®.

Após os procedimentos de conservação utilizados, foram quantificados o rendimento, o teor de proteínas, a umidade e a atividade de água dos produtos oriundos dos métodos de secagem empregados, armazenados em temperaturas de refrigeração ($\pm 4,0$ °C) e ambiente laboratorial (± 18 a 35°C), no momento da estocagem e após 30 dias de armazenamento.

3.5.1 Verificação do rendimento

Realizado de acordo com a verificação do rendimento da etapa de Recuperação de proteínas a partir a água residual de preparo do surimi, no item 3.4.2.

3.5.2 Determinação de proteínas

Realizado de acordo com a determinação do teor proteico da etapa de Recuperação de proteínas a partir a água residual de preparo do surimi, no item 3.4.3.

3.5.3 Determinação de umidade

O teor de umidade foi determinado pela perda de peso sofrida pelas amostras após aquecimento (AOAC, 2010). Primeiramente foram colocados cadinhos de porcelana em estufa a 105, 0 °C por uma hora. Após o tempo determinado, os cadinhos foram retirados com auxílio de pinça de metal e colocados em dessecador para resfriar por 30 minutos. Após o período, os cadinhos foram retirados do dessecador com auxílio de pinça de metal, pesados em balança analítica e anotados seus pesos. Em seguida, pesou-se 2,0 g das amostras de precipitado proteico seco, nos cadinhos. Levou-se os cadinhos contendo as amostras para a estufa, à 105°C, com auxílio da pinça, e deixou por três horas. Posteriormente, transferiram-se os cadinhos para o dessecador para resfriar novamente por 30 minutos, e após o período, os

nas preparações, sendo realizadas as seguintes análises: contagem de *Escherichia coli*, *Bacillus cereus*, estafilococos coagulase positiva, bactérias heterotróficas mesófilas, fungos filamentosos e leveduriformes e pesquisa de *Salmonella* spp. (Silva *et al.*, 2010).

3.6.1.1 Preparo das amostras

No laboratório, das amostras analisadas foram transferidas assepticamente porções de 25g, para frascos com 225 mL de água peptonada a 0,1%, formando a diluição inicial (10^{-1}), e a partir desta, serão preparadas diluições decimais seriadas até 10^{-3} .

3.6.1.2 Contagem de *Escherichia coli*

Primeiramente foi realizada a enumeração de coliformes termotolerantes, utilizando o método dos tubos múltiplos. De cada amostra, foram transferidas alíquotas de 1,0 mL das diluições previamente preparadas para tubos contendo 10 mL de caldo Lauril Sulfato Triptose, que foram incubados em estufa bacteriológica a 37°C, por 48 horas. Dos tubos positivos, foram repicados com alça de platina para tubos contendo 10 mL de caldo *Escherichia coli* (EC) e incubados em banho maria a 45°C, por 24 horas.

A partir dos tubos positivos, foi realizado o plaqueamento em ágar Eosina Azul de Metileno (EMB), com incubação em estufa bacteriológica a 37°C, por 24 horas. As colônias características de *E. coli* foram testadas bioquimicamente pelos testes de Indol, Vermelho de Metila, Voges Proskauer e Citrato (IMViC), e incubadas em estufa bacteriológica a 37°C, por 24 horas. Foram consideradas como *Escherichia coli* os resultados para o IMViC +++- ou -+-. Os resultados foram expressos em número mais provável de colônias por grama em logaritmos de base 10 (UFC/g em log 10).

3.6.1.3 Contagem de *Bacillus cereus*

Para a análise de contagem de *Bacillus cereus*, foi utilizado o método de contagem direta em placas, em que a partir das diluições previamente preparadas, foi feita a inoculação em duplicata, de alíquotas de 0,1 mL por placa de Petri, na superfície do meio de cultivo Mannitol Egg Yolk (MYP) Agar, que foram incubadas em estufa bacteriológica à 37°C, por 48 horas. Logo após foi realizada a contagem de colônias típicas e os resultados foram expressos em unidades formadoras de colônias por grama em logaritmos de base 10 (UFC/g em log 10).

3.6.1.4 Contagem de estafilococos coagulase positiva

Para a análise de contagem de estafilococos coagulase positiva, foi utilizado o método de contagem direta em placas, em que a partir das diluições previamente preparadas, foi feita a inoculação em duplicata, de alíquotas de 0,1 mL por placa de Petri, na superfície do meio de cultivo Baird Parker (BP), que foram incubadas em estufa bacteriológica à 37°C, por 48 horas. Logo após foi realizada a contagem de colônias típicas e os resultados foram expressos em unidades formadoras de colônias por grama em logaritmos de base 10 (UFC/g em log 10).

3.6.1.5 Contagem de bactérias heterotróficas mesófilas

Para as análises de contagem de bactérias heterotróficas mesófilas, foi utilizado o método de contagem direta em placas, em que a partir das diluições previamente preparadas, foi feita a inoculação em duplicata, de alíquotas de 1,0 mL em placas de Petri esterilizadas, logo após acrescentada do meio de cultivo Plate Count Agar (PCA). Após a solidificação do ágar, as placas foram incubadas em estufa bacteriológica à 37°C, por 48 horas. Os resultados foram expressos em unidades formadoras de colônias por grama em logaritmos de base 10 (UFC/g em log 10).

3.6.1.6 Contagem de fungos filamentosos e leveduriformes

Para a análise de contagem de fungos filamentosos e leveduriformes, foi utilizado o método de contagem direta em placas, em que a partir das diluições previamente preparadas, foi feita a inoculação em duplicata, de alíquotas de 0,1mL por placa de Petri, na superfície do meio de cultivo Potato Dextrose Agar (PDA), que foram incubadas em estufa a 25°C, por sete dias. Logo após foi realizada a contagem de colônias típicas e os resultados foram expressos em unidades formadoras de colônias por grama em logaritmos de base 10 (UFC/g em log 10).

3.6.2 Análises físico-químicas

Foram realizadas no Laboratório de Controle Físico-Químico de Alimentos do NUEPPA as análises dos coprodutos elaborados, sendo realizadas as seguintes análises: determinação de umidade, cinzas, lipídios, proteínas, carboidratos, valor calórico, acidez titulável, pH e atividade de água (AOAC, 2010).

3.6.2.1 Determinação de umidade

Realizado de acordo com a determinação da umidade da etapa de Secagem e conservação do precipitado proteico obtido da água residual de preparo do surimi, no item 3.5.3.

3.6.2.2 Determinação de cinzas

A determinação das cinzas foi realizada pelo método de incineração, em triplicata. Foram transferidos 3,0 g da amostra para cadinhos de porcelana previamente pesados em balança analítica (Eduotec). Posteriormente as amostras foram carbonizadas e depois incineradas em forno mufla (GP Científica) à 550°C, por quatro horas. Ao final do tempo as amostras foram resfriadas em dessecador por 30 minutos e em seguida pesadas para posterior realização dos cálculos, de acordo com a seguinte fórmula:

$$\text{Cinzas (\%)} = (\text{PF} / \text{PI}) \times 100$$

Onde:

PI = Peso inicial da amostra

PF = Peso final da amostra após mufla

3.6.2.3 Determinação de lipídios

O teor de lipídios presente nas amostras foi determinado pelo método de Bligh & Dyer. Em uma solução de clorofórmio/metanol/água (10:20:8) foram diluídos 3,0 g da amostra. A mistura foi agitada a 100xg por 30 minutos, em mesa agitadora (Solab®), e em seguida foram adicionados 10,0 mL de clorofórmio e de sulfato de sódio 1,5%, e realizada nova agitação por dois minutos.

As fases formadas após a agitação foram separadas por centrifugação à 500xg por dois minutos, em centrífuga. Foi transferido 15 mL da fase inferior (clorofórmio), para um frasco tipo béquer de 50,0 mL e misturado à 1,0 g de sulfato de sódio, a fim de remover traços de água. A mistura foi filtrada com uso de papel de filtro, obtendo assim a solução clorofórmica. Dessa última solução, foram transferidos 5,0 mL para béqueres de 50,0 mL previamente pesados, e colocados em estufa a 80°C, por 30 minutos. Ao final do tempo determinado as amostras foram acomodadas em dessecador para resfriamento, por 30 minutos, e em seguida pesadas para a obtenção dos resultados, conforme a seguinte fórmula:

$$\text{Lipídios (\%)} = (\text{PF} \times 4 / \text{PI}) \times 100$$

Onde:

PF = Peso dos lipídios (g) contidos em 5 mL

PI = Peso inicial da amostra

3.6.2.4 Determinação de proteínas

Realizado de acordo com a determinação do teor proteico da etapa de Recuperação de proteínas a partir a água residual de preparo do surimi, no item 3.4.3.

3.6.2.5 Determinação de carboidratos e valor calórico

A determinação de carboidratos foi calculada por diferença, utilizando-se os índices obtidos pela análise de umidade, cinzas, proteínas e lipídios, enquanto que para a determinação do valor calórico foram utilizados os valores de proteínas, lipídios e carboidratos, multiplicados por nove, quatro e nove, respectivamente.

3.6.2.6 Determinação de acidez titulável

Para determinação da acidez foi utilizado o método de titulação com solução padrão de hidróxido de sódio à 0,1 M. Inicialmente foi pesado 5,0 g da amostra em um frasco tipo béquer, e em seguida adicionado 50,0 mL de água destilada. Foram adicionadas três gotas de fenolftaleína à 1,0% e depois a solução foi titulada com hidróxido de sódio 0,1 M, por gotejamento, até o ponto de viragem para a cor rósea. O valor de solução de NaOH 0,1 M gasto na titulação foi anotado e aplicado na seguinte fórmula para obtenção dos resultados:

$$\text{Acidez (\%)} = V \times f \times 100 / P \times c$$

Onde:

V = volume em mL de NaOH gasto na titulação

f = fator da solução de NaOH

P = peso da amostra

c = correção da solução de NaOH (NaOH 0,1 M= 10)

3.6.2.7 Determinação do pH

Para determinação do pH foi utilizado um pHmetro de bancada (KASVI, modelo K39-2014B), previamente calibrado. A solução amostral foi preparada pesando-se 5,0 g da amostra em um frasco tipo béquer e em seguida adicionados 50,0 mL de água destilada e

posteriormente homogeneizado. Fez-se a inserção do eletrodo na solução e após a estabilização do valor foi procedido a determinação dos resultados pela visualização no painel de leitura.

3.6.2.8 Determinação da atividade de água

Realizado de acordo com a determinação da atividade de água da etapa de Secagem e conservação do precipitado proteico obtido da água residual de preparo do surimi, no item 3.5.4.

3.7 Análise estatística

Para a etapa de recuperação de proteínas a partir a água residual de preparo do surimi foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado com esquema fatorial 4x4, com quatro níveis de ácidos orgânicos (cítrico, tartárico, ascórbico e acético) e quatro níveis de concentrações (25, 50, 75 e 100g/100 mL), com três repetições, adicionados a dois controles (água residual e água residual após tratamento térmico), totalizando 54 amostras, para a avaliação dos parâmetros de determinação de pH, verificação de rendimento e determinação do teor proteico.

Para a etapa de secagem e conservação do precipitado proteico obtido da água residual de preparo do surimi foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado com esquema fatorial 3x2x2, com três níveis de métodos de secagem (liofilização, secagem em estufa com circulação forçada de ar e secagem em desidratador solar termofotovoltaico), dois níveis de formas de estocagem (refrigeração e ambiente) e dois níveis de dias de armazenamento (0 e 30 dias), com três repetições, adicionados a um controle (precipitado proteico pré secagem) totalizando 39 amostras, para a avaliação dos parâmetros de verificação do rendimento e determinação de atividade de água, umidade e teor proteico.

Para a etapa de elaboração de coprodutos alimentares surimi foi utilizado um delineamento inteiramente casualizado com esquema fatorial 4x3, com quatro níveis de resíduos utilizados na preparação (CMS, surimi, CMS + precipitado proteico e surimi + precipitado proteico) e três níveis de dias de armazenamento (0, 30 e 60 dias), com três repetições, totalizando 36 amostras, para a avaliação dos parâmetros microbiológicos e físico-químicos.

Os dados foram expressos como média \pm desvio padrão. A análise de variância (ANOVA) e a correlação linear de Pearson foram realizadas utilizando os procedimentos

PROC GLM e PROC CORR, respectivamente, do *software SAS® OnDemand for Academics*, em que para a comparação de médias na análise de todos os parâmetros foi utilizado o teste de Tukey, e para a correlação de Pearson, considerou-se significativos valores superiores a $R = 0,50$ em módulo, com nível de significância de $p < 0,05$, para todas as análises.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Recuperação de proteínas

A lavagem da CMS durante a produção do surimi pode ocasionar um decréscimo do conteúdo proteico, contendo principalmente proteínas solúveis em água, que são perdidas durante esse processo, gerando um produto residual de potencial recuperação (Stine *et al.*, 2012), em que nesse processo de fabricação são utilizados reagentes alcalinos crioprotetores, que naturalmente elevam o pH dos tecidos musculares (Mello *et al.*, 2010) e, conseqüentemente, da água residual gerada no processo, em que o aquecimento dessa água até 92°C não interfere na redução do pH, que estão descritos na Tabela 2.

Tabela 2. Valores de pH da água residual do preparo de surimi de tilápia submetida à adição de ácidos orgânicos, em diferentes concentrações, e tratamento térmico

Ácido testado	pH					
	(X̄ ± DP)					
	Concentração das soluções com os ácidos (g/100mL)					
	Água Residual (Controle)	Tratamento 92°C (Controle)	Soluções preparadas			
0	0	25	50	75	100	
Acético	8,87 ^{cA} ± 0,02	9,34 ^{cA} ± 0,21	7,35 ^{bA} ± 0,53	6,27 ^{abA} ± 0,10	5,35 ^{aA} ± 0,08	5,08 ^{aA} ± 0,03
Ascórbico	8,87 ^{bA} ± 0,02	9,34 ^{bA} ± 0,21	8,22 ^{abA} ± 0,36	8,05 ^{abB} ± 0,67	7,56 ^{aB} ± 0,55	7,27 ^{aB} ± 0,42
Cítrico	8,87 ^{dA} ± 0,02	9,34 ^{dA} ± 0,21	7,54 ^{cA} ± 0,34	6,74 ^{bcA} ± 0,26	5,56 ^{abA} ± 0,08	5,11 ^{aA} ± 0,09
Tartárico	8,87 ^{dA} ± 0,02	9,34 ^{dA} ± 0,21	7,18 ^{cA} ± 0,58	5,95 ^{bcA} ± 0,85	4,87 ^{abA} ± 0,31	4,57 ^{aA} ± 0,45

^{a,b e A, B} = Médias seguidas de diferentes letras minúsculas na mesma linha e maiúsculas na mesma coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (p<0,05). X̄: média, DP; desvio padrão.

Ácidos orgânicos utilizados para recuperar proteínas solúveis na água residual de preparo do surimi devem favorecer o decréscimo do pH, que também está relacionado ao ácido utilizado e sua concentração, como observado na Tabela 2. O ponto isoelétrico de uma proteína corresponde ao valor de pH em que a molécula se encontra eletricamente neutra, favorecendo a sua precipitação. De um modo geral, em tecidos musculares de peixes, esse ponto das proteínas encontra-se na faixa de pH 5,0 ($\pm 1,0$) (Martins *et al.*, 2009), e em tilápias próximo a 5,5 (Monterrey-Quintero; Sobral, 2000), em que valores fora desse intervalo podem prejudicar a precipitação proteica nas águas residuais do processamento de surimi (Elizondo-Garza, Serna-Saldivar; Chuck-Hernández, 2017). Os tratamentos com o ácido tartárico na concentração 50, 75 e 100g/100 mL, juntamente aos ácidos acético e cítrico, nas concentrações 75 e 100 g/100 mL, resultaram em valores de pH da faixa de ponto isoelétrico (Tabela 2).

De um modo geral, todos os ácidos testados tiveram efeito sobre a redução do pH das águas residuais, porém, o ácido ascórbico apresentou resultado menos eficiente em relação aos demais ($p < 0,05$), mesmo nas concentrações mais elevadas. A estrutura química do ácido ascórbico, constituída apenas por ésteres sem grupamentos carboxilas, é diferente dos demais ácidos testados (Rodrigues; Santos, 2018), e esse fator pode ter prejudicado seu potencial de acidificação.

Ácidos orgânicos e tratamento térmico utilizados para recuperar proteínas solúveis na água residual de preparo do surimi induzem a desnaturação parcial favorecendo a precipitação delas, e conjuntamente ao valor de pH, a temperatura utilizada para a recuperação de proteínas constitui-se em um fator chave para uma eficiente precipitação proteica em águas residuais. Para tanto, a utilização de temperaturas próximas a 90°C favorecem maior precipitação e conseqüentemente, melhor rendimento de recuperação proteica (Elizondo-Garza, Serna-Saldivar; Chuck-Hernández, 2017). Os resultados da verificação de rendimento da recuperação de proteínas da água residual do preparo de surimi de tilápia, submetida à adição de ácidos orgânicos e tratamento térmico, estão representados na Tabela 3.

Tabela 3. Rendimento da recuperação de proteínas da água residual do preparo de surimi de tilápia submetida à adição de ácidos orgânicos, em diferentes concentrações, e tratamento térmico

Ácido testado	Rendimento (%)					
	(X̄ ± DP)					
	Concentração das soluções com os ácidos (g/100mL)					
	Água Residual (Controle)	Tratamento 92°C (Controle)	Soluções preparadas			
0	0	25	50	75	100	
Acético	0,63 ^{dA} ± 0,05	1,73 ^{cA} ± 0,12	2,18 ^{bcA} ± 0,09	2,53 ^{abA} ± 0,15	2,86 ^{aAB} ± 0,10	2,66 ^{abAB} ± 0,19
Ascórbico	0,63 ^{bA} ± 0,05	1,73 ^{aA} ± 0,12	2,08 ^{aA} ± 0,27	2,26 ^{aA} ± 0,34	2,30 ^{aB} ± 0,28	2,39 ^{aB} ± 0,50
Cítrico	0,63 ^{dA} ± 0,05	1,73 ^{cA} ± 0,12	2,23 ^{abcA} ± 0,11	2,14 ^{bcA} ± 0,28	2,43 ^{abB} ± 0,17	2,96 ^{aAB} ± 0,32
Tartárico	0,63 ^{dA} ± 0,05	1,73 ^{cA} ± 0,12	2,32 ^{bcA} ± 0,00	2,81 ^{abA} ± 0,23	3,28 ^{aA} ± 0,01	3,10 ^{aA} ± 0,06
Correlação Rendimento x pH	- 0,8285					

^{a,b e A, B} = Médias seguidas de diferentes letras minúsculas na mesma linha e maiúsculas na mesma coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (p<0,05). Coeficientes de correlação superiores a R = 0,5, em módulo, correlacionam-se pela correlação linear de Pearson. X̄: média, DP; desvio padrão.

A temperatura utilizada no processo da recuperação de proteínas da água residual do preparo de surimi da tilápia do Nilo foi de 92°C, próximo ao valor eficaz recomendado para produções industriais, de 90°C, como apresentado por Elizondo-Garza, Serna-Saldivar; Chuck-Hernández, 2017, que obtiveram os melhores índices de rendimento na recuperação de proteínas da água de lavagem de surimi produzido a partir do peixe bonito listrado utilizando essa faixa de temperatura, em comparação com os tratamentos térmicos a 4 e 25°C. A partir disso, visualiza-se o efeito da aplicação da temperatura na recuperação de proteínas do surimi, em que o tratamento controle, após aquecimento à 92°C, apresentou um rendimento de 1,73%, mesmo sem a adição dos ácidos orgânicos.

Na concentração 50g/100 mL do ácido tartárico, e na concentração 75g/100 mL dos ácidos acético e cítrico, os tratamentos atingiram o pH próximo ao ponto isoelétrico das proteínas solúveis na água residual de surimi (Tabela 2), favorecendo a precipitação proteica, como descrito por Elizondo-Garza, Serna-Saldivar; Chuck-Hernández, 2017, que na recuperação de proteínas da água residual de surimi produzida a partir do peixe bonito listrado, não obtiveram precipitação formada utilizando variações de pH com valores de pH 2,5; 3,5 e 9,5, mas conseguiram os melhores índices no intervalo de pH entre 4,5 e 6,5, próximos ao ponto isoelétrico e aos valores encontrados no presente estudo, com a aplicação dos tratamentos descritos (Tabela 2).

A adição de solventes orgânicos com aumento de concentrações é uma alternativa que se mostra eficaz na precipitação de proteínas, como descrito por Bourtoom *et al.*, 2009, que conseguiram precipitação proteica na água de lavagem do surimi do peixe dourada, adicionando etanol, que na medida do aumento de concentração, resultaram em maiores precipitações.

O método de acidificação induz a desnaturação parcial das proteínas, resultando na sua precipitação (Tadpitchayangkoon *et al.*, 2010; Hemung; Chin, 2015), e de acordo com os resultados (Tabela 3), apresentam efeito semelhante ao encontrado por Bourtoom *et al.*, 2009, visto que os melhores rendimentos também foram encontrados com o aumento da concentração dos ácidos utilizados.

Como descrito, é primordial para a obtenção de maiores rendimentos a combinação entre temperatura e pH utilizados. Bourtoom *et al.*, 2009, obtiveram maiores precipitações proteicas com a diminuição do pH (próximo ao ponto isoelétrico) e aumento de temperatura, Dewitt; Morrissey, 2002, mostraram que mesmo na ultrafiltração, é recomendado o ajuste de

pH da água residual pelo menos ao valor de 6,0 e aplicação de tratamento térmico para aumento de temperatura ao mínimo de 60°C, para uma eficiente precipitação, enquanto que Elizondo-Garza, Serna-Saldivar; Chuck-Hernández, 2017, obtiveram melhor rendimento na combinação de 90°C e pH 5,5.

De acordo com os resultados do presente estudo, esses parâmetros apresentaram correlação (Tabela 3), em que os melhores rendimentos estiveram presentes nas concentrações que proporcionaram valores mais reduzidos de pH, dentro da faixa de ponto isoelétrico, demonstrando que pH e temperatura têm um efeito sobre a precipitação proteica da água residual de surimi de bonito listrado, dourada e tilápia (Bourtoom *et al.*, 2009; Elizondo-Garza, Serna-Saldivar; Chuck-Hernández, 2017), com a desnaturação de proteínas sarcoplasmáticas solúveis, implicando em uma mudança na estrutura e agregação das proteínas, com maior capacidade de retenção de água e conseqüentemente rendimentos mais elevados.

A lavagem do surimi durante sua preparação possui a finalidade da eliminação de materiais solúveis em água do produto, dentre eles as proteínas sarcoplasmáticas, constituindo um resíduo que pode ser recuperado e reaproveitado (Stine *et al.*, 2012; Warren *et al.*, 2018). Os resultados da determinação do teor proteico dos precipitados obtido da água residual do preparo de surimi, submetida à adição de ácidos orgânicos e tratamento térmico, estão representados na Tabela 4.

Tabela 4. Teores proteicos dos precipitados obtidos a partir da recuperação de proteínas da água residual do preparo de surimi de tilápia submetida à adição de ácidos orgânicos, em diferentes concentrações, e tratamento térmico

Ácido testado	Proteínas (%)					
	(X̄ ± DP)					
	Concentração das soluções com os ácidos (g/100mL)					
	Água Residual (Controle)	Tratamento 92°C (Controle)	Soluções preparadas			
0	0	25	50	75	100	
Acético	1,28 ^{ca} ± 0,04	6,25 ^{ba} ± 0,27	8,97 ^{aA} ± 0,61	10,14 ^{aA} ± 0,28	9,79 ^{aAB} ± 0,68	9,27 ^{aA} ± 0,11
Ascórbico	1,28 ^{ca} ± 0,04	6,25 ^{ba} ± 0,27	9,06 ^{aA} ± 0,63	8,44 ^{aA} ± 0,46	8,92 ^{aB} ± 0,58	8,79 ^{aA} ± 0,59
Cítrico	1,28 ^{ca} ± 0,04	6,25 ^{ba} ± 0,27	8,54 ^{aA} ± 1,40	9,55 ^{aA} ± 0,40	9,79 ^{aAB} ± 0,44	8,58 ^{aA} ± 0,60
Tartárico	1,28 ^{ca} ± 0,04	6,25 ^{ba} ± 0,27	9,96 ^{aA} ± 0,34	10,23 ^{aA} ± 0,43	10,74 ^{aA} ± 0,66	10,33 ^{aA} ± 0,79
Correlação Teor proteico x pH				- 0,6177		
Correlação Teor proteico x Rendimento				0,8239		

^{a,b} e ^{A, B} = Médias seguidas de diferentes letras minúsculas na mesma linha e maiúsculas na mesma coluna diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (p<0,05). Coeficientes de correlação superiores a R = 0,5, em módulo, correlacionam-se pela correlação linear de Pearson. X̄: média, DP; desvio padrão.

A água residual do processamento de surimi contém 0,5 a 2,3% de proteínas totais (Stine *et al.*, 2012; Xiangming *et al.*, 2015), sendo relatados valores de 1,30% para a água de lavagem de surimi de bonito listrado (Elizondo-Garza, Serna-Saldivar; Chuck-Hernández, 2017), e 1,23% para a água residual do surimi de dourada (Bourtoom *et al.*, 2009). Os resultados demonstraram um teor de 1,28% para a água residual de surimi de tilápia (Tabela 4), e essas pequenas variações são advindas da diferença de composição proteica da musculatura de diferentes espécies de peixes.

As proteínas sarcoplasmáticas, que geralmente são descartadas durante a lavagem do surimi, representam de 20 a 40% da composição proteica muscular, e a aplicação de métodos de precipitação gera em torno de 36,82 a 49,80% de recuperação das proteínas solúveis em água (Warren *et al.*, 2018), podendo atingir 63,2% (Elizondo-Garza, Serna-Saldivar; Chuck-Hernández, 2017), que representam valores que valem a pena a recuperação desses compostos nitrogenados.

A temperatura de 92°C utilizada no tratamento térmico dos tratamentos é próxima ao recomendado para aplicação na recuperação de proteínas de água de lavagem de surimi (Elizondo-Garza, Serna-Saldivar; Chuck-Hernández, 2017) e auxiliou na recuperação de proteínas, visto que proporcionou precipitação (Tabela 4), em que no processo de aumento de temperatura outros compostos presentes na água residual como lipídios começam a derreter, a camada lipídica sólida se liquefaz e induz a separação de fases, resultando em menores teores e conseqüentemente gerando um aumento do teor proteico no conteúdo precipitado (Warren *et al.*, 2018).

Somado ao efeito provocado pelo tratamento térmico na recuperação de proteínas da água de lavagem do surimi, a acidificação provocada pela adição de ácidos orgânicos induz uma desnaturação parcial das proteínas sarcoplasmáticas presentes no conteúdo, pela mudança de pH ao ponto isoelétrico e alteração da força iônica proporcionadas por esses ácidos, implicando em modificações na estrutura e agregação da cadeia proteica (Lopez-Henriquez *et al.*, 2015; Elizondo-Garza, Serna-Saldivar; Chuck-Hernández, 2017), em que no presente estudo foi possível observar correlação entre pH e teor proteico (Tabela 4), com a recuperação de proteínas aumentando a medida da redução do pH.

Pode-se observar de maneira geral que a acidificação promovida pela adição dos ácidos orgânicos foi eficaz na precipitação proteica (Tabela 3) e na recuperação de proteínas (Tabela 4), de maneira mais acentuada nos tratamentos que promoveram a redução do pH ao

intervalo de ponto isoelétrico, como mostram as correlações, corroborando que a metodologia aplicada apresenta um padrão linear na relação entre os parâmetros analisados.

Em relação aos ácidos testados, o ácido tartárico, considerado um ácido forte, possui maior facilidade na liberação de íons H⁺, acidificando os meios (Rizzon; Sganzerla, 2007), e destacou-se na redução do pH e rendimento do processo, em relação ao ácidos acético e cítrico, considerados fracos (Scopel *et al.*, 2017; Zaparte; Nascimento; Pereira Filho, 2018) e ao ascórbico, que devido a sua estruturação química (Rodrigues; Santos, 2018), pode ter prejudicada sua acidificação e apresentado os resultados menos eficientes em relação a esses parâmetros.

Contudo, na recuperação de proteínas, mesmo em concentrações mais baixas, o teor recuperado assemelha-se entre os tratamentos, assim, pode-se destacar a aplicação desses ácidos orgânicos, conjuntamente ao tratamento térmico à 92°C, como uma aplicação eficiente na recuperação de proteínas de água residual de surimi de tilápia, e que esse conteúdo pode apresentar segurança para o consumo e preservar propriedades funcionais, que são desejáveis para desenvolvimento de produtos (Azadian; Moosavi-Nasab; Abedi, 2012; Tian *et al.*, 2017), e conseqüentemente ser utilizado com uma destinação alimentar.

4.2 Conservação do precipitado proteico

Visando potencializar a produção de alimentos, a indústria alimentícia busca aplicar tecnologias voltadas à preservação e aumento da durabilidade dos alimentos, assim como reduzir os desperdícios dos produtos, em que a secagem se caracteriza como uma alternativa empregada para uma melhor conservação dos alimentos, principalmente pela redução dos teores de atividade de água e umidade dos produtos (Gomes; Resende; Sousa, 2022; Costa *et al.*, 2023), e os resultados da determinação da atividade de água e do teor de umidade do precipitado proteico submetido a diferentes métodos de conservação estão representados na Tabela 5.

Tabela 5. Valores de atividade de água e umidade do precipitado proteico obtido a partir da recuperação de proteínas da água residual do preparo de surimi de tilápia, submetido a diferentes métodos de secagem e posterior estocagem por 30 dias

Métodos – Secagem/Estocagem	Atividade de água (Aw) ($\bar{X} \pm DP$)			Umidade (%) ($\bar{X} \pm DP$)		
	Controle (Precipitado)	Tempo de armazenamento do produto após secagem (Dias)		Controle (Precipitado)	Tempo de armazenamento do produto após secagem (Dias)	
		0	0		30	0
	ER	0,73 ^{ba} ± 0,01	0,52 ^{ac} ± 0,03	0,49 ^{ac} ± 0,02	88,60 ^{ba} ± 2,31	11,05 ^{ac} ± 0,11
EA	0,73 ^{ba} ± 0,01	0,50 ^{ac} ± 0,01	0,51 ^{ac} ± 0,02	88,60 ^{ba} ± 2,31	10,27 ^{ac} ± 0,08	10,37 ^{ac} ± 0,15
SR	0,73 ^{ba} ± 0,01	0,42 ^{ab} ± 0,02	0,37 ^{ab} ± 0,01	88,60 ^{ba} ± 2,31	6,81 ^{ab} ± 0,11	6,50 ^{ab} ± 0,19
SA	0,73 ^{ba} ± 0,01	0,41 ^{ab} ± 0,02	0,43 ^{ab} ± 0,01	88,60 ^{ba} ± 2,31	6,62 ^{ab} ± 0,08	6,79 ^{ab} ± 0,15
LR	0,73 ^{ba} ± 0,01	0,21 ^{aA} ± 0,01	0,19 ^{aA} ± 0,02	88,60 ^{ba} ± 2,31	3,02 ^{aA} ± 0,18	2,76 ^{aA} ± 0,14
LA	0,73 ^{ba} ± 0,01	0,18 ^{aA} ± 0,01	0,22 ^{aA} ± 0,02	88,60 ^{ba} ± 2,31	2,35 ^{aA} ± 0,20	2,37 ^{aA} ± 0,05
Correlação Aw x Umidade				0,7163		

^{a, b e A, B} = Médias seguidas de diferentes letras minúsculas na mesma linha e maiúsculas na mesma coluna, pertencentes ao mesmo parâmetro, diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p < 0,05$). Coeficientes de correlação superiores a $R = 0,5$, em módulo, correlacionam-se pela correlação linear de Pearson. \bar{X} : média; DP: desvio padrão; ER: Estufa 50°C/três horas e estocagem em refrigeração (4,0°C); EA: Estufa 50°C/três horas e estocagem em temperatura ambiente (18,0 a 35°C); SR: Estufa termofotovoltaica (60,0°C ± 20°C/24h) refrigeração e estocagem em refrigeração (4,0°C); SA: Estufa termofotovoltaica (60,0°C ± 20°C/24h) e estocagem em temperatura ambiente (18,0 a 35°C); LR: Liofilização (-57,0°C por cinco dias) e estocagem em refrigeração (4,0°C); LA: Liofilização (-57,0°C por cinco dias) e estocagem em temperatura ambiente (18,0 a 35°C).

A atividade de água (A_w) consiste na água livre disponível a realização dos processos metabólicos dos micro-organismos (Marengoni *et al.*, 2009), em que valores de A_w inferiores a 0,60 inibem a multiplicação microbiana, por isso, é considerada como importante parâmetro para estimar a possibilidade de ocorrência de alterações físico-químicas e microbiológicas nos alimentos que possam comprometer a vida de prateleira de um produto (Ferreira Neto *et al.*, 2005; Souza Filho *et al.*, 2012; Fernandes, 2020; Moreira *et al.*, 2021). O precipitado proteico recém obtido a partir da recuperação de proteínas da água residual do preparo de surimi de tilápia, possuía A_w compatível com a multiplicação microbiana (Tabela 5). Porém, após utilização de diferentes métodos de secagem, esses valores foram reduzidos a proporções seguras, que garantiram que o produto embalado permanecesse estável durante o tempo de estocagem.

A atividade de água em regra, correlaciona-se com o teor de umidade, como observado na Tabela 5, em que o teor de água total no alimento é um fator essencial na avaliação da eficácia da secagem (Starostenko *et al.*, 2020). Rodrigues *et al.*, 2021, realizando a secagem de pele de tilápia por desidratador solar, obtiveram reduções de valores de atividade de água de 0,86 para 0,40, e esse decréscimo também é destacado com os resultados encontrados no presente estudo (Tabela 5).

A secagem de alimentos é essencial para sua conservação, podendo ser realizada em diferentes metodologias, como por estufa com circulação forçada de ar (Vidal *et al.*, 2011; Rebouças *et al.*, 2012), por desidratação solar termofotovoltaica (Rodrigues *et al.*, 2021), ou por liofilização (Martins *et al.*, 2009), em que os produtos dos autores obtiveram teores de umidade inferiores a 10,7 %, e valores próximos foram observados resultados encontrados no presente estudo (Tabela 5).

Para evitar o umedecimento e retardar a deterioração, é recomendado que produtos pós secagem apresentem valores abaixo de 12% de umidade (Starostenko *et al.*, 2020), e todos os métodos aplicados foram capazes de reduzir significativamente ($p < 0,05$) esse parâmetro, sendo que a liofilização foi o método que obteve os menores valores.

Destaca-se também a manutenção dos baixos teores de A_w e umidade, mesmo após 30 dias de armazenamento, com realce a importância da embalagem na conservação de alimentos (Farias *et al.*, 2022), em que os produtos analisados foram embalados logo após a produção e permanecerem dessa forma durante todo o período avaliado, e provavelmente auxiliaram na manutenção dos baixos teores desses parâmetros.

A desidratação dos produtos demonstra sua importância na preservação do alimento devido à remoção de água, sem a qual os micro-organismos encontram dificuldade de multiplicação (Rebouças *et al.*, 2012; Shaviklo, 2015; Costa *et al.*, 2023), e além disso correlaciona-se com os rendimentos obtidos após a aplicação dos métodos de secagem, como observado na Tabela 6, na qual os resultados da verificação de rendimento do precipitado proteico, submetido a diferentes métodos de secagem, estão representados.

Tabela 6. Rendimento do precipitado proteico obtido a partir da recuperação de proteínas da água residual do preparo de surimi de tilápia, submetido a diferentes métodos de secagem

Método de secagem	Rendimento (%) ($\bar{X} \pm DP$)
Estufa com circulação forçada de ar	9,40 ^A \pm 0,22
Termofotovoltaica	9,20 ^B \pm 0,04
Liofilização	9,01 ^C \pm 0,03
Correlação Rendimento x Umidade	0,9961

^{A, B} = Médias seguidas de diferentes letras maiúsculas na mesma coluna, diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p < 0,05$). Coeficientes de correlação superiores a $R = 0,5$, em módulo, correlacionam-se pela correlação linear de Pearson. \bar{X} : média; DP: desvio padrão.

O processo de desidratação causa perdas de umidade e massa (Vidal *et al.*, 2011; Rodrigues *et al.*, 2021), e esse fato pode ser constatado nos resultados encontrados de acordo com a correlação entre teores de umidade e rendimentos, com a redução do teor de água total no alimento representando o principal fator de relação com os rendimentos observados (Tabela 6), demonstrando que de acordo com a avaliação dos valores de umidade resultantes de cada método empregado (Tabela 5), pode-se notar que a liofilização, que apresentou os menores teores de água, e consequentemente demonstrou o menor rendimento entre os métodos empregados.

O efeito da secagem na redução da umidade dos produtos proteicos recuperados, apresenta uma correlação inversamente proporcional no teor proteico, com a potencialização desses teores no precipitado desidratado, como pode ser observado na Tabela 7.

Tabela 7. Teores de proteínas do precipitado proteico obtido a partir da recuperação de proteínas da água residual do preparo de surimi de tilápia, submetido a diferentes métodos de secagem e posterior estocagem por 30 dias.

Métodos – Secagem/Estocagem	Proteínas (%) ($\bar{X} \pm DP$)		
	Controle (Precipitado)	Tempo (Dias)	
	0	0	30
ER	10,23 ^{ba} ± 0,43	75,43 ^{ac} ± 1,12	76,36 ^{ac} ± 0,59
EA	10,23 ^{ba} ± 0,43	77,31 ^{ac} ± 1,26	76,43 ^{ac} ± 0,88
SR	10,23 ^{ba} ± 0,43	79,67 ^{ab} ± 1,12	80,52 ^{ab} ± 0,59
SA	10,23 ^{ba} ± 0,43	80,96 ^{ab} ± 1,26	80,01 ^{ab} ± 0,88
LR	10,23 ^{ba} ± 0,43	86,07 ^{aA} ± 0,49	85,69 ^{aA} ± 0,41
LA	10,23 ^{ba} ± 0,43	87,97 ^{aA} ± 0,27	86,49 ^{aA} ± 0,10
Correlação Teor proteico x Umidade			- 0,9964
Correlação Teor proteico x Rendimento			- 0,9599

^{a,b} e ^{A, B} = Médias seguidas de diferentes letras minúsculas na mesma linha e maiúsculas na mesma coluna, pertencentes ao mesmo parâmetro, diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p < 0,05$) Coeficientes de correlação superiores a $R = 0,5$, em módulo, correlacionam-se pela correlação linear de Pearson. \bar{X} : média; DP: desvio padrão; ER: Estufa 50°C/três horas e estocagem em refrigeração (4,0°C); EA: Estufa 50°C/três horas e estocagem em temperatura ambiente (18,0 a 35°C); SR: Estufa termofotovoltaica (60,0°C ± 20°C/24h) refrigeração e estocagem em refrigeração (4,0°C); SA: Estufa termofotovoltaica (60,0°C ± 20°C/24h) e estocagem em temperatura ambiente (18,0 a 35°C); LR: Liofilização (-57,0°C por cinco dias) e estocagem em refrigeração (4,0°C); LA: Liofilização (-57,0°C por cinco dias) e estocagem em temperatura ambiente (18,0 a 35°C).

Uma eficiente remoção de água resulta na obtenção de produtos com elevados percentuais de proteína (Vidal *et al.*, 2011), como observado na correlação entre esses dois parâmetros (Tabela 7), em que o teor proteico da proteína de peixe seca deve conter pelo menos 65% (Shaviklo, 2015), e que o método de secagem aplicado é considerado eficaz quando a concentração de proteína apresentar-se, em média, quatro vezes maior que o valor do teor proteico da matéria-prima (Vidal *et al.*, 2011). De acordo com os resultados encontrados, os teores proteicos dos precipitados úmidos (Tabela 4), apresentaram um aumento maior que sete vezes no precipitado seco, com valores acima de 75% (Tabela 7), após a aplicação dos métodos de secagem, demonstrando sua eficiência.

Utilizando a secagem em estufa com circulação forçada de ar, Vidal *et al.*, 2011, Rebouças *et al.*, 2012, obtiveram aumento de 17,48% no resíduo para 62,39 a 85,16%, em

concentrados proteicos de tilápia do Nilo. Rodrigues *et al.*, 2021, utilizando a secagem por desidratação solar termofotovoltaica, obteve um aumento do teor proteico de 41,4% para valores entre 75 e 84,7, entre a matéria prima utilizada e a pele de tilápia obtida após secagem. Aplicando a liofilização, Monterrey-Quintero; Sobral, 2000, García; Sobral, 2005, Murueta *et al.*, 2007, Martins *et al.*, 2009, conseguiram teores de proteínas que variaram entre 64,26 a 93,22%, em concentrados e hidrolisados proteicos de tilápia e corvina.

Os resultados encontrados nesse estudo são condizentes com a eficiência da aplicação dos métodos de secagem na potencialização do teor proteico dos produtos, com valores variando entre 75,43 a 87,97% (Tabela 7), demonstrando a eficácia da aplicação dessas alternativas, que tendem a concentrar nutrientes, como as proteínas, devido à remoção de água dos produtos (Rodrigues *et al.*, 2021), mantendo um alto teor mesmo após 30 dias de armazenamento, que auxiliado pela importância da embalagem (Farias *et al.*, 2022) durante a estocagem nesse período, evidenciam sua finalidade na conservação de alimentos.

A liofilização, considerada um dos principais métodos de conservação de alimentos, se apresentou como o método com resultados mais eficazes, visto que quando comparada a outros meios de desidratação, não tem como base a exposição do alimento a uma corrente de ar aquecida, e assim, não danifica as propriedades funcionais das proteínas, preservando as propriedades químicas e sensoriais dos alimentos (Shaviklo, 2015; Freitas *et al.*, 2022; Costa *et al.*, 2023).

Contudo, a utilização da secagem por desidratação solar termofotovoltaica também apresentou resultados satisfatórios, destacando o uso de fontes renováveis não poluentes, o que torna uma alternativa econômica e ecologicamente viável para este processo, especialmente em regiões de condições ambientais favoráveis (Rodrigues *et al.*, 2021; Freitas *et al.*, 2022; Gomes; Resende; Sousa, 2022), como a de localização da realização do estudo, proporcionando a possibilidade da elaboração de coprodutos, que apresentem características microbiológicas e físico-químicas adequadas para consumo.

4.3 Elaboração de coprodutos (*snacks*)

A contagem inicial de micro-organismos na matéria prima utilizada na preparação dos produtos é essencial para a determinação da vida útil do produto final, e na Tabela 8, estão representados os valores referentes a análise microbiológica dos ingredientes utilizados nas formulações dos *snacks*.

Tabela 8. Caracterização microbiológica dos ingredientes utilizados nas formulações dos *snacks*

Ingredientes	Bactérias heterotróficas mesófilas (UFC/g \log_{10}^{+1})	Fungos filamentosos e leveduriformes (UFC/g \log_{10}^{+1})	<i>Escherichia coli</i> (NMP/g \log_{10}^{+1})	<i>Bacillus cereus</i> (UFC/g \log_{10}^{+1})	Estafilococos coagulase positiva (UFC/g \log_{10}^{+1})	<i>Salmonella</i> spp. (Presença em 25g)
CMS	4,79	2,23	0,00	0,00	0,00	Ausência
Surimi	3,57	0,00	0,00	0,00	0,00	Ausência
Aveia em flocos	0,00	1,30	0,00	0,00	0,00	Ausência
Precipitado proteico	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Ausência
Sal	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	Ausência

CMS: Carne Mecanicamente Separada. UFC/g \log_{10}^{+1} : Unidade Formadora de Colônia em logaritmo de base 10, adicionado de 1 unidade.

Os ingredientes utilizados na preparação dos *snacks* foram analisados quanto a contagem de *Escherichia coli*, *Bacillus cereus*, estafilococos coagulase positiva e pesquisa de *Salmonella* spp., e não apresentaram contagem para esses micro-organismos. Quanto a avaliação de bactérias heterotróficas mesófilas e fungos filamentosos e leveduriformes, esses grupos são considerados como os principais deteriorantes de alimentos e diretamente relacionados a determinação da vida de prateleira dos alimentos e controle de matérias primas (Ribeiro; Barreto; Hannas, 2015; Araújo *et al.*, 2016), em que a International Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF) (ICMSF, 1986), sugere valores máximos de 6,00 UFC/g \log_{10} de bactérias mesófilas para produtos de pescado, como a CMS e o surimi, que apresentaram valores que permitem sua utilização, indicando a utilização de ingredientes com garantia microbiológica, demonstrando a importância da qualidade e seleção adequada da matéria prima para o processo de produção dos alimentos.

A garantia de segurança alimentar para o consumo do produto através da caracterização microbiológica é de fundamental importância na produção de alimentos, e os resultados da avaliação microbiológica das formulações do produto tipo *snack*, durante 60 dias de armazenamento, estão representados na Tabela 9.

Tabela 9. Avaliação microbiológica das formulações dos *snacks*, durante 60 dias de armazenamento

Parâmetro	Tempo (Dias)	Formulações ($\bar{X} \pm DP$)			
		T1	T2	T3	T4
Bactérias heterotróficas mesófilas (UFC/g \log_{10}^{+1})	0	2,01 ^{dA} \pm 0,15	2,30 ^{bA} \pm 0,17	2,07 ^{cA} \pm 0,10	2,49 ^{aA} \pm 0,15
	30	2,01 ^{dA} \pm 0,11	2,30 ^{bA} \pm 0,12	2,09 ^{cA} \pm 0,17	2,50 ^{aA} \pm 0,10
	60	2,02 ^{dA} \pm 0,11	2,32 ^{bA} \pm 0,10	2,09 ^{cA} \pm 0,10	2,50 ^{aA} \pm 0,17
Fungos filamentosos e leveduriformes (UFC/g \log_{10}^{+1})	0	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00
	30	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00
	60	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00
<i>Escherichia coli</i> (NMP/g \log_{10}^{+1})	0	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00
	30	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00
	60	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00
<i>Bacillus cereus</i> (UFC/g \log_{10}^{+1})	0	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00
	30	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00
	60	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00
Estafilococos coagulase positiva (UFC/g \log_{10}^{+1})	0	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00
	30	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00
	60	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00	0,00 \pm 0,00
<i>Salmonella spp.</i> (Presença em 25g)	0	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
	30	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
	60	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência

^{a,b e A, B} = Médias seguidas de diferentes letras minúsculas na mesma linha e maiúsculas na mesma coluna, pertencentes ao mesmo parâmetro, diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p < 0,05$). \bar{X} : média, DP; desvio padrão. UFC/g \log_{10}^{+1} : Unidade Formadora de Colônia em logaritmo de base 10, adicionado de 1 unidade. T1: formulação de snack com base de carne mecanicamente separada; T2: formulação de snack com base de surimi; T3: formulação de snack com base de carne mecanicamente separada suplementada com precipitado proteico; T4: formulação de snack com base de surimi suplementada com precipitado proteico.

A Instrução Normativa, IN nº 161, de 1º de julho de 2022, estabelece os padrões microbiológicos dos alimentos (Brasil, 2022), e por similaridade com biscoitos e produtos semielaborados desidratados de pescado, estabelece padrões para a contagem de *Escherichia coli*, *Bacillus cereus*, estafilococos coagulase positiva, bolores e leveduras e pesquisa de *Salmonella* spp. As formulações de *snacks* testadas não apresentaram contagens para esses micro-organismos, similares aos resultados encontrados por Goes *et al.*, (2015), que analisaram *snacks* adicionados de farinhas de diferentes peixes, apresentando relação com a qualidade microbiológica dos ingredientes utilizados (Tabela 8), que influenciaram em uma caracterização microbiológica segura para os produtos, de acordo com os parâmetros avaliados.

A legislação brasileira (Brasil, 2022) não estabelece padrões para a contagem de bactérias heterotróficas mesófilas para produtos tipo *snacks*, todavia a análise desse grupo microbiológico em alimentos é utilizada como indicador de qualidade, apresentando baixo custo e fácil utilização, auxiliando no controle de matérias primas, processamento e conservação (Soares *et al.*, 2011; Santos *et al.*, 2023), em que a ICMS, preconiza o limite de 5,00 UFC/g \log_{10} , como indicativo de boa qualidade e de 6,00 UFC/g \log_{10} , como qualidade aceitável, para esses micro-organismos em produtos de pescado (ICMSF, 1986), e de acordo com os resultados observados, todas as formulações de *snacks* estiveram abaixo do limite recomendado, indicando que as amostras dos tratamentos analisadas foram preparadas em condições higiênicas satisfatórias.

A secagem utilizada durante a preparação dos *snacks*, também pode ter representado um fator essencial na redução microbiológica dos ingredientes utilizados para os produtos finais, como observado nas reduções das contagens de bactérias heterotróficas mesófilas e fungos filamentosos e leveduriformes, visto que é uma das técnicas mais usadas na conservação de alimentos e tem por finalidade prolongar a vida comercial do produto (Casarin *et al.*, 2016; Costa *et al.*, 2023), e que mesmo com o armazenamento dos produtos elaborados sob temperatura ambiente média elevada (± 18 a 35°C), que favorece a multiplicação microbiana (Silva, 2002; Silva *et al.*, 2010), pôde ser observado nos resultados encontrados que não houve uma multiplicação significativa de micro-organismos nos *snacks* formulados, que auxiliado pela importância do produto permanecer embalado durante o período (Farias *et al.*, 2022), garantiram uma qualidade microbiológica aceitável, mesmo após 60 dias de estocagem.

A caracterização físico-química inicial da matéria prima utilizada na preparação dos produtos é essencial para a determinação da vida útil do produto final, e na Tabela 10, estão representados os valores referentes aos parâmetros físico-químicos dos ingredientes utilizados nas formulações dos *snacks*.

Tabela 10. Caracterização físico-química dos ingredientes utilizados nas formulações dos *snacks*

Ingredientes	Atividade de água (Aw)	pH	Acidez (%)
CMS	0,92	6,85	1,69
Surimi	0,73	8,35	0,00
Aveia em flocos	0,43	6,02	1,94
Precipitado proteico	0,41	5,95	2,26
Sal	0,15	7,10	0,12

CMS: Carne Mecanicamente Separada.

A análise de parâmetros físico-químicos de um alimento indica um direcionamento à avaliação das condições de estabilidade do produto e são importantes fatores na determinação da vida de prateleira, e os resultados da avaliação físico-química de parâmetros de estabilidade das formulações do produto tipo *snack*, durante 60 dias de armazenamento, estão representados na Tabela 11.

Tabela 11. Caracterização físico-química das formulações dos *snacks*, durante 60 dias de armazenamento

Parâmetro	Tempo (Dias)	Formulações			
		(X̄ ± DP)			
		T1	T2	T3	T4
Atividade de água (Aw)	0	0,42 ^{aA} ± 0,01	0,39 ^{bA} ± 0,01	0,43 ^{aA} ± 0,00	0,40 ^{bA} ± 0,00
	30	0,41 ^{aA} ± 0,00	0,38 ^{bA} ± 0,01	0,42 ^{aA} ± 0,02	0,38 ^{bA} ± 0,00
	60	0,41 ^{aA} ± 0,01	0,37 ^{bA} ± 0,02	0,41 ^{aA} ± 0,00	0,38 ^{bA} ± 0,02
pH	0	6,57 ^{cA} ± 0,05	8,63 ^{aA} ± 0,08	6,33 ^{dA} ± 0,13	8,39 ^{bA} ± 0,09
	30	6,54 ^{bA} ± 0,09	8,49 ^{aAB} ± 0,08	6,26 ^{cA} ± 0,01	8,32 ^{aA} ± 0,02
	60	6,51 ^{bA} ± 0,10	8,35 ^{aB} ± 0,05	6,19 ^{cA} ± 0,04	8,25 ^{aA} ± 0,03
Acidez (%)	0	0,20 ^{aA} ± 0,10	0,00 ^{bA} ± 0,00	0,30 ^{aA} ± 0,00	0,00 ^{bA} ± 0,00
	30	0,31 ^{aA} ± 0,03	0,00 ^{bA} ± 0,00	0,41 ^{aA} ± 0,03	0,00 ^{bA} ± 0,00
	60	0,41 ^{aA} ± 0,01	0,00 ^{bA} ± 0,00	0,51 ^{aA} ± 0,06	0,00 ^{bA} ± 0,00
Correlação pH x Bactérias mesófilas		0,6984			
Correlação Acidez x Bactérias mesófilas		- 0,6389			

^{a, b e A, B} = Médias seguidas de diferentes letras minúsculas na mesma linha e maiúsculas na mesma coluna, pertencentes ao mesmo parâmetro, diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade (p<0,05). Coeficientes de correlação superiores a R = 0,5, em módulo, correlacionam-se pela correlação linear de Pearson. X̄: média, DP; desvio padrão, T1: formulação de snack com base de carne mecanicamente separada; T2: formulação de snack com base de surimi; T3: formulação de snack com base de carne mecanicamente separada suplementada com precipitado proteico; T4: formulação de snack com base de surimi suplementada com precipitado proteico.

A determinação de acidez e a medida do pH em alimentos, representam importantes parâmetros na avaliação do estado de conservação dos produtos, que podem ser alteradas de acordo com o processo de deterioração, a forma de armazenamento e suas formulações (Vianna *et al.*, 2013; Mendes *et al.*, 2016). Como pode ser observado na Tabela 11, os produtos não sofreram significativas alterações nesses parâmetros durante os 60 dias de armazenamento, que está correlacionado ao fato de não ter ocorrido uma multiplicação bacteriana significativa ($p < 0,05$) nas amostras de *snacks* analisadas (Tabela 9).

Em relação as formulações utilizadas, Neiva *et al.*, (2011), avaliaram *snacks* elaborados com CMS de peixes marinhos e Bacelar *et al.*, (2021) analisaram *nuggets* preparados com CMS de tilápia, e encontraram valores de pH variando entre 6,88 a 6,90 e 6,38 a 6,47, respectivamente, valores mais próximos aos observados no presente estudo aos *snacks* elaborados com base nesse ingrediente (Tabela 11). Quanto aos produtos contendo surimi na formulação, a adição e lavagem desse da CMS durante sua preparação, com reagentes alcalinos, como as soluções de cloreto e bicarbonato de sódio (Mello *et al.*, 2010), resultou na elevação do pH e redução da acidez dos produtos finais, como foi observado na Tabela 10 e descrito na Tabela 11.

A atividade de água é um importante parâmetro na avaliação do risco de deterioração dos alimentos, e de modo geral, valores de atividade de água inferiores a 0,60 inibem a multiplicação microbiana nos alimentos, em que a deterioração dos alimentos está associada ao teor de água disponível para que ocorram alterações físico-químicas e microbiológicas (Ferreira Neto *et al.*, 2005; Souza Filho *et al.*, 2012; Fernandes, 2020; Moreira *et al.*, 2021). Neiva *et al.*, (2011), avaliando *snacks* elaborados com CMS de peixe marinho, e Shaviklo *et al.*, (2011), analisando *snacks* de milho com carne de truta, encontraram valores de atividade de água que variaram entre 0,13 a 0,36, valores também abaixo do recomendado para a conservação de alimentos, como os observados no presente estudo (Tabela 11).

A inclusão de amido na formulação auxilia na redução da atividade de água (Shaviklo *et al.*, 2011; Cortez Netto *et al.*, 2014), contudo a secagem realizada durante o preparo dos *snacks*, é um fator primordial nessa diminuição, visto que é uma das finalidades dessa técnica de conservação (Costa *et al.*, 2023). Bacelar *et al.*, (2021), utilizaram CMS de tilápia na elaboração de *nuggets*, sem utilização de procedimentos de secagem, e encontraram valores de atividade de água que variaram entre 0,80 a 0,85, enquanto que Magalhães *et al.*, (2019), analisaram *snacks* extrudados com aquecimento, utilizando farinha de CMS de tilápia, e

encontraram valores de A_w que variaram entre 0,38 a 0,40, resultados mais próximos aos encontrados no presente estudo (Tabela 11), evidenciando a importância da etapa de secagem na redução da A_w durante a preparação dos *snacks*.

A composição centesimal dos ingredientes utilizados na preparação dos produtos é essencial para a identidade e caracterização do produto final, e na Tabela 12, encontram-se a composição dos nutrientes e o valor calórico dos ingredientes utilizados nas formulações dos *snacks*.

Tabela 12. Composição centesimal e valor calórico dos ingredientes utilizados nas formulações dos *snacks*

Ingredientes	Umidade (%)	Cinzas (%)	Proteínas (%)	Lipídios (%)	Carboidratos (%)	Valor calórico (kcal/100g)
CMS	61,82	0,58	15,30	22,18	0,12	261,30
Surimi	59,94	3,59	14,02	16,31	6,14	227,43
Aveia em flocos	8,22	3,45	14,33	7,33	66,67	389,97
Precipitado proteico	6,72	2,43	80,32	10,08	0,45	413,80
Sal	0,30	99,70	0,00	0,00	0,00	0,00

CMS: Carne Mecanicamente Separada.

A composição centesimal de um produto quantifica seus componentes, relacionando-se principalmente a importância nutricional do alimento. Na Tabela 13, encontra-se a composição dos nutrientes e o valor calórico das formulações do produto tipo *snack*, durante 60 dias de armazenamento.

Tabela 13. Composição centesimal e valor calórico das formulações de *snacks*, durante 60 dias de armazenamento

Parâmetro	Tempo (Dias)	Formulações ($\bar{X} \pm DP$)			
		T1	T2	T3	T4
Umidade (%)	0	6,20 ^{ba} ± 0,03	5,23 ^{ca} ± 0,08	9,10 ^{aA} ± 0,30	6,61 ^{ba} ± 0,01
	30	6,08 ^{ba} ± 0,08	4,94 ^{ca} ± 0,44	8,89 ^{aA} ± 0,30	6,59 ^{ba} ± 0,09
	60	6,03 ^{ba} ± 0,09	4,79 ^{ca} ± 0,24	8,77 ^{aA} ± 0,27	6,41 ^{ba} ± 0,11
Cinzas (%)	0	3,76 ^{ca} ± 0,04	6,44 ^{aA} ± 0,02	4,04 ^{ba} ± 0,03	6,45 ^{aA} ± 0,04
	30	3,80 ^{ca} ± 0,10	6,62 ^{aA} ± 0,07	4,05 ^{ba} ± 0,06	6,57 ^{aA} ± 0,06
	60	3,90 ^{ca} ± 0,10	6,68 ^{aA} ± 0,04	4,21 ^{ba} ± 0,10	6,61 ^{aA} ± 0,12
Proteínas (%)	0	26,63 ^{ba} ± 1,01	25,69 ^{ba} ± 0,19	39,63 ^{aA} ± 1,13	40,50 ^{aA} ± 0,50
	30	26,04 ^{ba} ± 0,54	24,60 ^{ba} ± 0,40	38,87 ^{aA} ± 1,37	39,35 ^{aA} ± 0,23
	60	25,44 ^{ba} ± 1,24	24,10 ^{ba} ± 1,00	37,78 ^{aA} ± 0,32	38,25 ^{aA} ± 0,15
Lipídios (%)	0	41,15 ^{aA} ± 0,45	34,75 ^{ba} ± 0,01	41,69 ^{aA} ± 0,49	31,88 ^{ca} ± 0,08
	30	41,65 ^{aA} ± 1,05	34,75 ^{ba} ± 0,05	42,30 ^{aA} ± 1,10	31,92 ^{ca} ± 0,02
	60	42,15 ^{aA} ± 0,60	34,75 ^{ba} ± 0,75	42,90 ^{aA} ± 1,40	31,95 ^{ca} ± 0,10
Carboidratos (%)	0	22,26 ^{ba} ± 0,49	27,89 ^{aA} ± 0,14	5,54 ^{da} ± 1,95	14,56 ^{ca} ± 0,63
	30	22,43 ^{ba} ± 1,41	29,09 ^{aA} ± 0,96	5,89 ^{da} ± 2,83	15,57 ^{ca} ± 0,40
	60	22,48 ^{ba} ± 1,85	29,68 ^{aA} ± 0,03	6,34 ^{da} ± 0,97	16,78 ^{ca} ± 0,48
Valor calórico (kcal/100g)	0	565,91 ^{aA} ± 1,97	527,07 ^{ca} ± 0,29	555,89 ^{ba} ± 1,13	507,16 ^{da} ± 0,20
	30	568,73 ^{aA} ± 5,97	527,51 ^{ba} ± 1,79	559,74 ^{aA} ± 4,06	506,96 ^{ca} ± 0,50
	60	571,03 ^{aA} ± 2,96	527,87 ^{ba} ± 2,63	562,58 ^{aA} ± 6,32	507,67 ^{ca} ± 0,42

^{a, b e A, B} = Médias seguidas de diferentes letras minúsculas na mesma linha e maiúsculas na mesma coluna, pertencentes ao mesmo parâmetro, diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade ($p < 0,05$). \bar{X} : média, DP; desvio padrão, T1: formulação de snack com base de carne mecanicamente separada; T2: formulação de snack com base de surimi; T3: formulação de snack com base de carne mecanicamente separada suplementada com precipitado proteico; T4: formulação de snack com base de surimi suplementada com precipitado proteico.

A Instrução Normativa, IN nº 30, de 07 de agosto de 2009, que estabelece os parâmetros de qualidade para a produção de alimentos completos para animais de companhia (Brasil, 2009), traz como nível de garantia para a umidade, o teor máximo de 12%, e todas as amostras analisadas apresentaram teores abaixo desse limite, mesmo após 60 dias de armazenamento (Tabela 13).

Goes *et al.*, (2015), analisaram *snacks* adicionados de farinhas de diferentes peixes, Magalhães *et al.*, (2019), avaliaram *snacks* adicionados de farinha de CMS de tilápia, e Starostenko *et al.*, (2020), desenvolveram *snacks* de peixe picado com suplementação proteica, enquanto que Pires *et al.*, (2014) e Afonso *et al.*, (2021), avaliaram rações comerciais para cães e gatos, e encontraram valores de umidade que variaram entre 5,0 a 12%, e juntamente com os resultados encontrados no presente estudo (Tabela 13), demonstram a importância da utilização da secagem durante a produção desses produtos, visto que valores abaixo de 12% de umidade no alimento, tendem a evitar o umedecimento e retardar a deterioração (Magalhães *et al.*, 2019; Starostenko *et al.*, 2020).

Alimentos com maiores teores de lipídios nos ingredientes utilizados durante a preparação, tendem a dificultar a eliminação de água de sua monocamada molecular e consequente perda de umidade do produto durante a secagem (Celestino, 2010), assim as formulações adicionadas do precipitado proteico receberam um teor adicional de lipídios durante a produção, por conta desse ingrediente, como observado na Tabela 12, verificando-se maiores teores de umidade em relação aos seus controles sem suplementação proteica, nos produtos finais (Tabela 13).

A secagem de alimentos e a consequente redução da umidade nos produtos, gera a concentração de outros nutrientes, como proteínas e lipídios, no produto final (Rodrigues *et al.*, 2021). A IN nº 30, de 2009, apresenta como limite para proteínas, teores mínimos de 24%, na produção de alimentos completos para animais de companhia (Brasil, 2009), e todas as amostras analisadas apresentaram valores acima desse limite, mesmo após 60 dias de armazenamento, destacando os tratamentos que receberam suplementação proteica.

A suplementação de alimentos com proteína de peixe seca pode ser utilizada para o desenvolvimento e valorização de alimentos funcionais e produtos prontos para o consumo, como os *snacks* (Shaviklo, 2015), no entanto é recomendado que essa suplementação deva ser realizada em um intervalo de 5 a 15%, pois uma quantidade menor que 5% não afeta significativamente as características tecnológicas, organolépticas e o valor biológico do

produto final, e a introdução de mais de 15% pode levar à deterioração das características organolépticas e ao aparecimento de aminoácidos limitantes (Starostenko *et al.*, 2020).

A suplementação proteica utilizada nos tratamentos foi de 6%, demonstrando eficiência na manutenção dos teores recomendados durante o período de vida útil avaliado, em que Goes *et al.*, (2015), analisaram *snacks* adicionados de farinhas de diferentes peixes, Magalhães *et al.*, (2019), avaliaram *snacks* adicionados de farinha de CMS de tilápia e Afonso *et al.*, (2021), avaliaram rações comerciais para cães e gatos, e relataram valores de proteínas que variaram entre 9,21 a 28,84%, valores abaixo dos teores encontrados no presente estudo, para as formulações que foram suplementadas com o precipitado proteico seco (Tabela 13).

Embora a IN n° 30 de 2009, apresente como limite para proteínas teores mínimos de 24%, na produção de alimentos completos para animais de companhia (Brasil, 2009), rações comerciais disponíveis no mercado costumam apresentar valores, em média, de 28,5 a 33,0% de teor proteico, em matéria seca, para rações de manutenção e terapêuticas para cães, enquanto que apresentam, em média, teores de 34,8 a 45,73%, em matéria seca, nos mesmos produtos destinados a gatos (Silva *et al.*, 2019). Os *snacks* formulados com suplementação proteica, apresentaram teores de proteína, em matéria seca, que variaram de 40,87 a 43,60%, enquanto que as formulações sem suplementação, apresentaram valores de proteína, em matéria seca, que variaram entre 25,31 a 28,39%, durante os 60 dias de estocagem, enfatizando a finalidade da adição do precipitado proteico seco às formulações de *snacks* testadas.

Quanto ao teor lipídico, a IN n° 30, de 2009, preconiza como limite para lipídios, teores mínimos de 8%, na produção de alimentos completos para animais de companhia (Brasil, 2009), e todas as amostras analisadas apresentaram valores acima desse limite, mesmo após 60 dias de armazenamento.

Durante o preparo do surimi, a CMS é submetida a sucessivas lavagens, para remoção de componentes, dentre eles as gorduras (Stine *et al.* 2012; Park *et al.* 2016), que diminui o teor lipídico, como visto na Tabela 12, e pode explicar a redução de lipídios na comparação entre a formulações preparadas com surimi e as de CMS.

Neiva *et al.*, (2011), Magalhães *et al.*, (2019) e Afonso *et al.*, (2021), observaram valores de lipídios que variaram entre 4,34 e 26,11%, valores abaixo dos encontrados no presente estudo (Tabela 13). Bacelar *et al.*, (2023), relataram teores de até 22,1% de lipídios na CMS de tilápia, em que o processo de filetagem pode deixar tecido adiposo aderido à

carcaça, conseqüentemente aumentando as porcentagens de lipídios na extração da CMS (Dallabona *et al.*, 2013), resultando nos teores mais elevados desse componente nas amostras de *snacks* testadas (Tabela 13).

A IN n° 30, de 2009, estabelece como limite para matéria mineral, teores máximos de 12%, na produção de alimentos completos para animais de companhia (Brasil, 2009), e todas as amostras analisadas apresentaram valores abaixo desse limite, mesmo após 60 dias de estocagem. Pires *et al.*, (2014), Goes *et al.*, (2015), Magalhães *et al.*, (2019) e Afonso *et al.*, (2021), encontraram valores de cinzas que variaram entre 1,53 a 12,7%, cujo os valores encontrados no presente estudo estiveram dentro desse intervalo (Tabela 13).

Durante o preparo do surimi, o produto é submetido a sucessivas lavagens com soluções de reagentes alcalinos, como cloreto e bicarbonato de sódio (Mello *et al.*, 2010), influenciando na matéria prima utilizada, como observado na Tabela 12, e pode explicar o aumento de cinzas na comparação das formulações preparadas com surimi em relação as que utilizaram CMS como base, observado na Tabela 13.

Em relação ao teor de carboidratos, a legislação brasileira não estabelece padrão para esse componente em alimentos completos para animais de companhia (Brasil, 2009), em que a variação entre a fonte de amido e de carne utilizada na elaboração do produto, representa a diferenciação entre os produtos descritos na literatura (Neiva *et al.*, 2011). Magalhães *et al.*, (2019), utilizaram 30% de fonte de carne na preparação de *snacks*, utilizando grãos de arroz como fonte de amido e principal componente da formulação, e encontraram um teor de carboidrato de 58,76%, diferentemente dos valores encontrados no presente estudo (Tabela 13), cujo a fonte de carne constituiu-se como o principal ingrediente das formulações, atingindo valores de carboidratos de até 30,28%.

Embora a IN n° 30 de 2009, não apresente limite para carboidratos na produção de alimentos completos para animais de companhia (Brasil, 2009), rações comerciais disponíveis no mercado costumam apresentar valores, em média, de 34,1 a 40,6% desse nutriente, em matéria seca, para rações terapêuticas e de manutenção para cães, enquanto que apresentam, em média, teores de 23,1 a 33,1%, em matéria seca, nos mesmos produtos destinados a gatos (Silva *et al.*, 2019). O fornecimento de carboidratos em grandes quantidades pode gerar picos glicêmicos e predispor os animais ao acúmulo de gordura, assim, é interessante que os produtos destinados a alimentação animal não excedam os valores preconizados pelos alimentos dispostos comercialmente (Veiga, 2008). Nos *snacks* formulados, foram observados

teores de carboidratos, em matéria seca, que variaram de 6,09 a 31,17%, durante os 60 dias de estocagem, apresentando valores abaixo de produtos dispostos comercialmente, o que é desejável para a dieta destes animais.

Na preparação do surimi, é adicionada sacarose como crioprotetor ao produto (Fogaça *et al.*, 2015), impactando na matéria prima utilizada, como observado na Tabela 12, e pode explicar o aumento de carboidratos na comparação das formulações preparadas com surimi em relação as que utilizaram CMS como base.

Quanto ao valor calórico, Goes *et al.*, (2015), observaram um valor que chegou 394,9 kcal/100g, em *snacks* elaborados com adição de farinha de diferentes peixes, enquanto que Silva *et al.*, (2019), relataram um teores que variaram de 419,77 a 432,19 kcal/100g, em rações comerciais de manutenção para cães e gatos, e os lipídeos representaram a principal variante na determinação das calorias dos alimentos, corroborando com a diferença dos valores relatados no presente estudo, e entre as amostras formuladas com base em CMS e surimi (Tabela 13).

De um modo geral, as formulações de *snacks* avaliadas apresentaram uma qualidade microbiológica e físico-química satisfatória, demonstrando padrões de identidade e segurança condizentes para o consumo, destacando a utilização da suplementação proteica, principalmente na formulação preparada com surimi, tornando um produto atraente para uma demanda de alimentação rápida, com bom fornecimento de nutrientes e energia.

5 CONCLUSÕES

A utilização dos ácidos orgânicos acético, ascórbico, cítrico e tartárico em diferentes preparações, em conjunto ao tratamento térmico, favoreceu a precipitação e recuperação de proteínas da água residual de lavagem do surimi de tilápia, e a aplicação dos métodos de conservação testados mantiveram a qualidade e estabilidade do precipitado proteico, que possibilitou a viabilidade da elaboração de coprodutos, através do produto tipo “*snack*”, enriquecido com proteínas recuperadas da água refuga, que apresentou características microbiológicas e físico-químicas adequadas para consumo.

REFERÊNCIAS

AFONSO, M. V. R.; JESUS, N. G.; OLIVEIRA, N.; RABELO, W.; JORGE, A. L. T. A.; ALMEIDA, G. M. Avaliação e composição nutricional de rações secas para cães adultos. *Pubvet*, 15, 208, 2021.

AGUIAR, G. P. S.; LIMBERGER, G. M.; SILVEIRA, E. L. “Alternativas tecnológicas para o aproveitamento de resíduos provenientes da industrialização de pescados”. **Revista Eletrônica Interdisciplinar**, v. 1, n. 11, p. 225-229, 2014.

ALVES, A. S. S. **Colágeno hidrolisado da pele de tilápia: Avaliação do efeito da agitação e mistura no processo de extração, purificação e caracterização**. Universidade Federal de Alagoas, Pós-graduação em Engenharia Química, Alagoas, 2019.

ALVES, D. D.; MANCIO, A. B. Maciez da carne bovina: uma revisão. **Revista da Faculdade de Zootecnia, Veterinária e Agronomia**. Uruguaiana, v.14, n.1, p. 193216, 2007.

ANDRADE, R. O.; FERREIRA, N. L. B.; LIMA, G. S.; LIMA, A. R. C.; FIGUEIREDO, C. F. V.; LIMA, E. H. S.; VILELA, A. F. Comportamento higroscópico da polpa de Araçá-boi (*Eugenia stipitata*) em pó obtida pelo método de liofilização com diferentes concentrações de maltodextrina. **Research, Society and Development**, 10(9), 2021.

ARAÚJO, F. I.; ARAÚJO, M. S.; CARVALHO, A. A.; SIQUEIRA, K. F. Desenvolvimento de maionese com sabor regional. **Revista Processos Químicos**, 10(20), 157-165, 2016.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC, **Official Methods of Analysis**, 18th ed. W. Horwitz (ed.). Association of Official Analytical Chemists: Washington D.C. 2010.

AZADIAN, M.; MOOSAVI-NASAB, M.; ABED, E. Comparison of functional properties and SDS-PAGE patterns between fish protein isolate and surimi produced from Silver carp. **European Food Research and Technology**, v.235, p.83–90, 2012.

BACELAR, R. G. A.; MOURA, N. O.; SOUSA, M. S.; SANTOS FILHO, J. H.; RODRIGUES, K. S.; MELO, E. S.; MURATORI, M. C. S. Mechanically separated meat prepared with edible tilapia filleting waste from a public fish market. **Acta Scientiarum. Animal Sciences**, v. 45, e60993, 2023

BACELAR, R. G. A.; MURATORI, M. C. S. Utilização de resíduos de filetagem de tilápia na tecnologia de alimentos: uma revisão. **Revista Científica Rural**, v. 22, n. 2, p. 263-278, 2020.

BACELAR, R. G. A.; SOUSA, M. S.; SANTOS FILHO, J. H.; MOURA, N. O.; MURATORI, M. C. S. Nuggets prepared using mechanically separated meat (MSM) obtained from tilapia carcasses and cassava dough. **Boletim do Instituto de Pesca**, v. 47, 2021.

BERNADINO FILHO, R.; XAVIER, L. C. A. Obtaining, income and characterization of CMS produced from Nile Tilapia filetage waste. **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, 9(2), 1-4. 2019.

BOURTOOM, T.; CHINNAN, M. S.; JANTAWAT, P.; SANGUANDEEKUL, R. Recovery and characterization of proteins precipitated from surimi wash-water. **LWT - Food Science and Technology**, v.42, p.599–605, 2009.

BRASIL. Associação Brasileira de Pesca e Aquicultura. **Anuário Brasileiro da Piscicultura**. São Paulo: PEIXE BR, 2023. 65 p. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/anuario/>. Acesso em: 16 set. 2024.

BRASIL. Associação Brasileira de Pesca e Aquicultura. **Anuário Brasileiro da Piscicultura**. São Paulo: PEIXE BR, 2024. 69 p. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/anuario/>. Acesso em: 18 out. 2024.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Decreto nº 10.419, de 7 de julho de 2020. Dispõem sobre o regulamento da inspeção industrial e sanitária de produtos de origem animal. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, ed. 159, 19 ago. 2020.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 30, de 5 de agosto de 2009. Estabelece critérios e procedimentos para o registro de produtos, para rotulagem e propaganda e para isenção da obrigatoriedade de registro de produtos destinados à alimentação de animais de companhia. **Diário Oficial da União**, 2009.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Manual de Métodos Oficiais para Análise de Alimentos de Origem Animal**. ed. 1. Brasília, DF: 2018. 140p.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa - IN nº 161, de 1º de julho de 2022. Estabelece os padrões microbiológicos dos alimentos. **Diário Oficial da União**, 2022.

BRUM, S. A.; AUGUSTO, P. O. M. Ambiente de tarefa: as estratégias da Copacol (PR) na produção de tilápia em escala industrial pelo sistema vertical integrado. **Revista Eletrônica Científica do CRA-PR**, v.3, n.1, p.19-34, 2015.

BUCKER, F.; MARDER, M.; PEITER, M. R.; LEHN, D. N.; ESQUERDO, V. M.; PINTO, L. A. A.; KONRAD, O. Fish waste: an efficient alternative to biogas and methane production in an anaerobic mono-digestion system. **Renew Energy**, 147(1), 798-805. 2020.

CANO-LOZANO, J. A.; DIAZ, L. M. V.; BOLIVAR, J. F. M.; HUME, M. E.; PARDO, R. Y. Probiotics in tilapia (*Oreochromis niloticus*) culture: Potential probiotic *Lactococcus lactis* culture conditions. **Journal of bioscience and bioengineering**, v. 133, n. 3, p. 187-194, 2022.

CASARIN, F.; MENDES, C. E.; LOPES, T. J.; MOURA, N. F. Planejamento experimental do processo de secagem da amora-preta (*Rubus* sp.) para a produção de farinha enriquecida com compostos bioativos. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 19, e2016025, 2016.

CELESTINO, S. M. C. **Princípios de secagem de alimentos**. Embrapa Cerrados, 51p, 2010.

CHALAMAIAH, M., HEMALATHA, R., JYOTHIRMAYI, T. Fish protein hydrolysates: proximate composition, amino acid composition, antioxidant activities and applications: a review. **Food Chemistry**, v. 135, n. 4, p. 3020-3038, 2012.

- CORTEZ NETTO, J. D. P.; OLIVEIRA FILHO, P. R. C. D.; LAPA-GUIMARÃES, J.; VIEGAS, E. M. M. Physicochemical and sensory characteristics of snack made with minced Nile tilapia. **Food Science and Technology**, 34, 591-596, 2014.
- COSTA, J. D. P.; SOUZA, J. H. P.; MOURA NETO, L. G.; VALE, D. A.; SOUZA, B. W. S.; COSTA, J. M. C. Aplicação do processo de secagem por liofilização em raia (*Gymnura altavela*). **Revista Principia**, 60(3), 781-796, 2023.
- DALLABONA, B. R.; KARAM, L. B.; WAGNER, R.; BARTOLOMEU, D. A. F. S.; MIKOS, J. D.; FRANSCISCO, J. G. P.; MACEDO, R. E.; KIRSCHNIK, P. G. Effect of heat treatment and packaging systems on the stability of fish sausage. **Revista Brasileira de Zootecnia**. v.42, n.12, 2013.
- DEWITT, C. A. M.; MORRISEY, M. T. Parameters for the recovery proteases from surimi wash water. **Bioresource Technology**, v.81, p.241-247, 2002.
- DZUNG, N. H. Vietnam's aquaculture industry - achievements and outlook. **Infofish International**. v. 2, n. p. 9-11, 2007.
- ELIZONDO-GARZA, P.; SERNA-SALDÍVAR, S.O.; CHUCK-HERNANDEZ, C. Protein recovery from Skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) wash water with different ph and temperature combinations. **Revista Mexicana de Ingeniería Química**, v.16, n.1, p.91-99, 2017.
- FARIAS, M. R.; SATEL, N. M.; ROSSET, M.; SANTOS, C. M. E. Avaliação de diferentes embalagens na manutenção de características físico-químicas de morangos. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, 15(2), 321-332, 2022.
- FERNANDES, B. P. O papel da atividade de água na indústria alimentícia. **BTA Add Innovation**, 2020.
- FERREIRA, H. K. A.; SIGNOR, F. R. P.; FIGUEIREDO, E. S.; SIGNOR, A.; REIDEL, A.; SIGNOR, A. A. Hidrolisados proteicos de resíduos da indústria de processamento de tilápia: caracterização centesimal, microbiológica e aminoácidos. **Brazilian Journal of Development**, 6(8), 57359-57369, 2020.
- FERREIRA NETO, C. J.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; QUEIROZ, A. J. M. Avaliação sensorial e da atividade de água em farinhas de mandioca temperadas. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras, v. 29, n. 4, p. 795-802, 2005.
- FOGAÇA, F. H. S.; OTANI, F. S.; PORTELLA, C. G.; SANTOS-FILHO, L.G.A.; SANTANA, L. S. Characterization of surimi from mechanically deboned tilapia meat and fishburger preparation. **Semina: Ciências Agrárias**, 36(2), 765-776. 2015.
- FREITAS, B. A. G.; RIBEIRO, J. S.; VIANA, E. B. M.; SOUZA, C. C. E.; ZANUTO, M. E. Principais métodos de secagem utilizados na obtenção de polpa de fruto em pó solúvel: uma revisão: Main drying methods used to obtain soluble fruit pulp powders: a review. **Brazilian Applied Science Review**, 6(6), 1588-1620, 2022.

GARCIA, F. T.; SOBRAL, P. J. A. Effect of the thermal treatment of the filmogenic solution on the mechanical properties, color and opacity of films based on muscle protein of two varieties of Tilapia. **LWT – Food Science and Technology**, v. 38, n. 03, p. 289-296, 2005.

GARCÍA, S, C. O.; PACHECO, A, R.; VALDEZ, H, S.; MÁRQUEZ, R, E.; LUGO, S, M. E.; ESQUERRA, B. J. M. Impacto del agua de cola de la industria pesquera: tratamientos y usos Impact of stickwater produced by the fishery industry: treatment and uses. **Journal of Food**, v. 7, n. 1, p. 67-77, 2009.

GOES, E. S. D. R.; SOUZA, M. L. R. D.; CAMPELO, D. A. V.; YOSHIDA, G. M.; XAVIER, T. O.; MOURA, L. B. D.; MONTEIRO, A. R. G. Extruded snacks with the addition of different fish meals. **Food Science and Technology**, 35(4), 683-689.

GOMES, F. P.; RESENDE, O.; SOUSA, E. P. Food drying: a review on applications/Secagem de alimentos: uma revisão sobre aplicações. **Brazilian Journal of Development**, v. 8, n. 2, p. 12759-12777, 2022.

GOMIDE, J. M. C. et al. Increased activity of the renin-angiotensin and sympathetic nervous systems is required for regulation of the blood pressure in rats fed a low-protein diet. **Experimental Physiology**, v. 98, p. 57-66, 2013.

GU, Z.; LIU, S.; DUAN, Z.; KANG, R.; ZHAO, M.; XIAA, G.; SHEN, X. Effect of citric acid on physicochemical properties and protein structure of low-salt restructured tilapia (*Oreochromis mossambicus*) meat products. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. p.1-10, 2020.

GUIMARÃES, J. T.; SOUZA, A. L. M.; BRÍGIDA, A.I.S.; FURTADO, A. A. L.; CHICRALA, P. C. M. S.; SANTOS, V. R. V.; ALVES, R. R.; LUIZ, D. B.; MESQUITA, E. F. M. Quantification and characterization of effluents from the seafood processing industry aiming at water reuse: A pilot study. **Journal of Water Process Engineering**, v.26, p.138-145, 2018.

HEFFERNAN, S.; GIBLIN, L.; O'BRIEN, N. Assessment of the biological activity of fish muscle protein hydrolysates using in vitro model systems. **Food chemistry**, v. 359, p. 129852, 2021.

HEMUNG, B. O.; CHIN, K. B. Evaluation of Acid-treated fish sarcoplasmic proteins on physicochemical and rheological characteristics of pork myofibrillar protein gel mediated by microbial transglutaminase. **Korean Journal Food Science Animal Resources**, v.35, n.1, p.50-57, 2015.

HINSUI, J.; KRASAE, K.; JANTARATCH, N.; MAHAE, N. Protein and water recovery from tuna defrosting wastewater. **Heliyon**, 10(5), 2024.

ICMSF (INTERNATIONAL COMMISSION ON MICROBIOLOGICAL SPECIFICATIONS FOR FOODS). 2. **Sampling for microbiological analysis: principles and specific applications**. 2.ed. London: Blackwell Scientific Publications, 1986.

KANJANAPONGKUL, K.; YOOVIDHYA, T.; TIA, S.; WONGSA-NGASRI, P. Protein removal from fish mince washwater using ohmic heating. **Songklanakarin Journal of Science and Technology**, v.30, p.341-346, 2008.

KONG, W.; ZHANG, T.; FENG, D.; XUE, Y.; WANG, Y.; LI, Z.; YANG, W.; XUE, C. Effects of Modified Starches on the Gel Properties of Alaska Pollock Surimi Subjected to Different Temperature Treatments. **Food Hydrocolloids**, 56, 20–28, 2016.

LEITE, S. B. P.; SUCASAS, L. F. A.; OETTERER, M. Resíduos da comercialização de pescado marinho – volume de descarte e aspectos microbiológicos. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v.10, n.1, p.2112-2125, 2016.

LIMA, L. K. F. **Reaproveitamento de Resíduos Sólidos na Cadeia Agroindustrial do Pescado**. Palmas: Embrapa, 2013.

LOPEZ-ENRIQUEZ, R. L.; OCANO-HIGUERA, V. M.; TORRES-ARREOLA, W.; EZQUERRA-BRAUER, J. M.; MARQUEZ-RIOS, E. Chemical and Functional 36 Characterization of Sarcoplasmic Proteins from Giant Squid (*Dosidicus gigas*) Mantle. Hindawi Publishing Corporation. **Journal of Chemistry**, p.1-10. 2015.

MAGALHÃES, A. O.; MÁRSICO, E. T.; SOARES JÚNIOR, M. S.; MONTEIRO, M. L. G. Evaluation of the technological quality of snacks extruded from broken grains of rice and mechanically separated tilapia meat flour. **Boletim do Instituto de Pesca**, 45(2): e429, 2019.

MARENGONI, N. G.; POZZA, M. S.; BRAGA, G. C.; LAZZERI, D. B.; CASTILHA, L. D.; BUENO, G. W.; POLESE, C. Caracterização microbiológica, sensorial e centesimal de fishburgers de carne de tilápia mecanicamente separada. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, 10(1), 2009.

MAROLI, A. C. et al. Utilização da semente da abóbora cabotiá na elaboração de snack salgado. **e-TECH**, v. 15, n. 3, 2022.

MARTÍN-SÁNCHEZ, A. M.; NAVARRO, C.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J. A.; KURI, V. Alternatives for efficient and sustainable production of surimi: a review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 8, n. 4, p.359-374, 2009.

MARTINS, V. G.; COSTA, J. A. V.; PRENTICE-HERNÁNDEZ, C. Hidrolisado protéico de pescado obtido por vias química e enzimática a partir de corvina (*Micropogonias furnieri*). **Química Nova**, v. 32, p. 61-66, 2009.

MAXIMO, G. J.; CUNHA, R. L. Mechanical properties of collagen fiber and powder gels. **Journal of Textures Studies**, n. 6, v. 41, p. 757–927, 2010.

MELLO, S. C. R. P.; FREITAS, M. Q.; CLEMENTE, S. C. S.; FRANCO, R. M, NOGUEIRA, E. B.; PINTO, M. D. S. R. Caracterização química e bacteriológica de polpa e surimi obtidos do espinhaço residual da filetagem de tilápia. **Ciência Rural**, v. 40, n. 3, p. 648-653, 2010.

- MENDES, M. P. et al. Determinação da qualidade físico química e instrumental de maionese desenvolvida à base de óleo de coco. **Higiene Alimentar**, v.30, n. 260/261, 2016.
- MONTERREY-QUINTERO, E. S.; SOBRAL, P. J. D. A. Preparo e caracterização de proteínas miofibrilares de tilápia-do-nilo para elaboração de biofilmes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 35, 179-189, 2000.
- MOREIRA, D. B.; DIAS, T. J.; ROCHA, V. C.; CHAVES, A. C. T. A. Determinação do teor de cinzas em alimentos e sua relação com a saúde. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, 7(10), 3041-3053, 2021.
- MORRISSEY, M. T.; PARK, J. W.; HUANG, L. **Surimi processing waste: Its control and utilization. In: Park JW, editor. Surimi and surimi seafood**. 1.ed. New York: Marcel Dekker Inc. 165p. 2000.
- MURUETA, J. H. C.; TORO, M. A. N.; CARRRENO, F. G. Concentrates of fish protein from bycatch species produced by various drying processes. **Food Chemistry**, v. 100, p. 705-711, 2007.
- NASCIMENTO, A. L. A. et al. Desenvolvimento de Desidratador Solar de Alimentos com Sistema de Aquisição de Dados em Plataforma Arduino. **Caderno de Ciências Agrárias**, vol. 7, p. 29-34, 2015.
- NEIVA, C. R. P.; MACHADO, T. M.; TOMITA, R. Y.; FURLAN, É. F.; LEMOS NETO, M. J.; BASTOS, D. H. M. Fish crackers development from minced fish and starch: an innovative approach to a traditional product. **Food Science and Technology**, 31, 973-979, 2011.
- OGAWA, M.; MAIA, E. L. **Manual de pesca: ciência e tecnologia do pescado**. v. 1. São Paulo: Livraria Varela, 1999.
- OLIVEIRA NETO, R. V.; SANTOS, C. L.; FONSECA, R. S. K.; SANTOS ROLIM, C. S.; OLIVEIRA, I. V.; COSTA, C.; BELÉM, S. Elaboração de concentrado proteico de pescado Preparation of fish protein concentrate. **Brazilian Journal of Development**, 8(1), 3090-3097, 2022.
- PARK, S. H.; LEE, H. J.; YOON, I. S.; LEE, G.-W.; KIM, J.-S.; HEU, M. S. Protein Functionality of Concentrates Prepared from Yellowfin Tuna (*Thunnus albacares*) Roe by Cook-dried Process. **Food Science Biotechnology**, 25, 1569–1575, 2016.
- PEDROSA FILHO, M. X.; FLORES, R. M. V.; ROCHA, H. S.; SILVA, H. J. T.; SONODA, D. Y.; CARVALHO, V. B.; OLIVEIRA, L.; RODRIGUES, F. L. M. O mercado de peixes da piscicultura no Brasil: estudo do segmento de supermercados. **Embrapa Pesca e Aquicultura**, p. 13-37, 2020.
- PINHEIRO, M. D. N.; LOPES, E. M.; BARROS, F. A. L.; SOUSA, N. C.; CORDEIRO, C. A. M. Elaboração e análise sensorial de produto tipo “snack” a base de surimi de pescado do

Mercado de Peixe de Bragança, estado do Pará. **Engenharia de Pesca: Aspectos teóricos e práticos**, v. 1, p. 167-174, 2021.

PINTO, B. V. V.; BEZERRA, A. E.; AMORIM, E.; VALADÃO, R. C.; OLIVEIRA, G. M. O resíduo de pescado e o uso sustentável na elaboração de coprodutos. **Revista Mundi Meio Ambiente e Agrárias**, v.2, n.2, p.1-26, 2017.

PIRES, D. R.; MORAIS, A. C. N.; COSTA, J. F.; GÓES, L. C. D. S. A. Aproveitamento do resíduo comestível do pescado: Aplicação e viabilidade. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, 9(5): 34 - 46. 2014.

PIRES, P. G. S.; TEIXEIRA, L.; MENDES, J. V. Composição nutricional e avaliação rótulo de rações secas para cães e gatos adultos comercializadas em Pelotas-RS. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer-Goiânia, 10(18), 2014.

REBOUÇAS, M. C.; RODRIGUES, M. D. C. P.; CASTRO, R. J. S.; VIEIRA, J. M. M. Caracterização do concentrado proteico de peixe obtido a partir dos resíduos da filetagem da tilápia do Nilo. **Semina: Ciências Agrárias**, v.33, n.2, p.697-704, 2012.

REBOUÇAS, M. C.; RODRIGUES, M. D. C. P.; DA PENHA, M. F. A.; COSTA, V. D. S. Desenvolvimento e aceitação sensorial de cookies de coco adicionados de concentrado proteico de pescado. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, 11-18, 2012.

REIS, E. S.; CARDOSO, S.; OLIVEIRA, T. E. Métodos de filetagem da tilápia-do-Nilo em dois abatedouros frigoríficos de pescado: rendimento de filé e resíduos. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 1, p. e27812135831-e27812135831, 2023.

RIBEIRO, C. L. N., BARRETO, S. L. T., HANNAS, M. I. Micotoxinas encontradas em rações e alimentos utilizados na produção comercial de aves no Brasil. **Nutritime**, v. 12, n. 1, p. 3910–3924, jan/fev, 2015.

RIZZON, L. A.; SGANZERLA, V. M. A. Ácidos tartárico e málico no mosto de uva em Bento Gonçalves-RS. **Ciência Rural**, v. 37, p. 911-914, 2007.

RODRIGUES, C. Z.; SANTOS, L. F. Substâncias antioxidantes cosméticas: composição química e ação no retardamento do envelhecimento cutâneo. **Revista Científica da FHO| Uniararas**, v. 6, n. 1, p. 28-36, 2018.

RODRIGUES, K. S. et al. Drying of residual tilapia skin from filleting using a thermophotovoltaic solar dehydrator. **Acta Veterinaria Brasilica**, June 15, 166-172, 2021.

ROMANZINI, G. B.; COSTA, C. P. Cultivo da tilápia do nilo (*Oreochromis niloticus*) em tanques-rede: uma revisão de literatura. **Revista JRG de Estudos Acadêmicos**, v. 6, n. 13, p. 783-797, 2023.

RUIZ, M. L.; OWATARI, M. S.; YAMASHITA, M. M.; FERRAREZI, J. V. S.; GARCIA, P., CARDOSO, L.; MOURIÑO, J. L. Histological effects on the kidney, spleen, and liver of

Nile tilapia *Oreochromis niloticus* fed different concentrations of probiotic *Lactobacillus plantarum*. **Tropical animal health and production**, v. 52, p. 167-176, 2020.

SANTOS, B. G. et al. Parâmetros de qualidade microbiológica avaliados em peixe tambaqui comercializado em Cuiabá-MT. **Ciência e Tecnologia: Estudos científicos na área de Microbiologia de Alimentos**, 3, p. 10-14, 2023.

SCOPEL, E. et al. Extração de Ácido Cítrico do Limão e sua Utilização para a Remoção da Dureza da Água: Um Método Alternativo para Aulas de Química. **Revista Virtual Química**, v. 9, n. 3, 2017.

SHAVIKLO, A. R. Development of fish protein powder as an ingredient for food applications: a review. **Journal of food science and technology**, 52(2), 648-661, 2015.

SHAVIKLO, G. R.; THORKELSSON, G.; RAFIPOUR, F.; SIGURGISLADOTTIR, S. Quality and storage stability of extruded puffed corn-fish snacks during 6-month storage at ambient temperature. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 91(5), 886-893, 2011.

SILVA, L. P. S.; NORA JÚNIOR, R. C. H.; PEREIRA, C. M. C.; BERNARDINO, V. M. P. Manejo nutricional para cães e gatos obesos. **Pubvet**, 13, 166, 2019.

SILVA, M. C. da. **Avaliação da qualidade microbiológica de alimentos com a utilização de metodologias convencionais e do sistema simplate**. 2002. 75 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Escola Luiz de Queiroz – Universidade de São Paulo, 2002.

SILVA, N. et al. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água**. 4 ed. São Paulo: Livraria Varela, 2010. 624 p.

SOARES, V. M.; PEREIRA, J. G.; IZIDORO, T. B.; MARTINS, O. A.; PINTO, J. P. D. A. N.; BIONDI, G. F. Qualidade microbiológica de filés de peixe congelados distribuídos na cidade de Botucatu-SP. **UNOPAR Científica. Ciências Biológicas e da Saúde**, 85-88, 2011.

SOUZA, R. M.; SANTANA, F. A.; GARGANTINI, O. F. Produção de tilápias em tanques-rede. **Alomorfia**, 2021.

STAROSTENKO, B.; NECHEPURENKO, K.; HORBENKO, H.; ZOLOTUKHINA, O.; ZORYA, R.; TRUBCHANIN, A. Technology of fish snacks based on minced fish using a protein supplement for prevention of chronic gastrointestinal diseases. **Science Rise**, 3 (68), 3-9, 2020.

STINE, J. J., PEDERSEN, L., SMILEY, S.; BECHTEL, P. J. Recovery and utilization of protein derived from surimi wash-water. **Journal of Food Quality**, 35(1), 43–50, 2012.

STRASBURG, G., XIONG, Y. L., CHIANG, W. 2010. **Fisiologia e Química dos Tecidos Musculares Comestíveis**. In: DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O.R.

Química de Alimentos de Fennema. 4 ed. Porto Alegre, RS: Artmed, cap. 16, p.719-757, 2010.

SUN, L.; SUN, J.; THAVARAJ, P.; YANG, X.; GUO, Y. Effects of Thinned Young Apple Polyphenols on the Quality of Grass Carp (*Ctenopharyngodon idellus*) Surimi during Cold Storage. **Food Chemistry**, 224, 372–381, 2017.

TADPITCHAYANGKOON, P., PARK, J. W., MAYER, S. G., & YONGSAWATDIGUL, J. Structural changes and dynamic rheological properties of sarcoplasmic proteins subjected to pH-shift method. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.58, n.7, p.4241–4249. 2010.

TANCREDI, R. C. P.; CHUNG, J. L.; ALMEIDA, M. C.; FERES, R. S. R.; MARIN, V. A. Rotulagem de biscoitos salgados e snacks: considerações sobre as informações obrigatórias. **Higiene Alimentar**, 198-203, 2011.

TOXQUI, C. G.; AVITIA, R. L.; ÁNGELES, Á. G.; ROBLES, A. C.; HERNÁNDEZ, I. D. Z. Inocuidad en alimentos mediante la liofilización. **Brazilian Journal of Animal and Environmental Research**, 7(3), e71888-e71888, 2024.

TIAN, Y.; WANG, W.; YUAN, C.; ZHANG, L.; LIU, J.; LIU, J. Nutritional and digestive properties of protein isolates extracted from the muscle of the common carp using ph-shift processing. **Journal of Food Processing and Preservation**, v.41, n.1, p.1-9. 2017.

VEIGA, A. P. M. Suscetibilidade a diabetes mellitus em cães obesos. **Acta Scientiae Veterinariae**, 36(3):311-312, 2008.

VELAZQUEZ, G., MIRANDA-LUNA, P., LÓPEZ-ECHEVARRÍA, G., VÁZQUEZ, M., TORRES, J. A., AND RAMÍREZ, J. A. Effect of recovered soluble proteins from pacific whiting surimi wash water on the functional and mechanical properties of *Alaska pollock* surimi grade FA. **Ciência e Tecnologia Alimentar**, v.5, p.340-345. 2007.

VIANNA, B. J. M. L.; SANTOS, I. V.; QUAIST, E.; QUAIST, L. B.; RAUPP, D.; GROSSA, E. D. P. G. P. Small canned potatoes (*Solanum tuberosum*) conserved in lactic acid conserva de batatas (*solanum tuberosum*) de pequeno porte em ácido láctico. **Revista Brasileira de Tecnologia**, 7(01), 876-885, 2013.

VIDAL, J. M. A.; RODRIGUES, M. D. C. P.; ZAPATA, J. F. F.; VIEIRA, J. M. M. Concentrado protéico de resíduos da filetagem de tilápia-do-nilo (*Oreochromis niloticus*): caracterização físico-química e aceitação sensorial. **Revista Ciência Agronômica**, 42, 92-99, 2011.

VILLAMIL, O.; VÁQUIRO, H.; SOLANILLA, J. F. Fish viscera protein hydrolysates: Production, potential applications and functional and bioactive properties. **Food Chemistry**, v. 224, p. 160-171, 2017.

WARREN, D.; PAKER, I.; JACZYNSKI, J.; MATAK, K. E. Nutritional Quality and Physical Characteristics of Soluble Proteins Recovered from Silver Carp. **Journal of Food Science**, v.83, n.7, p.1970-1979, 2018.

XIANGMING, Q.; LU, W.; SHENJIE, L.; TIANWEI W. Recovering protein from surimi wash water after isoelectrically precipitate by chitosan flocculation. **Chinese Society of Agricultural Engineering**, v.31, n.6, p.327-332, 2015.

YEONG, W. T.; MOHAMMAD, A. W.; ANUAR, N.; RAHMAN, R. A. Potential use of nanofiltration membrane in treatment of wastewater from fish and surimi industries. **Songklanakarin Journal of Science and Technology**, v. 24 (Suppl.), p. 977 – 987, 2002.

YU, S. Y. Effect of rice starch on the linear expansion of fish crackers (keropok). **Tropical Science**. v. 33, n. 3, p. 319-321, 1993.

ZAPARTE, T. A.; NACIMENTO, A. C. K.; PEREIRA FILHO, J. I. Utilização de agregados reciclados de concreto tratados pelo método de pré-imersão em soluções de ácido acético. **Revista Técnico-Científica**, n. 10, 2018.