

**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Influência das proantocianidinas da casca do jatobá incorporados
em hambúrguer de atum e seus efeitos nas propriedades físico-
químicas e sensoriais**

Carolina de Souza Moreira

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestra em Ciências. Área de concentração: Ciência e
Tecnologia de Alimentos

**Piracicaba
2023**

**Carolina de Souza Moreira
Engenheira de Pesca**

**Influência das proantocianidinas da casca do jatobá incorporados em
hambúrguer de atum e seus efeitos nas propriedades físico-químicas e
sensoriais**

versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientadora:

Prof^a. Dr^a. **CARMEN JOSEFINA CONTRERAS-CASTILLO**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestra
em Ciências. Área de concentração: Ciência e Tecnologia
de Alimentos

**Piracicaba
2023**

DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Moreira, Carolina de Souza

Influência das proantocianidinas da casca do jatobá incorporados em hambúrguer de atum e seus efeitos nas propriedades físico-químicas e sensoriais / Carolina de Souza Moreira. - - versão revisada de acordo com a Resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2023.

101 p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

1. Pescado 2. Desenvolvimento 3. Estabilidade 4. Tecnologia I. Título

AGRADECIMENTOS

Por maior que seja o mérito de dar o primeiro passo e buscar novos horizontes, jamais devemos esquecer daqueles que nos auxiliaram em cada curva e obstáculo que surgiu. Eu não teria caminhado tão longe se estivesse sozinha nessa jornada, eu sou a soma de todos que passaram pela minha vida e principalmente daqueles que me quiseram bem. Se hoje entrego este trabalho e me torno mestra em Ciência e Tecnologia de Alimentos, tenho plena consciência e imensurável gratidão a todos que acreditaram em mim, quando nem eu acreditava e me ajudaram quando eu só poderia dar em troca o meu muito obrigada.

Agradeço primeiramente à Deus pelas bênçãos, saúde, sabedoria e oportunidades concedidas.

À minha família, minha fonte inesgotável de amor, meu pilar, que sempre me apoiou em todas escolhas, choraram meu choro e comemoraram comigo cada vitória. Por me ensinarem o valor do estudo e por me orientar sempre a escolher o caminho correto, buscar meus sonhos sem nunca precisar passar por cima de ninguém, trabalhando sempre com a verdade para alcançar meus objetivos.

Aos meus amigos, que foram e são minha rede de apoio, nos bons e maus momentos durante a pós-graduação e vida, meu muito obrigada por tudo, sei que sem a presença de pessoas como vocês talvez eu não estaria encerrando esta etapa com tanta alegria e com sentimento de dever cumprido. Graças ao bom Deus, tenho muitos nomes a agradecer, e a ordem dos nomes citados não refletem na proporção do meu carinho e amor que sinto. Agradeço a Cecylyana Leite, Carlos Eduardo Freire, Mariana Lugon, Iliani Patinho, Paula Zambe, Leandro Presenza, Samuel Ferreira, Betsy Gois, Dayvison Mendes e Tiago Ferreira. A Mariana Dargelio, por todo conhecimento, apoio técnico e também pelo apoio emocional, amizade e parceria durante todo o mestrado. Por ser uma bússola no direcionamento do meu experimento e uma amiga nos momentos de acolhimento. Aos colegas do Laboratório de Qualidade e Processamento de Carnes da Esalq-USP, obrigada pela contribuição direta e indireta.

À minha orientadora, professora Dra. Carmen Josefina Contreras Castillo, pela liberdade que me deu de conduzir meu experimento e por toda contribuição acadêmica, incentivo na pesquisa e suporte no desenvolvimento desta dissertação. Ao professor Manuel por todos ensinamentos e paciência durante a realização das

análises iniciais e contribuição com este trabalho. Ao professor Dr. Severino Alencar e a aluna Ana Sofia Saliba, pela parceria e contribuição nas análises deste trabalho. Ao professor Dr. Erick Saldaña Villa pela parceria e compartilhamento de conhecimento. A professora Dra. Aline Cesar, pelo carinho e acolhimento, agradeço a oportunidade de trabalhar como tutora em sua disciplina e por todo conhecimento compartilhado. Meu agradecimento e carinho se estende à Ivani Zambello, técnica do laboratório de Micotoxinas e Micologia, e a Simara Fanalli e Izally Gervásio com quem também tive o prazer de conhecer, trabalhar e compartilhar bons momentos. Aos laboratórios de Microbiologia de Alimentos, liderado pela professora Dra. Daniele Maffei e a Técnica Denise Babbista junto com sua equipe, e agradecer também ao Laboratório Engenharia de processos e produtos amiláceos, liderado pela Técnica Carlota dos Anjos e sua equipe de pós-graduandos. Meu muito obrigada.

Agradeço a empresa Atum do Brasil, em especial ao Sr. Mauro Lucio Peçanha, Sra. Helena Peçanha e Tainá Peçanha, por aceitarem contribuir com meu projeto, pela parceria e por toda atenção e carinho para comigo. À Cargil, em especial a Camila Pazarin, pela atenção e disponibilidade de me atender. À Claudia Maria da Silva, do Laboratório Lanali, pela bondade e parceria, e por ser meu socorro na reta final de minhas análises.

Agradeço a Compusense Cloud pela parceria e auxílio que o software me proporcionou em toda análise sensorial do meu experimento e com certeza enriqueceu muito mais o meu trabalho.

Agradeço à Escola Superior Luiz de Queiroz pela oportunidade de desenvolvimento deste estudo e por fornecer conhecimento de excelência para minha formação, aos funcionários da instituição e a DVATCON (Divisão de Atendimento à Comunidade), por todo suporte, em especial a Faride Simão e Eliana Valsechi pelo acolhimento e auxílio.

Agradeço à CAPES pela bolsa de pesquisa.

EPIGRAFE

“Temos de respeitar os níveis de compreensão que os educandos - não importa quem sejam - estão tendo de sua própria realidade. Impor a eles a nossa compreensão em nome de sua libertação é aceitar soluções autoritárias como caminhos de liberdade. Só educadores autoritários negam a solidariedade entre o ato de educar e o ato de serem educados pelos educandos; só eles separam o ato de ensinar do de aprender, de tal modo que ensina quem se supõe sabendo e aprende quem é tido como quem nada sabe. Ninguém ignora tudo. Ninguém sabe tudo. Todos nós sabemos alguma coisa. Todos nós ignoramos alguma coisa.”

(Paulo Freire)

SUMÁRIO

RESUMO	8
ABSTRACT.....	9
1. INTRODUÇÃO	11
2. OBJETIVOS	15
2.1. Objetivos específicos	15
3. REVISÃO DE LITERATURA	17
3.1. Recursos pesqueiros e consumo de pescado.....	17
3.2. Produtos cárneos e hambúrguer de pescado	20
3.3. Oxidação lipídica no pescado	25
3.4. Aditivos.....	27
3.5. Antioxidante sintético	28
3.6. Jatobá: fonte de bioativos	30
3.7. Proantocianidinas.....	32
3.8. Amido de mandioca como agente de adsorção	34
4. METODOLOGIA.....	37
4.1. Fabricação do extrato de jatobá e caracterização antioxidante	37
4.1.1. Obtenção do extrato de jatobá	37
4.1.2. Extração da proantocianidina e incorporação no amido de mandioca	37
4.1.3. Quantificação do extrato de jatobá.....	37
4.1.4. Fenólicos compostos totais	38
4.1.5. Capacidade antioxidante.....	38
4.1.6. Mensuração do extrato no produto	39
4.1.7. Toxicidade aguda in vivo no modelo <i>Galleria mellonella</i>	39
4.1.8. Caracterização do extrato de jatobá	40
4.1.9. Ensaio de toxicidade em <i>Galleria mellonella</i>	41
4.2. Matéria prima e fabricação dos hambúrgueres	42
4.3. Composição centesimal	47
4.4. Atividade de água (Aw) e medição de pH	47
4.5. Medição de cor instrumental	47
4.6. Textura instrumental.....	47
4.7. Oxidação lipídica - TBARS	48
4.8. Microbiológica	48
4.9. Análise sensorial	49

4.9.1. Aspectos éticos.....	49
4.9.2. Perfil descritivo otimizado	50
4.9.3. Recrutamento e treinamento de equipe sensorial	50
4.9.4. Terminologia descritiva e definição do material de referência	51
4.9.5. Preparo das amostras e análise sensorial nas cabines.....	51
4.10. Propriedades de cozimento	54
4.11. Análise estatística.....	55
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	57
5.1. Caracterização do hambúrguer de atum.....	57
5.2. Propriedades de cozimento	59
5.3. Ph	60
5.4. Atividade de água (Aw).....	62
5.5. Cor	63
5.6. Textura instrumental	66
5.7. Oxidação lipídica	73
5.8. Microbiologia.....	75
5.9. Análise sensorial.....	77
6. CONCLUSÃO	85
REFERÊNCIAS.....	86

RESUMO

Influência das proantocianidinas da casca do jatobá incorporados em hambúrguer de atum e seus efeitos nas propriedades físico-químicas e sensoriais

O mercado demanda produtos alimentícios que atendam às necessidades nutricionais e promovam a saúde do indivíduo. Diante dessa demanda, uma estratégia para incentivar o consumo de pescado na dieta alimentar dos brasileiros é a elaboração de novos produtos alimentícios com formulações diferenciadas, especialmente à base de pescado. O estudo tem como objetivo avaliar a eficácia do extrato de jatobá rico em proantocianidina na oxidação lipídica, e como a sua adição afeta os parâmetros físicos, químicos e sensoriais do hambúrguer de atum refrigerado a $4^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ por um período de 16 dias de armazenamento. Foram desenvolvidas cinco formulações de hambúrgueres de atum adicionados com eritorbato de sódio ou extrato de jatobá (F01: formulação controle; F02: 0,05% de eritorbato de sódio; F03: 0,2% de extrato de jatobá; F04: 0,64% de extrato de jatobá e F05: 1,2% de extrato de jatobá). Os resultados demonstram que a presença do extrato não alterou as características físico-químicas (proteína, umidade, cinzas e lipídios) dos hambúrgueres de atum. Entretanto, a formulação F05 apresentou desempenho semelhante a formulação F02 com eritorbato de sódio na análise de propriedade de cozimento. Para oxidação lipídica os resultados confirmaram que o uso de 0,2%, 0,64% e 1,2% de extrato de jatobá contribuiu para reduzir a oxidação lipídica durante 16 dias de armazenamento, com exceção de F03 que só obteve tal desempenho até o décimo primeiro dia. A presença do extrato de jatobá também influenciou diretamente nas análises de cor (L^* , a^* e b^*) e textura instrumental. Em sensorial, os diferentes níveis do extrato influenciaram na intensidade dos aspectos sensoriais apresentados pelos provadores, quanto aos atributos de aparência, para aroma de ervas finas e de defumado, dureza, sabor de ervas finas e sabor picante. As concentrações de 0,2%, 0,64% e 1,2% do extrato de jatobá nos hambúrgueres não diferiram significativamente dos atributos aroma e sabor de pescado, maciez, suculência, coesividade, sabor salgado e sabor de atum assado. A pesquisa e desenvolvimento de substitutos naturais aos aditivos sintéticos, como o extrato de jatobá, é um aliado importante para a indústria alimentícia, pois a sua aplicabilidade traz benefícios à saúde, ao meio ambiente e ao mercado, ao mesmo tempo em que se busca garantir a qualidade e a segurança dos alimentos.

Palavras-chave: Pescado, Desenvolvimento, Estabilidade, Tecnologia

ABSTRACT

Influence of jatobá bark proanthocyanidins incorporated into tuna burger and their effects on physicochemical and sensory properties

The market demands food products that meet nutritional needs and promote individual health. Faced with this demand, a strategy to encourage the consumption of fish in the Brazilian diet is the development of new food products with differentiated formulations, especially based on fish. The study aims to evaluate the effectiveness of jatobá extract rich in proanthocyanidin in lipid oxidation, and how its addition affects the physical, chemical and sensory parameters of tuna burger refrigerated at $4^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ for a period of 16 storage days. Five formulations of tuna burgers added with sodium erythorbate or jatobá extract were developed (F01: control formulation; F02: 0.05% sodium erythorbate; F03: 0.2% jatobá extract; F04: 0.64 % Jatoba extract and F05: 1.2% Jatoba extract). The results demonstrate that the presence of the extract did not alter the physicochemical characteristics (protein, moisture, ash and lipids) of the tuna burgers. However, the F05 formulation performed similarly to the F02 formulation with sodium erythorbate in the cooking property analysis. For lipid oxidation, the results confirmed that the use of 0.2%, 0.64% and 1.2% of jatobá extract contributed to reduce lipid oxidation during 16 days of storage, with the exception of F03, which only achieved such performance up to the eleventh day. The presence of jatobá extract also directly influenced the analyzes of color (L^* , a^* and b^*) and instrumental texture. In sensory terms, the different extract levels influenced the intensity of the sensory aspects presented by the tasters, regarding appearance attributes, fine herbs and smoked aroma, hardness, fine herbs flavor and spicy flavor. The concentrations of 0.2%, 0.64% and 1.2% of jatobá extract in the hamburgers did not differ significantly in terms of fish aroma and flavor, tenderness, juiciness, cohesiveness, saltiness and roasted tuna flavor. The research and development of natural substitutes for synthetic additives, such as jatobá extract, is an important ally for the food industry, as its applicability brings benefits to health, the environment and the market, while seeking to ensure the quality and safety of food.

Keywords: Seafood, Development, Stability, Technology.

1. INTRODUÇÃO

O termo Pescado engloba os organismos que passaram toda a sua vida ou parte dela no ambiente aquático e que são destinados à alimentação humana, o seu consumo está associado a inúmeros benefícios à saúde, isso por que a carne do pescado possui alto valor nutricional. São ricos em proteínas, possuem baixo teor de gordura e calorias e são uma fonte de dois ácidos graxos ômega-3 essenciais: EPA e DHA, o que aumenta seu apelo para os consumidores conscientes da importância de uma alimentação saudável e equilibrada, e a carne do atum não é exceção dos inúmeros benefícios que o seu consumo traz (PIREDDA et al., 2022; FAO, 2022; BRASIL, 2020). Apesar do pescado apresentar características nutricionais de excelente qualidade e que justifiquem o seu consumo regular, existem obstáculos que interferem no aumento da ingestão dessa proteína animal, como: forma de apresentação limitada, presença de espinhas intramusculares, valor elevado e dificuldade de preparo (LOPES, OLIVEIRA & RAMOS, 2016).

O *fishburger*, ou hambúrguer de pescado, revela-se como uma alternativa ao incentivo do consumo desta proteína animal, compondo uma dieta mais saudável sem impedir o consumidor da praticidade de preparo. Podem ser fabricados a partir de filés ou carne desfiada manualmente, adicionando ingredientes complementares como gordura, farinha de trigo, água, sal e temperos. Além destes produtos, também é possível adicionar CMS de peixe nos hambúrgueres (GONÇALVES, 2011). A carne de pescado é considerada uma fonte de proteína não tradicional e sua aplicação está presente em diversos produtos e vem sendo testado em vários estudos (GAMEZ-VILLAZANA, MOLINA & OJEDA, 2021). A utilização desta matéria prima para o desenvolvimento de produtos processados e reestruturados está ganhando cada vez mais destaque devido a sua excelente propriedade nutricional e sensorial, valorização de espécies de baixo valor comercial além de serem frequentemente utilizados como modelo para teste de novos ingredientes e/ou aditivos (ESTÉVEZ et al., 2021).

O pescado desempenha um papel significativo na dieta humana, mas são altamente susceptíveis à deterioração. Portanto, é crucial preservar a sua qualidade e estender seu tempo de validade (GOKOGLU, 2018). Junto a isto existe a crescente demanda do consumidor por alimentos nutritivos e de fácil preparo, que tem imposto uma responsabilidade às indústrias de alimentos em desenvolver produtos que atendam estes consumidores. O emprego de aditivos sintéticos que preservem por mais tempo os alimentos têm sido amplamente utilizados, sendo regulado no Brasil

pela IN 211 de 1º de março de 2023 (ANVISA 2023). Contudo, tais consumidores associam a presença destes compostos com potenciais problemas relacionados à saúde, trazendo uma visão negativa ao seu emprego. Portanto, a substituição de conservantes sintéticos por naturais é uma alternativa necessária e cada vez mais presente nas preferências dos consumidores, trazendo além da ação na conservação dos alimentos, ação *in vivo* e promoção da conservação ambiental (UEDA et al., 2022; GOKOGLU, 2018).

O emprego de compostos bioativos em produtos à base de pescado vem sendo desenvolvido e demonstrado grande potencial na substituição de compostos sintéticos, com o objetivo de desacelerar reações indesejáveis, como por exemplo a oxidação lipídica (VIEIRA et al., 2020). O desenvolvimento de estratégias que avaliam a sua aplicabilidade nestes alimentos busca por produtos mais saudáveis que promovam efeitos benéficos à saúde, como por exemplo a utilização de proantocianidinas na substituição ou redução dos conservantes sintéticos em produtos cárneos, em especial o eritorbato de sódio (ASHINSHANA et al., 2022; BI et al., 2019).

Substituir carne vermelha por pescado e usar compostos bioativos em tais produtos têm desempenhado um grande papel na produção de um alimento altamente funcional. Entretanto, ainda não existem legislações próprias que regulamentem a fabricação de hambúrguer utilizando o pescado como matéria prima. A fabricação de hambúrguer utilizando a carne de atum como proteína principal, acrescido de compostos que desempenham a função de antioxidante natural pode ser uma alternativa para as indústrias adotarem em suas formulações e atenderem as demandas de consumidores atuais. Visto que a tendência de substituição de aditivos sintéticos por naturais em alimentos também se estende aos produtos de pescado. Cada vez mais, os consumidores buscam opções saudáveis e sustentáveis de alimentos, e isso tem levado as empresas a explorarem alternativas mais naturais para a conservação e aprimoramento dos produtos de pescado. Apesar da existência de estudos caracterizando o extrato de jatobá e seus inúmeros compostos antioxidantes, há uma escassez de pesquisas sobre a aplicação desse extrato vegetal em produtos derivados de pescado na literatura. Diante de todo contexto apresentado, o presente estudo traz junto aos seus objetivos a interação com alguns objetivos do desenvolvimento sustentável proposto na agenda de 2030 da ONU, como o ODS 9, 12 e 14. Portanto, o presente trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de hambúrguer de pescado explorando a eficiência do extrato de jatobá rico em

proantocianidina obtido a partir da extração alcoólica de sua casca na redução da oxidação lipídica e como a sua adição afeta os parâmetros físicos, químicos e sensoriais do hambúrguer de atum refrigerado a $4^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ por um período de 16 dias.

2. OBJETIVOS

Desenvolver hambúrguer de atum utilizando o extrato de jatobá adsorvido em amido de mandioca como agente antioxidante natural.

2.1. Objetivos específicos

- Investigar os efeitos da substituição do eritorbato de sódio por extrato de jatobá em hamburguer de atum.
- Elaborar cinco formulações de hambúrgueres utilizando o atum como matéria prima, o eritorbato de sódio e diferentes concentrações de extrato de jatobá como agente antioxidante;
- Avaliar os aspectos físico-químicas e instrumentais dos hambúrgueres de atum;
- Investigar a oxidação lipídica dos hambúrgueres de atum;
- Caracterizar os hamburgueres sensorialmente.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Recursos pesqueiros e consumo de pescado

Fatores como o clima favorável, disponibilidade hídrica, extensas áreas cultiváveis em águas continentais e marinhas e significativa produção de grãos que possibilita a fabricação de ração, fazem do Brasil um grande potencial para a exploração comercial de recursos pesqueiros (TAVARES-DIAS; MARIANO, 2015).

A pesca extrativista movimentou um mercado de 141 bilhões de dólares no ano de 2020, representando 85% da produção total. Recursos como cefalópodes, camarões, lagostas e atuns estão entre os quatro produtos pesqueiros com maior valor econômico da pesca mundial. Onde o grupo dos atuns configuram os recursos mais consumidos pelo mundo inteiro, especialmente o atum processado e enlatado e o atum fresco de alta qualidade, direcionado especialmente ao mercado de sushi e sashimi (FAO 2022; SINGH et al., 2021).

Devido ao grande volume de captura, alto valor econômico e amplo comércio internacional, os estoques de atum são extremamente importantes. Porém, geri-los apresenta desafios em razão da natureza altamente migratória e da frequente dispersão dessa espécie (FAO, 2022). De acordo com Bogard et al. (2019), há preocupações justificadas sobre a sustentabilidade ambiental dos sistemas de pesca, mas é importante ressaltar a existência de excessiva preocupação por parte da mídia em geral na visão dos estoques que ofuscam as contribuições positivas que o setor pesqueiro traz para a nutrição e a sustentabilidade. Essa ênfase restritiva pode limitar a sua capacidade de contribuir para sistemas alimentares saudáveis.

Apesar da existência secular da atividade pesqueira no Brasil, e ela possuir significativa contribuição econômica no país, os dados sobre a pesca no Brasil não são reportados desde o ano de 2014, o que torna o controle e banco de dados sobre a pesca e aquicultura nacional escassos. Esforços de outras esferas tem se concretizado e anualmente a Associação Brasileira de Piscicultura (Peixe br) divulgam dados sobre a produção. De acordo com a Peixe Br, em 2022, o Brasil alcançou um marco na produção de peixes cultivados, totalizando 860.355 toneladas. Essa quantidade colocou o país em 13º lugar no ranking mundial de produção aquícola referente a 2020. A tilápia (*Oreochromis niloticus*), destaque no cultivo nacional, registrou um crescimento de 3% em relação ao ano anterior, consolidando o Brasil como o terceiro maior produtor de tilápia do mundo (PeixeBr, 2023; FAO, 2022).

De acordo com a FAO (2020), o consumo médio de pescado por habitante foi de 20,5 kg no ano de 2018, porém este valor não deve ser considerado exato quando for analisar países que se encontram em desenvolvimento pois nestes lugares o consumo é influenciado pela disponibilidade local e é conduzido pela oferta e não pela demanda. O consumo de pescado também é influenciado por uma rede de fatores como os socioeconômicos, os padrões de consumo alimentar, características pessoais, estado de saúde e dimensões atitudinais (FAO, 2009). A aceitação do consumidor gira em torno das suas características texturas e de coloração e pela facilidade em preparação que cortes como o filé apresenta (KOTZAMANIS et al., 2019). Devido à grande extensão territorial brasileira a disponibilidade e consumo do pescado é bastante heterogênea, nem todos as regiões possuem a mesma espécie, forma de apresentação ou preço, apresentando um cenário mais complexo para ser analisado e definido. Em um levantamento disponibilizado na Pesquisa de Orçamentos Familiares (POF) de 2017-2018 mostra que o consumo médio domiciliar per capita anual de pescados no Brasil foi de 5,66 kg no ano de 2017-2018. Residências rurais brasileiras apresentaram maior consumo de pescado (12,08 kg anuais per capita) do que as localizadas em zonas urbanas (4,56 kg anuais per capita) (IBGE, 2020). Entretanto, é importante afirmar a importância que o consumo desta proteína possui, não só nutricional, mas também toda a cadeia econômica e social que ela está atrelada.

O termo pescado, segundo o RIISPOA (BRASIL, 2020), compreende organismos como peixes, crustáceos, moluscos, anfíbios, répteis, equinodermos e outros animais aquáticos usados na alimentação humana. É considerado uma importante fonte de ácidos graxos de cadeia longa, (como o ômega-3), aminoácidos essenciais, vitaminas (A, B e D) e minerais como ferro, cálcio, zinco e selênio, além de possuir fácil digestibilidade. Esse conjunto de atributos oferecem uma fonte de nutrição excepcional na dieta humana (GONÇALVES, 2011). É um produto altamente perecível necessitando de atenção durante toda a cadeia de frio para que sua qualidade e atributos nutricionais sejam preservados (FAO, 2020). A sua carne apresenta grande sensibilidade a alterações de fatores externos. A exposição ao calor, seja por esterilização, pasteurização, defumação ou cozimento, reduz a quantidade de nutrientes termolábeis, a adição de produtos químicos, naturais ou adicionados artificialmente ajudam a minimizar o impacto de degradação dos nutrientes na carne.

A composição nutricional do pescado pode variar de acordo com a espécie a ser estudada, mas de maneira geral é uma importante fonte de ácidos graxos de cadeia longa, (como o ômega-3), ácidos graxos insaturados, aminoácidos essenciais, vitaminas (A, B e D) e minerais (como ferro, cálcio, zinco e selênio), elevado conteúdo proteico de qualidade conferindo à carne de pescado fácil digestibilidade (FAO, 2020; FAO, 2022). A principal diferença reside no teor de gordura: enquanto sardinha, salmão e atum são considerados peixes gordos, bacalhau e bagre são considerados magros. Além disso, as espécies aquáticas contêm dois ácidos graxos ômega-3: AEP e DHA. Como o corpo humano não produz esses ácidos graxos, é necessário obtê-los por meio da alimentação (FAO, 2022). Esse conjunto de atributos confere ao pescado uma fonte nutritiva excepcional, principalmente inseridas em dietas de países com déficit alimentar de baixa renda (PADRs) e países menos desenvolvidos (PMDs), onde a população possui disponibilidade limitada de alimentos básicos e que não dispõem das propriedades nutricionais adequadas (ABABOUCHE, 2005; FAO, 2020).

A composição proteica do músculo do pescado apresenta elevada importância tanto quantitativa quanto qualitativa. A sua concentração pode variar de 15% a 25% da composição total da carne. Já observando pela ótica qualitativa, os aminoácidos essenciais presentes possuem elevado teor de metionina e cisteína e lisina, este último, é importante agente atuante no processo digestivo, conferindo dessa forma a característica de alta digestibilidade que o pescado apresenta, chegando acima de 95% (OETTERER, GALVÃO & SAVAY-DA-SILVA, 2014). A porção lipídica é a que mais varia, de acordo com a espécie ou pela época do ano em uma mesma espécie. A porção de carboidratos na carne de pescado apresenta baixo teor, normalmente não ultrapassando 0,5% (ABABOUCHE, 2005). Os músculos dos peixes são compostos por duas regiões distintas: músculos claros e escuros. Os músculos escuros possuem a função de proporcionar sustentação e movimentação, estando presentes em maior quantidade em espécies de peixes nadadores, como atuns e cavalas. Esses peixes são fontes ricas de proteínas sarcoplasmáticas, que incluem miosina, actina, tropomiosina e troponina, proteínas miofibrilares responsáveis pela contração muscular (GOKOGLU & YERLIKAYA, 2015).

Além de atender as necessidades nutricionais básicas, estudos demonstram que a ingestão regular de pescado contribui para a saúde mental, na prevenção de doenças cardiovasculares, derrame e degeneração macular relacionada à idade (FAO, 2020). Apesar do consumo do pescado apresentar inúmeros benefícios à saúde existem

restrições que impedem a acessibilidade dessa proteína nas mesas dos consumidores como a baixa versatilidade no método de consumo, presença de ossos, aroma forte, alta perecibilidade e preço alto (SLEDER et al., 2015). Por esta razão o desenvolvimento de tecnologias e produtos que o tornem mais atrativo e acessível no mercado são elementos essenciais para fomentar o consumo de pescado. As formas de apresentação também oferecem ao consumidor maior poder de escolha, atendendo a diversificada rede de preferências de espécies e formas de produtos, sendo estes fatores fundamentais para impulsionar o crescimento do consumo desta proteína animal (FAO, 2020).

Além da relevância nutricional associada ao consumo, o pescado impacta por toda uma cadeia socioeconômica e ambiental. Frente a isso, também deve-se considerar a pesca extrativista artesanal, em comunidades presente por toda a costa litorânea e de água interiores. O desenvolvimento de alimentos provenientes da pesca marinha, aumenta a diversidade de produtos de pescado, diminui o desperdício de alimentos e incentiva o consumo do pescado. A complexidade relacionada a atividade pesqueira extrativista alinhada à preocupação com a sustentabilidade dos estoques corrobora com o ODS 14 e suas metas, que visam a “Conservação e uso sustentável dos oceanos, dos mares e dos recursos marinhos para o desenvolvimento sustentável”. O ODS, Objetivos do Desenvolvimento Sustentável, representa uma agenda contendo ações globais onde os Estados participantes da Organização das Nações Unidas (ONU) se comprometem a atender um plano com 17 objetivos e 169 metas, que tem como finalidade erradicar a fome e a pobreza extrema, ofertar educação de qualidade e promover ações de proteção do planeta e desenvolvimento social (UNITED NATIONS, 2015).

3.2. Produtos cárneos e hambúrguer de pescado

Os produtos cárneos podem ser de diferentes naturezas e fabricados a partir de variadas espécies de animais. Conforme estabelece o RIISPOA, as matérias-primas dos produtos cárneos também podem passar por tratamento físico, químico ou biológico, ou ainda pela combinação destes métodos em processos que podem envolver a adição de ingredientes, aditivos ou coadjuvantes de tecnologia (BRASIL, 2020). O mesmo decreto lista diversos produtos cárneos: almôndega, quibe, linguiça, mortadela, salsicha, presunto, salame, pepperoni, bacon, patê, charque, entre outros.

Onde é definido o hambúrguer como “produto cárneo obtido de carne moída das diferentes espécies animais, com adição ou não de ingredientes, moldado na forma de disco ou na forma oval e submetido a processo tecnológico específico”.

O Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade (RTIQ) define as características mínimas que os produtos cárneos devem obedecer, estabelecendo a tecnologia de obtenção, ingredientes autorizados e os parâmetros microbiológicos, físico-químicos, sensoriais, requisitos de rotulagem e outros. Para a fabricação de hambúrgueres, é obrigatório a utilização de carne, sendo opcional a utilização de um percentual máximo de 30% para CMS em hambúrgueres cozidos e ou 4% de proteína não cárnea agregada. Ingredientes como gordura animal, gordura vegetal, água, sal, leite em pó, açúcares, maltodextrina, aditivos intencionais, condimentos, aromas e especiarias, vegetais, queijos e outros recheios são considerados ingredientes opcionais. O regulamento também estabelece os percentuais dos parâmetros de composição nutricional que este produto deve possuir, como: gordura (máx. 25%), proteína (min. 15%), carboidratos totais (máx. 3%) (BRASIL, 2022).

A substituição parcial ou total da matéria-prima tradicional em produtos cárneos por outras fontes proteicas de valor semelhante ou maior se mostra como uma alternativa bastante viável e apreciada pelos consumidores. A carne de pescado é considerada uma fonte de proteína não tradicional e sua aplicação está presente em diversos produtos e vem sendo testado em vários estudos devido às suas excelentes propriedades tecnológicas, alta qualidade nutritiva, bem como os benefícios que traz para saúde (GAMEZ-VILLAZANA, MOLINA & OJEDA, 2021).

A demanda por alimentos seguros, nutritivos, de fácil preparo tem sido cada vez mais requisitado. Diante desse cenário é fundamental haver o desenvolvimento de tecnologias e produtos que atendam esta demanda. O hambúrguer possui especial destaque nas gôndolas dos supermercados, redes de fast food e na preferência dos consumidores, considerado um produto atrativo para pessoas que buscam alimentos prontos para consumo e que sejam de fácil preparo. Normalmente, os produtos cárneos convencionais são fabricados a partir de carnes de origem suína, bovina ou de aves (LOPES et al., 2021). Entretanto, incorporado a estes produtos existem altos teores de gordura, nitritos e nitratos que estão associados com a manifestação de doenças crônicas, tais como hipertensão, obesidade e problemas cardiovasculares além de produzir substâncias cancerígenas (OLIVEIRA et al., 2013). O hambúrguer de pescado reformulado com antioxidante natural surge como uma opção interessante

e apresenta potencial para ocupar espaço nas prateleiras dos mercados e na cesta de compras dos consumidores que buscam alimentos de fácil preparo sem renunciar à importância nutricional que a carne de pescado oferece.

No Brasil não há legislação que faça menção ao hambúrguer de pescado, entretanto considera-se o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Hambúrguer como parâmetro para o desenvolvimento deste produto em pescado uma vez que ele define hamburguer como “o produto cárneo industrializado obtido da carne moída dos animais de açougue, adicionado ou não de tecido adiposo e ingredientes, moldado e submetido a processo tecnológico adequado” (BRASIL, 2022).

Hambúrguer de pescado também é chamado de *fishburger* devido à similaridade de preparo com o hambúrguer bovino, que se caracteriza pela carne moída utilizando diferentes condimentos para o seu tempero e moldadas em formato característico, arredondada e achatada. De maneira geral o processo de fabricação do *hamburguer de pescado* se inicia com a moagem da matéria prima, seguida da adição de gordura, condimentos e água. Pode haver a inclusão de amido de diferentes fontes e ou produtos proteicos não cárneos que promovem o melhoramento da capacidade de retenção de água e seus atributos sensoriais. Este produto apresenta praticidade e se mostra como uma alternativa viável e capaz de atender à crescente demanda dos consumidores por produtos inovadores, apresentando qualidade sensorial, elevado valor nutricional e fácil preparo (SÁ-VIEIRA et al., 2015; GÓES-FAVON et al., 2021).

Em hambúrgueres de pescado, os estudos analisam a sua aceitação inserido na merenda escolar (DE-ANDRADE et al., 2020); agregam valor à matéria-prima de espécies poucos exploradas, desenvolvem um novo produto de conveniência (CASTRO et al., 2020; PACI et al., 2018; PRESENZA^{ab} et al., 2022; PACHEKREPAPOL et al., 2022; MARQUES et al., 2020), reduz o desperdício (HUSEIN et al., 2018; HUSEIN et al., 2020) e podem avaliar novos compostos bioativos, componentes funcionais ou culturas bioprotetoras (CRISTOFEL et al., 2021; DUMAN, 2022; DELFINO et al., 2021; IACUMIN et al., 2022; DE-AGUIAR et al., 2022).

Diversas espécies de peixes são exploradas em trabalhos com *hamburguer de pescado*, especialmente aquelas oriundas da aquicultura, como no estudo de Marques et al. (2020), onde os autores desenvolveram hambúrgueres de carpa avaliando o seu tempo de prateleira. Cristofel et al. (2021) desenvolveram hambúrguer de Tilápia do

Nilo (*Oreochromis niloticus*) e avaliaram o efeito da casca de guabiroba na composição química, propriedades tecnofuncionais, oxidação, análise microbiológica e sensorial. Hambúrgueres de tilápia também são produzidos no estudo de Delfino et al. (2021) avaliando os efeitos antioxidantes dos extratos de folha de Moringa e Lavandula. De-Andrade et al. (2020) analisaram a aceitação do *fishburger* do pescado curimatã (*Prochilodus sp.*) como fonte de proteica alternativa na merenda escolar.

Presenza^b et al. (2022) desenvolveram hambúrguer de salmão com adição de farinha de aveia sob a perspectiva de obter um produto de fácil preparo e com melhores propriedades tecnológicas e sensoriais. No estudo de Pachekrepapol et al. (2022), foram utilizadas a carne mecanicamente separada proveniente de subprodutos da filetagem de salmão (*Salmo salar*) combinado com a CMS de bagre (*Pangasius hypophthalmus*), onde se avaliou alterações químicas, físicas, microbiológicas e sensoriais propriedades dos produtos durante o armazenamento. Já Hentati et al. (2019) utilizou barbilho comum (*Barbus barbus*) para fabricar hambúrgueres enriquecidos com algas marinhas (*Cystoseira compressa* e *Jania adhaerens*) com o objetivo de enriquecer o produto com compostos bioativos, avaliando suas propriedades sensoriais, texturais, físico-químicas, microbiológicas, funcionais e antioxidantes. No estudo de Husein et al. 2018, foi desenvolvido formulações de hambúrguer com CMS (carne mecanicamente separada) de robalo europeu (*Dicentrarchus labrax*) e truta arco-íris pigmentada (*Oncorhynchus mykiss*) como forma de oferecer novas oportunidades para o setor de pesca/aquicultura e agregando valor ao pescado que seria descartado. O robalo (*Dicentrarchus labrax*) também foi utilizado para a fabricação de hambúrgueres no estudo de lacumin et al. (2022), onde combinado com a carne de dourada (*Sparus aurata*) foi avaliado a sua vida útil quando inseridos culturas bioprotetoras.

Sob a forma de hambúrguer, poucos estudos exploram o potencial do processamento da carne de atum. Apesar de sua carne ser uma fonte de proteínas, ácidos graxos poliinsaturados e vitaminas, de modo geral, deve-se atentar a alguns pontos críticos de controle de sua qualidade, pois peixes da família *Scombridae* podem oferecer perigo no seu consumo devido a presença de substâncias químicas, tais como a histamina (YEMMEN & GARGOURI, 2022). Desta forma, o desenvolvimento de métodos que visem a conservação destes pescados e seus derivados processados torna-se uma necessidade para redução do desperdício de alimentos e garantia da segurança no seu consumo. Estas estratégias estão inseridas

dentro dos objetivos de desenvolvimento sustentáveis 9 e 12 promovido pela ONU, a primeira trata da temática de “Construir infraestruturas resilientes, promover a industrialização inclusiva e sustentável e fomentar a inovação” e a segunda visa em “Assegurar padrões de produção e de consumo sustentáveis” (UNITED NATIONS, 2015).

Khallaf et al. (2021) investigou o aproveitamento do peixe bonito (*Euthynnus alletteratus*) na fabricação do prato típico shawarma avaliando o efeito do uso em duas receitas diferentes (com e sem gordura) nos aspectos físico-químicos, microbiológicos e as qualidades sensoriais durante um armazenamento congelado. A utilização de subprodutos de pescado para a fabricação de novos produtos alimentícios podem ser uma alternativa positiva para desenvolver alimentos de conveniência, reduzir os custos de produtos cárneos e incentivar o consumo de pescado. Nesta perspectiva Shaviklo et al. (2022) avaliou a qualidade físico-química e microbiológica do surimi de carne escura de atum (*Thunnus albacares*) e seu potencial no desenvolvimento de almondegas. Ghoneim et al. (2022) utilizaram a carne de Bluefin tuna (*Thunnus thynnus*) e carpa (*Cyprinus carpio*) na produção de novos produtos pesqueiros, como hambúrguer, nuggets e empanado. Segundo o mesmo autor, o levantamento de dados e avaliação do valor nutritivo, segurança e índices de textura atraem a atenção do consumidor e incentiva o consumo de produtos à base de pescado

Como forma de incentivo ao consumo de pescado é necessário que a cadeia produtiva conheça e atenda à demanda do mercado consumidor. De acordo com Serrão & Atayde (2020), produtos que ofereçam praticidade no preparo, valores acessíveis e conteúdo nutricional agregado, contribuem para aumentar o consumo desta proteína animal. O processamento do pescado também é algo que contribui para a agregação de valor e aceitabilidade do produto, uma vez que o emprego de diferentes técnicas molda a matéria prima de acordo com as preferencias do mercado consumidor, além de contribuir para a extensão da vida útil e conservação dos nutrientes incorporados no pescado. Não é comum o consumidor ter a disposição produtos reformulados de pescado no mercado a preços acessíveis como os produtos fabricados com carnes de bovinos, suínos e aves, o *hamburguer de pescado* é uma opção que atende a estas demandas atuais, pois apresenta boa aceitação sensorial e alto teor de proteínas (SERRÃO & ATAYDE, 2020).

3.3. Oxidação lipídica no pescado

Os locais de armazenamento de lipídios no pescado podem variar de acordo com a espécie. Entretanto, em sua maioria, os eles ficam localizados na parte do tecido subcutâneo, retalho abdominal, tecido muscular, fígado, tecido mesentérico e cabeça (ACKMAN, 1994). Em peixes, a distribuição do depósito de lipídios ao longo do corpo do animal diminui da cabeça para a nadadeira caudal. O conteúdo lipídico do músculo branco normalmente é menor do que o presente no músculo escuro. Enquanto o músculo branco do peixe é responsável pela resposta rápida e movimentos bruscos, o músculo escuro é encarregado de sustentar a natação lenta e constante do peixe. Portanto, espécies pelágicas como o atum, possuem mais tecidos muscular escuro e mais gorduras, recebendo normalmente a classificação de “peixes gordos”. O depósito lipídico nessas espécies estão localizadas normalmente no músculo do retalho abdominal e nos músculos que movem as nadadeiras e a cauda, podendo ser encontrados também depósitos na cavidade abdominal (MORADI et al., 2011).

Após a sua captura, o pescado inicia o processo de deterioração, devido à presença microbiana e ação enzimática que acontece em seu organismo (JIANG et al., 2018). A cadeia de abastecimento do pescado envolve diversas etapas e atores, onde cada uma delas possui extremo impacto no frescor final desse alimento. Ações de boas práticas de manuseio e controle de temperatura em todas essas etapas são fundamentais para que ele chegue aos consumidores com qualidade nutricional e atenuar os processos enzimáticos e microbianos que são ativados após a sua captura. (SECCI & PARISI, 2016). Neste processo de decomposição ocorre a formação de novos compostos e a degradação dos existentes, especialmente das proteínas e lipídios, assim como alterações no odor, sabor e textura. A textura da carne do pescado macia ou pastosa é um fator limitante na sua vida útil influenciando diretamente a sua comercialização e aceitação dos consumidores. Os lipídios são importantes constituintes conferindo aos alimentos características como cor, odor, textura, aroma, suculência além de valores nutricionais (PAPUC et al., 2018). Os lipídios presentes no pescado possuem diferenças com os dos mamíferos, a principal delas é a presença de ácidos graxos de cadeia longa insaturados (PUFAs). Além disso, o pescado possui outros PUFAs considerados essenciais para os seres humanos, como o EPA (ácido eicosapentaenoico) e o DHA (ácido docosahexaenóico),

a presença destes compostos contribui para a alta susceptibilidade da carne do pescado. (SECCI & PARISI, 2016).

A oxidação lipídica é uma reação que causa alterações nos alimentos e interfere diretamente no processamento e armazenamento, limitando a vida útil de diversos alimentos, em especial as carnes (SOARES et al., 2012). As alterações de qualidade que são causadas por essa reação estão relacionadas a modificações de cor, textura, sabor, valor nutricional e produção de compostos com potencial tóxico, como os malonaldeídos e óxidos de colesterol. E podem ser aceleradas pelos processos tecnológicos que os alimentos são submetidos, pois estes processos tendem a romper membranas do músculo, permitindo uma maior interação das substâncias próoxidantes com ácidos graxos (MARIUTTI; BRAGAGNOLO, 2009). Em pescado, o estresse pré e durante o abate contribui para a ativação de vias metabólicas, que produzem espécies moleculares reativas, como hidroperóxidos. A presença de compostos dessa natureza podem ser os agentes causadores do aumento no nível de produtos de oxidação lipídica. Entretanto, essa resposta pode variar de acordo com a espécie que está sendo avaliada. A oxidação lipídica é um dos fatores que afetam a qualidade do pescado. Quando congelado, a deterioração microbiana pode ser retardada, entretanto, a fração lipídica presente na sua carne continua exposta ao oxigênio e avança no processo oxidativo, outros processos que similarmente causam ruptura do sistema de membrana muscular como trituração e cozimento também não impedem a oxidação lipídica. A concentração de TBARS em peixes frescos e congelados normalmente atinge valores entre 5 e 8 mg MDA/kg (SECCI & PARISI, 2016).

De maneira geral, este processo de deterioração é constituído por três fases: início, propagação e término. Na fase inicial ocorre a formação de radicais livres, provocada pela presença de catalisadores como luz, radiação ultravioleta, metais ou metaloproteínas. A segunda e a terceira fase acontecem simultaneamente. Na segunda fase o radical livre gerado na iniciação reage com o oxigênio resultando no radical peroxila. Este radical subtrai um átomo de hidrogênio que está presente no carbono ametilênico de um ácido graxo adjacente produzindo hidroperóxido e outro radical alila. O oxigênio presente nesta fase e o grau de insaturação dos ácidos graxos são fatores determinantes na duração desta etapa. O radical alila retroalimenta a reação e o hidroperóxido se desfaz resultando em hidrocarbonetos, ácidos graxos de cadeias curtas, radicais livres, e compostos voláteis, como carbonilas (aldeídos e

cetonas) que conferem ao alimento o odor e cor característico de ranço. Na terceira fase, a de terminação, a concentração de ácidos graxos insaturados diminui e os radicais livres resultantes das reações anteriores se ligam-se entre si formando compostos estáveis como álcoois, aldeídos, cetonas, ésteres e outros hidrocarbonetos, além de mudanças na cor e viscosidade do lipídio (JORGE, 2009). Destas três fases, a etapa de iniciação é considerada determinante no controle e prevenção da reação de oxidação lipídica, dessa forma, a adição de aditivos antioxidantes naturais ou sintéticos conforme é estabelecido pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) é de extrema importância para promover a preservação da qualidade nutricional, sensorial e sanitária dos alimentos (CONEGLIAN et al., 2011).

3.4. Aditivos

De acordo com a ANVISA (2023), aditivo alimentar é definido como qualquer ingrediente adicionado intencionalmente ao alimento possuindo o propósito de modificar as suas características biológicas, físico-químicas ou sensoriais, durante todo processo de fabricação, embalagem e acondicionamento ou transporte, sem a intenção de nutrir. O uso de aditivos deve ser limitado a alimentos específicos em concentrações mínimas para atingir o efeito desejado. De acordo com o IN N° 211, de 1° de março de 2023, os aditivos adicionados em formulação de produtos cárneos podem ser do tipo: acidulante, regulador de acidez, antioxidante, aromatizante, corante, espessante, estabilizante, conservante, estabilizador de cor, realçador de sabor e umectante e possuem distintos papéis de importante função. Em pescado moldado temperado, é permitido também, além dos citados para produtos cárneos, a adição de anti-umectante (ANVISA, 2023).

Existem uma série de aditivos sintéticos utilizados para estender a vida útil e modelar as propriedades organolépticas dos alimentos, evitando reações química e microbiológicas que causam alterações no sabor, odor, cor e nas propriedades sensoriais ou texturais dos alimentos (GUTIÉRREZ-DEL-RÍO, FERNÁNDEZ & LOMBÓ, 2018). Entre eles podemos citar: Sais de cura, possuem a finalidade de promover o sabor aos alimentos além de retardar o processo de oxidação dos lipídios, evitar a rancidez e inibir o crescimento de microrganismos patogênicos (FURLAN et al., 2020); Antioxidantes que são “substâncias que retardam o aparecimento de

alteração oxidativa no alimento”; Corante, “substância que confere, intensifica ou restaura a cor de um alimento”; Conservantes, “substância que impede ou retarda a alteração provocada por microrganismos ou enzimas”; Espessantes, “substância que aumenta a viscosidade”; e geleificante, “substância que confere textura através da formação de um gel” (ANVISA, 2023).

3.5. Antioxidante sintético

De acordo com Ribeiro et al. (2019), os antioxidantes sintéticos utilizados para prevenir a oxidação e preservar os atributos sensoriais estão: o ácido ascórbico, hidroxitolueno butilado (BHT), hidroxianisol butilado (BHA), bem como nitritos e nitratos, demonstraram estar envolvidos na etiologia do estômago, intestino e alergia alimentar. Dessa forma, o emprego de antioxidantes naturais em produtos cárneos se mostra como uma opção positiva no campo de redução de aditivos sintéticos, uma vez que sua ação antioxidante se integra também às atividades funcionais benéficas à saúde humana.

Dentro do grupo de antioxidantes utilizados para a formulação de hambúrgueres existe o eritorbato de sódio, que é um estereoisômero do ascorbato (INS 316), que atua prevenindo e retardando a oxidação lipídica e amplia a taxa de conversão de nitrito em óxido nítrico, acentuando a cor em alguns alimentos, como produtos cárneos (OSTERBAUER et al., 2017). Seu limite máximo segundo a IN N° 211, tanto para produtos cárneos quanto pescado, não é especificado e, sim, apenas descrito como quantidade suficiente (q.s.), ou seja, que pode ser utilizado de acordo com a quantidade necessária no produto desejado. Esse sal tem aproximadamente 11,6% de sódio da sua composição total e sua adição em produtos cárneos se dá devido ao seu principal efeito, a função antioxidante, que conseqüentemente causa o efeito na cor, no aroma e no odor da carne, além de interferir benéficamente no bloqueio da formação de N-nitrosaminas (ORDÓÑEZ et al., 2005). Nitritos e nitratos, comumente chamados de sais de cura, e gorduras também são frequentemente utilizados para a fabricação de hambúrgueres, porém neste caso sua utilização não é permitida em produtos reestruturados de pescado, como o *fishburger* (ANVISA, 2023).

O consumo destes aditivos está relacionado a manifestação de doenças crônicas, tais como hipertensão, obesidade e problemas cardiovasculares além de produzir substâncias cancerígenas. Devido ao potencial risco à saúde que estes

componentes podem provocar, é recomendável que a sua ingestão seja moderada. Entretanto o fator cultural relacionado ao consumo de produtos industrializados prontos de fácil preparo e que contém em sua formulação tais componentes se mostra como um obstáculo (OLIVEIRA et al., 2013, LOPES et al., 2021).

A mudança de hábitos alimentares e a crescente percepção do consumidor sobre a composição e processamento dos alimentos tem resultado em esforços contínuos por pesquisadores e indústria para o desenvolvimento de compostos naturais (GUTIÉRREZ-DEL-RÍO, FERNÁNDEZ & LOMBÓ, 2018). Extratos naturais como flavonoides, vitaminas, taninos, ácidos orgânicos, alcaloides e ácidos fenólicos se destacam como compostos eficazes contra processos oxidativos e inibidores microbianos além de poder atuar como emulsificantes ou fornecer novas características sensoriais ao produto (VELÁZQUEZ et al., 2021). O consumo de alimentos com teores de sódio e gordura bem como aditivos sintéticos reduzidos ou substituídos por ingredientes naturais que promovam a mesma função favorece uma vida saudável e diminui a incidência de doenças crônicas (LOPES et al., 2021). A combinação de compostos bioativos em produtos à base de pescado devem apresentar características sensoriais aceitáveis pelo consumidor (VIEIRA et al., 2020).

Pesquisas de novos conservantes naturais que possuem potencial ativo semelhante aos sintéticos estão sendo estudados e aplicados na indústria alimentícia devido ao crescimento de consumidores mais conscientes sobre os potenciais efeitos negativos que os conservantes sintéticos manifestam (MEI, MA, XIE, 2019). Os aditivos naturais podem ser obtidos de uma variedade de fontes como: plantas, animais, bactérias, algas e fungos e têm demonstrado significativa atividade antimicrobiana e/ou antioxidante (GHANBARI et al., 2013; HASSOUN & ÇOBAN, 2017). Derivados de fontes vegetais diversas, estes antioxidantes naturais são formados por compostos fenólicos possuindo anéis aromáticos em sua estrutura e assim apresentando características sensoriais marcantes (BREWER, 2011). Os extratos vegetais são amplamente utilizados no desenvolvimento de conservantes, especialmente em pescado, apresentando atividade antimicrobiana, antifúngicas, antioxidantes, antimutagênicas, além de potencial inibidor de reações de oxidação lipídica nos alimentos (MEI, MA, XIE, 2019).

3.6. Jatobá: fonte de bioativos

A enorme área de extensão brasileira comporta não só uma das maiores biodiversidades do mundo, mas também um conjunto de plantas subutilizadas com potencial valor econômico (DE-ALBUQUERQUE et al., 2007). Especiarias, plantas medicinais e extratos de ervas aromáticas, são usualmente utilizados para conceder sabor e atividades funcionais em alimentos. Estas funcionalidades incluem atividade antioxidante, antiulcerogênico, antimalárico, anticancerígeno e anti-inflamatório. A atividade antioxidante que os extratos vegetais desempenham estão relacionados principalmente a presença de compostos fenólicos, voláteis e não voláteis, tais como flavonoides, ácidos fenólicos e diterpenos fenólicos (VEGGI et al., 2014).

O jatobá (*Hymenaea courbaril*) é uma árvore que pertence à família das leguminosas (*Fabácea*), nativa da floresta amazônica, o interesse de seus recursos se concentra especialmente na exploração de seus frutos, madeira e resina (COSTA, SOUZA & SOUZA, 2011), e também, de maneira empírica, esta árvore é explorada há muitos anos por povos nativos para uso terapêuticos devido aos seus fitoquímicas bioativas (DE-ALBUQUERQUE et al., 2014). Entretanto esse cenário empírico está mudando, pois, diversos estudos comprovam a eficiência do uso de extrato de jatobá em benefício humano e em animais, possuindo ação antimicrobiana (SALES et al., 2014), antioxidante (PEREIRA et al., 2020), anticancerígena (DELGADO, MENDEZ-CALLEJAS & CELIS, 2021; VIEIRA et al., 2022; SPERA et al., 2019), entre outros.

Compostos fenólicos, flavonoides, taninos, saponinas e terpenoides são expressivamente encontrados em jatobá, seja na casca da madeira, na casca dos frutos, sementes ou em suas folhas (JACOB et al., 2022). A polpa de seu fruto é rica nutricionalmente em fibras, sacarose, ácido linolênico, vitamina C e possui baixo teor calórico (SANTOS et al., 2020). Sua resina contém ácido eperúico e copálico (DOMÉNECH-CARBÓ et al., 2009) A casca do caule do jatobá merece destaque pois possui altas concentrações de compostos fenólicos, onde a proantocianidina pode chegar a representar 96% desse total (VEGGI, 2013).

Além do conteúdo nutricional que seus frutos oferecem quando ingeridos diretamente na alimentação humana, diversos estudos têm demonstrado a aplicabilidade e valor nutricional no consumo de subprodutos do jatobá e da substituição de ingredientes. No estudo de Borckmans (2018), investigou a viabilidade do uso da polpa do fruto de jatobá como substituto de ovo na fabricação de maionese, apresentando potencial aplicação e rico valor nutritivo ao produto. Silva et al. (2014)

determinaram a composição química e atividade antioxidante da farinha do jatobá sendo considerada pelos autores como um ingrediente para ser utilizado em novos produtos com características que promovam saúde e preservação ao meio ambiente. Santos et al. (2020) caracterizou e comparou o perfil nutricional, os compostos bioativos e a capacidade antioxidante de três formas de subprodutos do jatobá (farinha da polpa, farinha do resíduo da polpa e seiva do jatobá). Os autores observaram que o resíduo da polpa que continha maiores concentrações de fibras, teor de polifenóis, baixas calorias e capacidade antioxidante, indicando que este é um ingrediente promissor na adição de formulações para alimentos funcionais e nutracêuticos. Um estudo semelhante foi realizado por Menezes-Filho et al. (2019), onde a avaliação da farinha da casca, arilo e sementes do fruto de jatobá apresentaram qualidades físico-química, tecnológica, antioxidante, contendo de fenólicos totais e carotenoides positivas para a utilização na indústria de alimentos, como agente gelificante ou como coadjuvantes em produtos nutracêuticos empregados na panificação.

Resultados como os de Santos et al. (2020) e Menezes-Filho et al. (2019) podem servir como ponto de início para estudos de incrementação nutricional em produtos de consumo popular. No estudo de Da-Silva et al. (2019) além de avaliar o perfil de compostos fenólicos em extratos de farinha de jatobá (antes e após *in vitro* digestão) e sua potencial atividade inibitória sobre as enzimas α -amilase e α -glicosidase, ele também analisou efeito da adição da farinha de jatobá- sobre o teor de fibras, qualidade nutricional, resposta glicêmica e aceitabilidade de pães. Os autores observaram impacto positivo na substituição da farinha de trigo tradicional pela farinha de jatobá na formulação de pães, havendo aumento no teor de fibras e polifenóis, reduzindo assim a resposta glicêmica, se tornando uma alternativa na inserção em dietas mais saudáveis.

Avaliando o potencial antioxidante e antimicrobiano de extrato das sementes e da casca do jatobá de forma combinada, Scaramussa et al. (2022) observaram interações sinérgicas positivas contra seis bactérias patogênicas, sugerindo potencial tecnológico e sua aplicação como fonte natural de compostos bioativos antioxidantes e antimicrobianos. Outros estudos apontam potencial aplicabilidade para redução de contagem em *Bacillus cereus* e *Shigella flexneri* em concentrações de 0,78 mg/mL de extrato etanólico de folha de jatobá. Santana (2015), utilizando o extrato etanólico das folhas de jatobá, demonstrou em seu estudo redução de contagem *Staphylococcus*

aureus presentes em leite, entretanto o extrato não foi eficiente para *Escherichia coli* e *Salmonella spp*, possuindo ação mais ativa em microrganismos gram positivos.

Entretanto, Dos-Santos et al. (2022) obteve resultados positivos quanto ao efeito bactericida, inibindo de forma eficaz as principais bactérias do gênero Gram-negativo, como *Escherichia coli*, *Salmonella serovar Enteritidis* e *serovar Typhymurium*, através do óleo essencial extraído das cascas do fruto do jatobá. Além de apresentar também atividade inibitório para o grupo Gram-positivo. De-Menezes-Filho et al. (2020), em seu estudo com óleo essencial da casca do fruto observaram resultados promissores da atividade antioxidante e antifúngica contra isolados de *Sclerotinia sclerotiorum*, *Colletotrichum acutatum gloeosporioides*, e para *Aspergillus flavuse niger*.

No estudo de Cassol (2019), foi avaliado a eficácia da farinha de jatobá, obtida a partir do fruto, em costela de pacu defumada sob refrigeração comparando seus resultados com o antioxidante BHT. Os autores destacam resultados positivos na concentração de 4,5% de farinha de jatobá ao longo de 15 dias de armazenamento. Dada a presença de compostos fenólicos no jatobá, estudos que exploram informações a respeito da atividade e potencial antioxidante desta árvore e que comprovam a viabilidade de sua aplicação são de grande importância. Contudo, são escassos os trabalhos que avaliam a sua aplicação e comportamento antioxidante nos alimentos, especialmente em pescado, auxiliando a indústria de alimentos na diversificação de produtos e extensão da vida útil.

3.7. Proantocianidinas

Proantocianidinas também conhecidos como taninos condensados são polifenóis de origem vegetal formados por produtos oligoméricos e poliméricos oriundo da via biossintética dos flavonóides (catequina, epicatequina, epigalocatequina e galato de epigalocatequina). Esses compostos podem ser encontrados em diversas espécies e estruturas vegetais como folhas, cascas, flores, frutas, nozes, leguminosas e grãos, protegendo as plantas de patógenos e predadores agindo como defesa contra estressores bióticos e abióticos (DAI et al., 2020).

A utilização de proantocianidinas está sendo estudada e comercialmente difundida por indústria e pesquisadores do mundo todo graças a sua vasta aplicação e notável ação em benefício à saúde, conforme é demonstrado por diversos estudos

aplicados em humanos e animais (SUSANTI et al., 2021). Na indústria farmacêutica esses compostos são explorados devido a sua capacidade de eliminar radicais livres e atividade antioxidante, apresentando também atividades vasodilatadoras, anticarcinogênicas, antialérgicas, antiinflamatórias, antibacterianas, cardioprotetoras, imunoestimulantes, antivirais e estrogênicas, além de serem inibidoras das enzimas fosfolipase A2, ciclooxigenase e lipooxigenase (SALAH et al., 1995, RICE-EVANS et al., 1996; DAI et al., 2020).

Para a indústria alimentícia este composto tem sido explorado principalmente para a extensão de vida útil de produtos. Gao et al. (2023) avaliaram a composição de polifenóis em chokeberry (planta da família *Rosaceae*, distribuído na América do Norte) explorando a atividade antioxidante e antiproliferativa celular, constatando que a maior proporção em polifenóis chokeberry foi proantocianidinas e os compostos presentes nesta planta podem proteger de maneira efetiva as bioatividades dos produtos evitando perda de qualidade e fornecendo novas possibilidades para a utilização abrangente de polifenóis de chokeberry. Bi et al. (2019) desenvolveu filmes de embalagem antioxidantes e antimicrobianos incorporados com diferentes concentrações de proantocianidina, comprovando que este composto influenciou positivamente nas propriedades físicas, como capacidade de barreira ao oxigênio, a capacidade de barreira à luz UV-vis, a resistência à tração e a estabilidade térmica dos filmes à base de CS, além das propriedades antioxidantes. Em sementes de uvas também foram encontradas significativas concentrações de proantocianidina e aplicabilidade em novos produtos (SHI et al., 2003). No estudo de Zhuang et al. (2023), foram avaliados géis de emulsão enriquecidos com proantocianidina de sementes de uvas. Wang et al. (2023) analisaram e compararam a atividade antioxidante de diferentes partes de vários Lótus Antigos com seus extratos, atestando a presença de proantocianidina sugerindo perspectivas promissoras de aplicação como aditivos alimentares e alimentares.

Em jatobá a sua presença de proantocianidina é confirmada em estudos com diferentes partes de sua planta (VEGGI et al., 2014; DE-MATOS et al., 2023), entretanto apesar da significativa contribuição na ação antioxidante em alimentos, a exploração da proantocianidina no jatobá ainda é pouco explorado, especialmente em produtos cárneos e pescado.

As proantocianidinas possuem características organolépticas singulares que podem provocar adstringência, amargor, acidez, doçura, viscosidade salivar, aroma e

formação de cor em que o consome. A exploração da sua aplicabilidade na indústria alimentícia desempenha uma importante função como aditivo alimentar com a finalidade de aumentar a estabilidade microbiana, a capacidade de espuma, a estabilidade oxidativa e a estabilidade ao calor (SHI et al., 2003). Para que a proantocianidina possa ser usada como antioxidante ela precisa atender dois pontos: primeiro, quando ela apresentar baixas concentrações em relação ao substrato oxidado, pode ao menos atrasar, retardar ou prevenir a auto-oxidação por meio de radicais livres; Segundo, o composto resultante deve ser estável através de ligações de hidrogênio intramoleculares na oxidação posterior (SHAHIDI & WANASUNDARA, 1992). Em virtude das propriedades antioxidantes e antimicrobianas que as proantocianidinas apresentam a utilização desses compostos e mostra como uma alternativa viável e eficaz na conservação de alimentos explorando o potencial de compostos naturais em substituição ou redução dos conservantes sintéticos (BI et al., 2019).

3.8. Amido de mandioca como agente de adsorção

O amido é um dos polissacarídeos mais abundantes na natureza, sendo comumente encontrado em raízes, sementes, bulbos, tubérculos e em menor quantidade nas folhas e caules. Este polissacarídeo é um polímero fundamental de reserva de energia nos vegetais. (WANG; ZHANG, 2021). A composição do amido se dá pela união de dois polímeros de glicose, a amilose e a amilopectina. A primeira é uma macromolécula de aspecto linear já a segunda é uma macromolécula que possui características ramificadas e com elevada massa molar (YE et al., 2017). A amilose, normalmente é constituída de 10 unidades de α -Dglicopirranose ligadas por pontes glicosídicas α -(1 \rightarrow 4), que dispõe à molécula estrutural em formato helicoidal com características hidrofóbicas acomodando muitas vezes moléculas menores como ácidos graxos, álcoois ou iodo (MA et al., 2019). A proporção de amilose e amilopectina em um amido variam de acordo com a fonte botânica em que ele foi analisado, dessa forma é possível obter diferentes tipos de amidos com estruturas distintas e diversificadas propriedades funcionais (WANG; LI; ZHENG, 2021).

As fontes de amidos mais comuns são derivadas de grãos de cereais, que podem apresentar até 90% de seu peso composto por amido, mas também podem ser extraídos em grande quantidade em tubérculos, contendo de 65% a 85% e

leguminosas chegando a até 70%. Existe uma larga gama de amidos disponíveis para a comercialização, entre eles estão: milho, batata, arroz, trigo e mandioca (SJÖÖ; NILSSON, 2018). Dentre os amidos mais populares comercializados, o de mandioca está entre os amiloides mais abundantes, colocando o Brasil no topo do ranking de produção mundial. (LEAL et al., 2019). A versatilidade do amido lhe confere espaço para ser utilizado em diversas áreas como a indústria de alimentos, farmacêutica e têxtil. (DAI; ZHANG; CHENG, 2019;). Na indústria alimentícia sua aplicação vai desde como ingredientes até a aditivos de produtos, com a finalidade de melhoria do processo de fabricação, aspectos de apresentação ou conservação deles. O amido nativo e os amidos modificados podem ser usados com a função de agente ligante, preenchedor, gelificante, vitrificante, estabilizante, texturizante e espessante (WANG; LI; ZHENG, 2021).

A mandioca é um tubérculo de origem sul-americana, é largamente cultivada nos países da Ásia, África e América Latina, considerada como um dos alimentos mais importantes depois do arroz e do milho (ZHU, 2015). O crescente interesse pelo amido de mandioca está em suas características particulares, como ser antialérgico, ter sabor particular, alta viscosidade, ser claro, maior capacidade de retenção de água, menor temperatura de gelatinização, possuir estabilidade ao cisalhamento e congelamento-descongelamento, propriedades essenciais que as indústrias alimentícias buscam (WANG et al., 2022). Devido a essas características somada a preferência do consumidor pela ingestão direta da mandioca a produção deste tubérculo está em constante crescimento, especialmente para a produção de amido, totalizando um volume de 8,8 milhões de toneladas no ano de 2020 (ZHU, 2015). Além de ser consumida como alimento direto ou em rações para animais, o uso da mandioca é bastante diversificado, podendo ser utilizada até mesmo para a produção de biocombustível e etanol (LU, DING, & WU, 2011). Dessa forma a ampla aplicabilidade fazem desse vegetal uma oferta sustentável para o fornecimento de amido para diversas aplicações (ZHU, 2015).

4. METODOLOGIA

4.1. Fabricação do extrato de jatobá e caracterização antioxidante

4.1.1. Obtenção do extrato de jatobá

A casca do jatobá (*Hymenaea courbaril*) foi adquirida em estabelecimento comercial de Piracicaba-SP em forma de pó, e seu extrato rico em proantocianidina, foi obtido a partir da extração alcoólica do produto que será descrito a seguir.

4.1.2. Extração da proantocianidina e incorporação no amido de mandioca

O concentrado de jatobá foi extraído conforme descrito por Ostroschi et al. (2018) com modificações. 200 g pó da casca do Jatobá foi adicionado a uma solução aquosa de etanol (96% p/p) de 600 ml e aquecida a 30 °C por 30 minutos. Em seguida, o sobrenadante foi coletado por bomba a vácuo, e o etanol foi removido por evaporação rotatória a 50 °C em rotavaporador (pressão de vácuo de 600 mm Hg) até secar completamente, ou até restar 20% do líquido. A solução obtida após a evaporação do etanol foi denominada de extrato líquido de jatobá. O extrato líquido foi adicionado 100g de amido de mandioca e homogeneizado com o auxílio de uma colher, em seguida foi colocado para secar em estufa a 80 °C por duas horas até que a umidade do produto tivesse sido removida. O produto seco foi triturado em gral até que estivesse homogeneizado em partículas uniformes e finas.

4.1.3. Quantificação do extrato de jatobá

O extrato de jatobá adsorvido em amido de mandioca foi avaliado quanto aos teores de proantocianidinas. Sendo quantificados utilizando os ensaios colorimétricos descrito por Sun et. al. (1998) com adaptações. Utilizando o ácido gálico como padrão, onde 600 μ L de amostra foram adicionados a cubeta juntamente com a solução de 1,5 ml de vanilina a 1% em metanol e 1,5 ml de ácido sulfúrico a 25% de metanol. As cubetas foram colocadas em banho maria a 30° C por 15 minutos e lidas em espectrofotômetro (Shimadzu, UV- Vis mini 1240, Chiyoda-ku, Tóquio, Japão) a $\lambda=500$ nm. Os resultados foram expressos em mg de equivalente de ácido gálico (EAG)/g de amostra.

4.1.4. Compostos fenólicos totais

A quantificação de compostos fenólicos totais seguiu Al-Duais et al. (2009) com modificações. Foram pipetados em microplaca de 96 poços 20 μL de amostra em diferentes concentrações, ou ácido gálico. Em seguida foram adicionados 100 μL de solução aquosa de Folin-Ciocalteu a 10% (v/v). A microplaca foi deixada em ambiente livre de luz por 5 minutos e após esse período foi adicionado 75 μL de solução aquosa de carbonato de sódio 7,5% (v/v) voltando novamente para repouso no escuro por 40 minutos. Após esse período foi realizado a leitura das absorvâncias lidas a 740 nm em um leitor de microplacas e os resultados foram expressos em miligramas de equivalentes de ácido gálico (GAE) por grama de extrato de jatobá.

4.1.5. Capacidade antioxidante

A atividade antioxidante foi mensurada utilizando o ensaio DPPH (BRAND-WILLIAMS, CUVELIER & BERSET, 1995; MELO et al., 2015), o ensaio ORAC determinados de acordo com Melo et al. (2015), FRAP (KUKIC et al., 2008) e ABTS (AL-DUAIS et al., 2009). As medidas fotométricas foram realizadas em um leitor de microplacas (SpectraMax® M3, Molecular Devices LLC, Sunnyvale, CA, EUA).

Para a realização do método ORAC (radical peroxila ROO*) foram pipetadas diferentes concentrações de alíquotas de 30 μL da amostra ou Trolox em microplacas de 96 poços, em seguida os poços com as alíquotas foram preenchidos com 60 μL de uma solução de fluoresceína (508,25 nM) em tampão fosfato de potássio (75 mM, pH 7,4), e 110 μL de solução de AAPH (76 mM). A reação foi acompanhada a cada dez minutos por duas horas a 37° C, sendo monitorada a $\lambda=485$ nm para excitação e $\lambda=528$ nm para emissão. Os resultados foram expressos em μmol de equivalentes Trolox por grama de extrato de jatobá.

O ABTS avaliou a capacidade de eliminação contra radicais livres. O método consistiu em diluir a solução de persulfato de potássio (140 mM) que havia sido misturada a solução de ABTS (7 mM) e reagida por 16h em ambiente sem luz, à solução tampão de fosfato de potássio (75 mM, pH 7,4) para resultar em uma absorvância de $0,7 \pm 0,02$ a 734 nm. Diferentes concentrações foram pipetadas em microplacas de 96 poços foram pipetadas, 20 μL da amostra ou Trolox e 220 μL da solução do radical ABTS e deixadas reagindo por 6 minutos em um ambiente livre de

luz em temperatura ambiente. As absorvâncias foram lidas a $\lambda=734$ nm e os resultados expressos em μmol equivalentes de Trolox por grama de extrato de jatobá.

O método DPPH avalia a atividade antiradical livre dos extratos totais pela desativação do radical livre DPPH (2,2,-difeníl-1-picrilhidrazila). Diferentes concentrações de 66 μL de amostra e 134 μL de solução de DPPH (150 μM) foram pipetados em uma microplaca de 96 poços. A microplaca permaneceu em repouso por 45 minutos longe da luz, em seguida a absorvância foi lida a 517 nm à temperatura ambiente.

O FRAP, mede a capacidade antioxidante para redução ferro férrico (Fe^{3+}). O FRAP foi conduzido com diferentes concentrações de 20 μL de amostra e padrão (sulfato ferroso) em microplaca de 96 poços em diferentes concentrações. Em seguida os poços foram pipetados com 30 μL de água destilada e 200 μL de reagente FRAP contendo tampão acetato (0,3 M, pH 3,6), uma solução de cloreto de ferro (20 mM) e solução de TPTZ a 10:1:1 (v/v). A microplaca foi deixada reagindo por 8 minutos a 37° C para em seguida ser medida as absorvâncias foram a 595 nm. O poder redutor foi expresso em μmol de sulfato ferroso por grama de extrato de jatobá.

4.1.6. Mensuração do extrato no produto

As concentrações de extrato de jatobá para o preparo do hambúrguer foram definidas por cálculos de conversão para manter uma capacidade antioxidante de 500ppm, equivalente à quantidade de eritorbato de sódio normalmente adicionado aos produtos cárneos

4.1.7. Toxicidade aguda in vivo no modelo *Galleria mellonella*

A fim de verificar os efeitos tóxicos do extrato de jatobá, foi avaliada a toxicidade aguda sistêmica no modelo de larva de *Galleria mellonella* seguindo o que é determinado por Lazarini et al. (2018). Elas foram procriadas, nutridas e manejadas até obter peso ideal de utilização (0,2- 0,3 g). As larvas foram mantidas a 28°C em uma incubadora BOD. Foram avaliadas duas formas do extrato, a primeira, o extrato líquido concentrado sem a adição do amido de mandioca, a segunda, o extrato adsorvido em amido de mandioca.

Para avaliar a toxicidade aguda de amostras in vivo de extrato de Jatobá concentrado, ele foi liofilizado e solubilizado em etanol (40%) para ser injetado a dose de 0,4 mg/Kg na *Galleria mellonella*. Devido à insolubilidade do extrato em solução salina, etanol (50%) e DMSO (3%) foi avaliada apenas a concentração de 0,4 mg/ Kg solubilizado em etanol (40%) por apresentar melhor solubilidade. Quanto ao extrato adsorvido em amido de mandioca foram diluídos em soro fisiológico e injetadas no modelo *G. mellonella* em diferentes concentrações (40; 20; 10; 5; 2,5; 0,0008; 0,0004 mg/Kg). O grupo controle foi obtido com a aplicação de soro fisiológico estéril (0,09% NaCl) (extrato de jatobá adsorvido em amido) e etanol 40% (ensaio com o extrato de jatobá liofilizado). Para cada dose de extrato analisado foram utilizadas 5 larvas, em cada larva foram injetados 10 μ L da diluição contendo a dose estudada na hemolinfa das larvas através da última perna esquerda utilizando uma seringa. Os grupos foram incubados novamente a 28°C e sua sobrevivência foi monitorada em intervalos de 24, 48 e 72 horas. As larvas foram consideradas mortas quando nenhum movimento for detectado ao toque (ROCHELLE et al., 2016).

4.1.8. Caracterização do extrato de jatobá

O extrato de jatobá fabricado foi analisado e seus resultados quanto a caracterização estão descritos na Tabela 1. Os dados apresentados da caracterização do extrato de jatobá são resultados compartilhados com outros experimentos em produtos cárneos.

Tabela 1: Caracterização do extrato de jatobá.

Caracterização do extrato de jatobá concentrado líquido	
Umidade (% m/v)	27,32 \pm 0,04
Quant. Proantocianidina (mg/ml)	62,83 \pm 1,14
Fenólicos totais (mg GAE/ml)	257,85 \pm 20,47
DPPH (μ mol Trolox/g db)	580,20 \pm 3,47
ABTS (μ mol Trolox/g db)	1,42 \pm 0,06
FRAP (μ mol SF/g db)	2884,71 \pm 100,01
ORAC (μ mol Trolox/g db)	2,12 \pm 0,06

*Valores apresentando a média e desvio padrão da amostra de extrato de jatobá analisada.

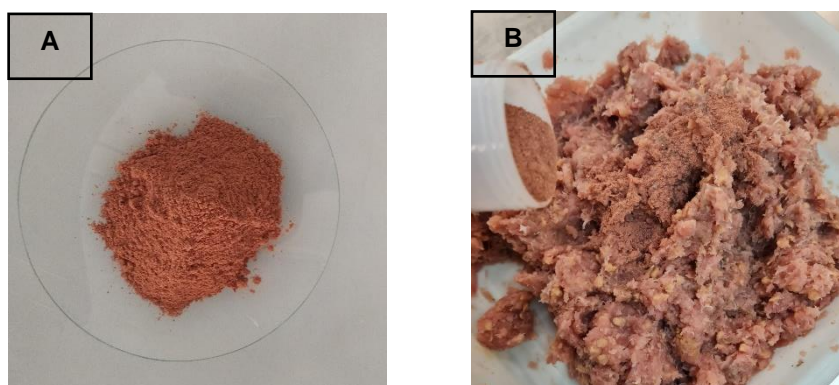


Figura 1: A: Extrato de jatobá adsorvido em amido B: adição do extrato de jatobá na massa cárnea do hambúrguer de peixe durante o processamento.

4.1.9. Ensaio de toxicidade em *Galleria mellonella*

Os resultados de toxicidade são exibidos nas figuras 02 e 03. Na figura 2 é demonstrado o resultado quanto a toxicidade aguda no modelo *Galleria mellonella* injetadas com o extrato líquido concentrado de jatobá. É observado que mesmo após 72 horas 80% da população manteve-se viva. De maneira geral, os ensaios de toxicidade costumam determinar a concentração na qual 50% da população pesquisada é afetada. Dessa forma, os resultados exibem que na condição estudada, a dose ofertada às larvas não demonstrou ser tóxica, não sendo possível determinar uma dose letal de 50%.

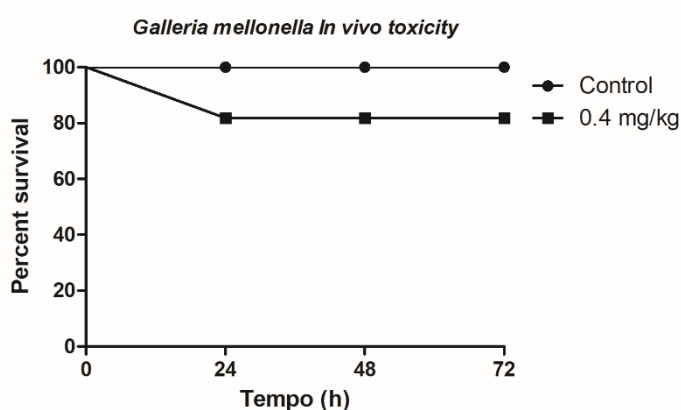


Figura 2: Toxicidade aguda em *Galleria mellonella* do extrato de jatobá liofilizado.

Na figura 3, os resultados apresentados são referentes a análise utilizando o extrato de jatobá adsorvido em amido de mandioca constatando que nas condições estudadas não houve toxicidade para a mistura, sendo explorada até a concentração de 40 mg/kg. Dessa forma, considerando o peso médio de um adulto de 70 kg, seria necessário o consumo de 28 g do extrato puro para uma possível toxicidade (20%).

No produto desenvolvido, na maior concentração foi utilizado aproximadamente 12g/kg da mistura extrato fécula de mandioca. Deste modo, o produto desenvolvido é atóxico.

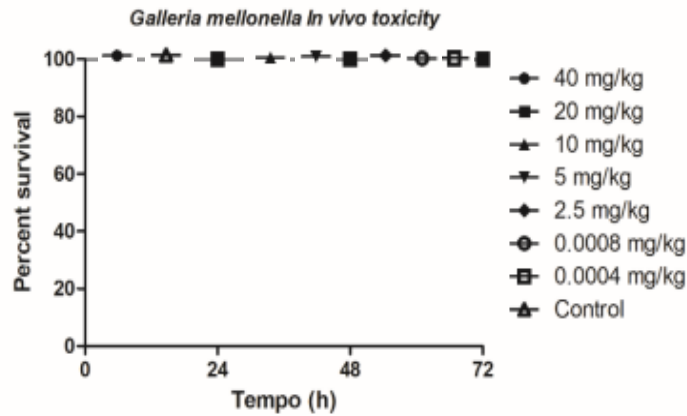


Figura 3: Toxicidade aguda em *Galleria mellonella* do extrato de jatobá adsorvido em amido.

4.2. Matéria prima e fabricação dos hambúrgueres

Neste trabalho foram desenvolvidas cinco formulações de hambúrgueres de atum adicionados com eritorbato de sódio ou extrato de jatobá (tabela 2), onde se avaliou o potencial antioxidante do extrato natural da planta comparando os resultados obtidos junto ao desempenho do agente antioxidante sintético.

Tabela 2: Formulação utilizada na elaboração de hambúrguer de atum com as concentrações de eritorbato de sódio e extrato de jatobá.

Ingredientes	Tratamento (%)				
	F01	F02	F03	F04	F05
Pescado	82,25	81,75	82,0	81,6	81,0
Sal	1	1	1	1	1
Limão em pó	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Cebola em pó	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Alho em pó	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
Pimenta branca	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Eritorbato de sódio	0	0,5	0	0	0
Extrato de jatobá	0	0	0,2	0,6	1,2
Gelo	8	8	8	8	8
Proteína texturizada de soja	3	3	3	3	3
Aroma de fumaça	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
Óleo de soja sem antioxidante	5	5	5	5	5
Ervas finas	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15

Conforme a Figura 4 demonstra, primeiramente foi realizado o levantamento da bibliografia para sustentar a pesquisa, seguido pela fabricação e caracterização do extrato para então aplica-los em pré-testes, onde foram definidas dosagens que não fossem rejeitadas sensorialmente, realizando também a conversão da concentração de extrato de modo que correspondesse a concentração de 500 ppm do eritorbato durante a fabricação dos hambúrgueres. A formulação F04, com 0,64% de extrato de jatobá liofilizado, corresponde dessa forma aos 500 ppm de eritorbato de sódio. A determinação das demais formulações com extrato de jatobá adsorvido em amido (F03 e F05) foram definidos por pré testes sensoriais ao qual estabeleceu a concentração mínima que fosse percebida sensorialmente a presença do extrato (F03) e a concentração máxima (F05) fixada como o dobro da utilizada na formulação F04 e que não apresentou rejeição sensorial.

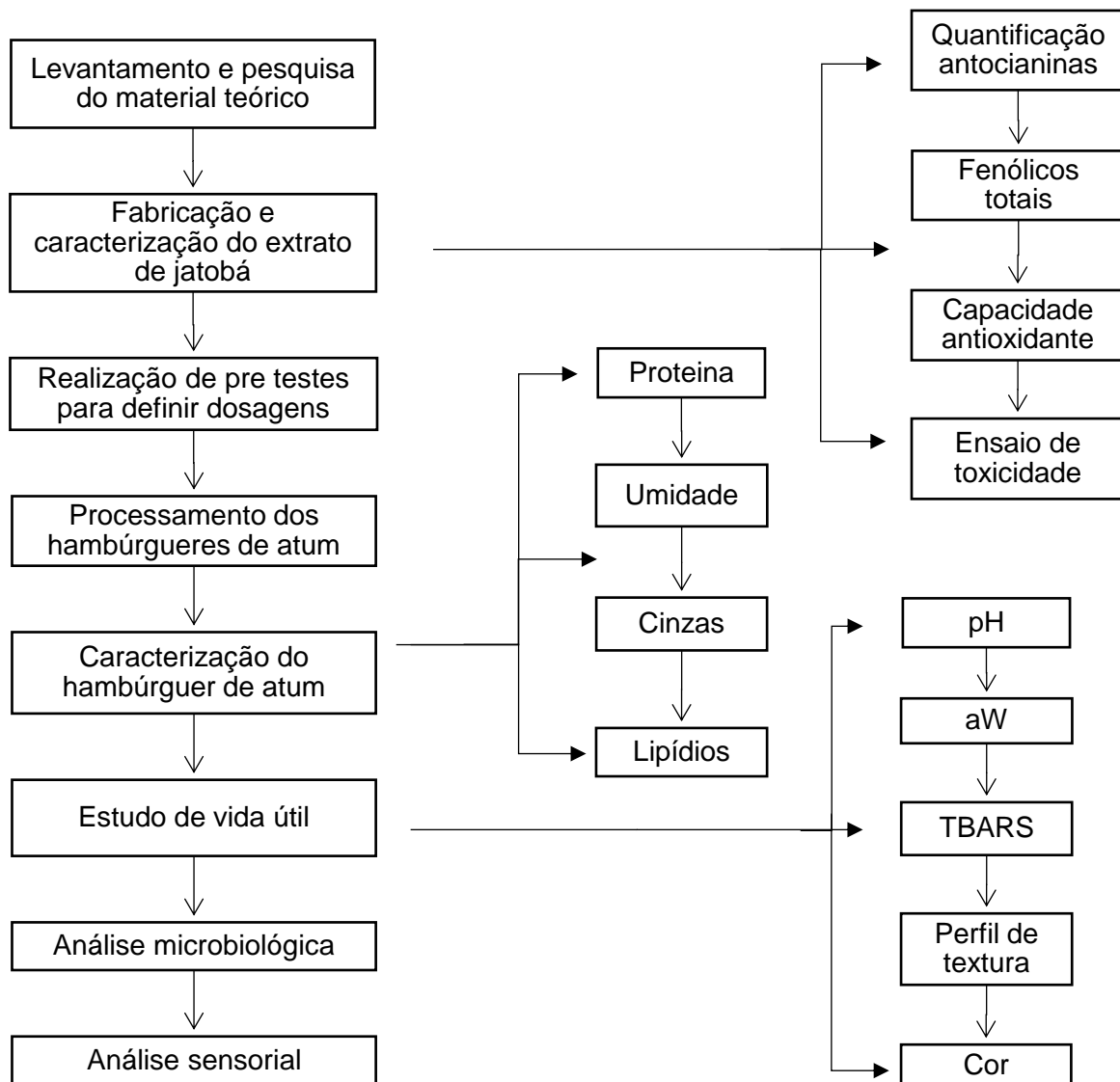


Figura 4: Fluxograma das etapas da pesquisa

O atum foi adquirido sob a forma de lombo congelado, por uma empresa certificada pelo serviço de inspeção federal, sendo transportada até o laboratório de Qualidade e Processamento Carnes da Universidade de São Paulo em Piracicaba - SP, através de caminhão refrigerador para que não houvesse perda de temperatura e qualidade. Os demais ingredientes foram adquiridos por empresas locais.

O processamento do pescado e fabricação dos hambúrgueres foram realizados na planta piloto do laboratório de Qualidade e Processamento de Carnes sob condições controladas de temperatura (Figura 5). O pescado foi picado e moído em máquina automática com disco número 12 (Figura 6: A, B e C). Foram desenvolvidas

cinco formulações de hambúrguer de pescado usando como referência a formulação de Mello et al. (2012) com modificações conforme descritos na Tabela 2.

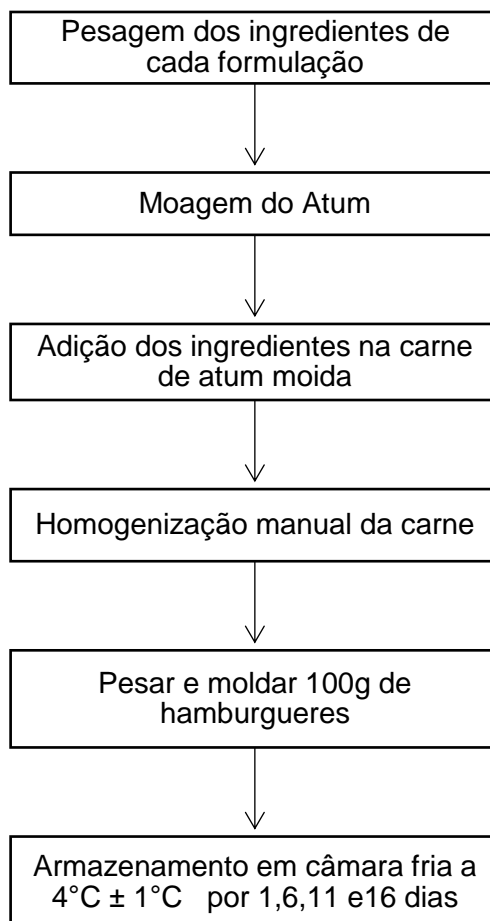


Figura 5: Esquema ordenado do processamento do hambúrguer de atum

Estudos preliminares com provadores semi-treinados definiram a concentração máxima de 1,2% de extrato de jatobá que poderia ser adicionado aos hambúrgueres de atum sem que houvesse rejeição do produto. Todos os ingredientes foram pesados em balança analítica e homogeneizados manualmente. A massa foi dividida em porções de 90 g e moldadas em formato de hambúrguer (Figura 6: G, H e I), acondicionados em embalagem de polietileno a vácuo e armazenadas por até 16 dias. Com o objetivo de obter resultados satisfatórios com maior rapidez, foi escolhida simular condições de varejo no armazenamento dos hamburgueres de atum, onde estes foram mantidos sob refrigeração (4°C ± 1°C) e luz branca.

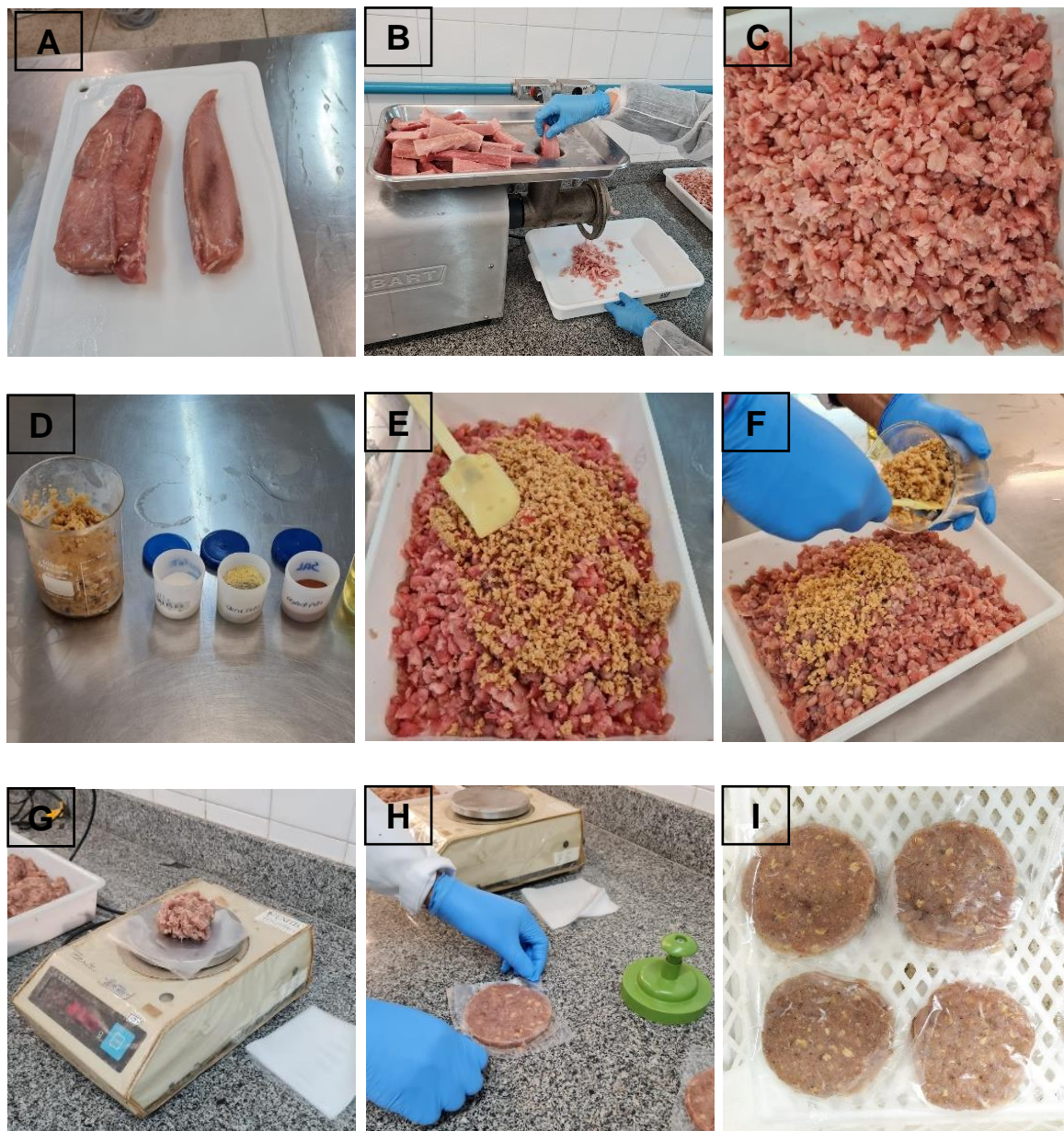


Figura 6: Esquema de processamento do hambúrguer de atum: A:lombo do atum inteiro. B e C: carne de atum moída. D: ingredientes adicionados a carne de atum. E e F: carne moída de atum adicionada aos ingredientes para homogeneização manual. G:blend de 90 g hambúrguer pesado. H e I: hambúrguer de atum moldado para ser identificado e refrigerado.

Os hambúrgueres de atum foram analisados quanto ao pH, estabilidade oxidativa (substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico [TBARS]), A_w (atividade de água), textura (dureza, coesão, mastigabilidade, elasticidade, viscosidade, goma e adesividade), microbiologia e cor instrumental (L, a e b) nos tempos de armazenamento 1, 6, 11 e 16 dias. A composição centesimal e caracterização físico-química foram realizadas nos hambúrgueres, apenas no dia 1 de armazenamento

refrigerado. Os experimentos foram realizados em três réplicas independentes em tempos diferentes de cada formulação. Três lotes de 22 hambúrgueres de atum foram preparados, representando 66 hambúrgueres produzidos por formulação e 330 hambúrgueres totais.

4.3. Composição centesimal

Para análise de composição centesimal dos hambúrgueres de atum os testes foram realizados em amostras cruas. Seguindo o que é estabelecido pela IAL (2008): umidade por gravimetria em estufa a 105°C, até peso constante; o teor de cinza foi determinado por calcinação da matéria orgânica em forno mufla a 550°C. A proteína bruta foi determinada de acordo com ISO 1871:2009 (utilizando o fator de transformação do nitrogênio em proteína 6,25); lipídios pelo método Soxhlet (utilizando hexano como solvente extrator) ISO 1443:2010. O teor de carboidratos dos hambúrgueres de peixe foi determinado subtraindo-se de 100 os percentuais de umidade, proteína, gordura e cinzas. Os dados são dados em porcentagem.

4.4. Atividade de água (Aw) e medição de pH

Atividade de água foi medida através do equipamento AquaLab (4TE, Decagon Devices, Pullman, EUA), o pH foi medido diretamente no hambúrguer cru, utilizando um pHmetro Sentrun®, pH 0-14, BI series com eletrodo de perfuração.

4.5. Medição de cor instrumental

Foi avaliado a cor dos hambúrgueres utilizando colorímetro Konica Minolta (Chroma Meter, CR-400, Mahwah, NJ, EUA) em um ângulo de 10°, área de medição de 8 mm de diâmetro e fonte de iluminação D65, realizando-se a leitura dos parâmetros L* (luminosidade), a* (intensidade de vermelho/verde), b* (intensidade de amarelo/azul). A análise foi realizada em triplicata em cada hambúrguer, utilizando seis hambúrgueres cru de cada formulação, totalizando 18 leituras por tratamento.

4.6. Textura instrumental

A análise do Perfil de textura foi realizada em texturômetro TA-XT (Stable Micro Systems, Godalming, Reino Unido) baseado nos parâmetros definidos por Presenza^a

et al. (2022). As amostras foram cozidas previamente em chapa elétrica a 150°C até que a temperatura interna atingisse 75°C, em seguida os hambúrgueres foram resfriados em temperatura ambiente. Foram utilizados três cilindros (2,5 cm de diâmetro) por tratamento e comprimidos a 50% da sua altura original com um probe P-35 (eixo longo, base regular) a uma velocidade de 10 mm/s. Os parâmetros analisados foram: dureza, coesão, mastigabilidade, elasticidade, viscosidade, goma e adesividade. Sendo realizadas 12 medições para cada lote.

4.7. Oxidação lipídica - TBARS

O valor de TBARS foi determinado em triplicada pelo método descrito por AOC (1990). Foram pesados 7 g de hambúrguer de atum cru e adicionados 0,015 g de ácido etilenodiamina tetra-acético (EDTA), 0,015 g de galato de propila e 15 mL de uma solução de ácido tricloroacético a 7,5%. A amostra foi agitada em vórtex (1800 rpm, 1 min) e recebeu 15 mL de uma solução de ácido tricloroacético a 7,5%, voltando para ser homogeneizado em vortex, em seguida a mistura foi filtrada em papel filtro. Foram coletadas 2,5 mL do filtrado e adicionados 2,5 mL de uma solução aquosa de ácido tiobarbitúrico (TBA) (46 mM). As amostras foram mantidas em banho-maria a 95° C por 35 minutos e resfriadas em banho de gelo a 10° C. Em seguida foram realizadas as leituras de absorvância a 532 nm em espectrofotômetro (Shimadzu, UV-Vis mini 1240, Chiyoda-ku, Tóquio, Japão). Os resultados foram calculados a partir de uma curva padrão de 1,1,3,3- tetraetoxipropano (TEP) e expressos como mg de malondialdeído (MDA) por quilograma de amostra (mg MDA/Kg amostra).

4.8. Microbiológica

Para determinar a segurança microbiológica dos hambúrgueres foram realizadas análises de coliformes termotolerantes e *Salmonella sp* seguindo metodologia descrita por APHA (2015), onde foram avaliadas Coliformes a 45 °C, *Salmonella sp.*, e a contagem de bactérias aeróbias mesófilas e psicrotrófilas pelo método de contagem aeróbica em placas recomendado pela American Public Health Association (MORTON, 2001).

As contagens das bactérias ocorreu nos tempos 1, 6, 11 e 16 dias de armazenamentos a $\pm 4^{\circ}$ C. Para a realização desta análise microbiológica as amostras foram tratadas em capela de fluxo laminar, pesadas 25g e adicionados 225 mL de

água peptonada 0,1% (Oxoid, Inglaterra) em um Stomacher 400 Lab-blender (Seward Medical, Londres, Inglaterra) por 1 min. Diluições decimais graduadas foram preparados a partir do produto homogeneizado e alíquotas de 1 mL foram semeadas em Plate Count Agar (Oxoid, Inglaterra), em duplicata, e incubadas a 37 °C por 24h para mesófilos e 72h para psicrotrófilos. As colônias foram enumeradas e os resultados expressos em log UFC/g. A legislação brasileira não possui padrões microbiológicos para esse tipo de microrganismos, sendo adotada a norma da International Commission on Microbiological Specifications for Foods (ICMSF, 1986) para este estudo.

Para a realização da análise de Coliformes totais e *Escherichia coli* foi utilizado o sistema Simplate®CEc, conforme as instruções do fabricante. Para este cultivo o substrato utilizado foi hidratado em 100 mL de água destilada estéril, e no centro de cada placa de simplate foram pipetada 1 mL de diluições graduadas juntamente com 9 mL de substrato hidratado. Em seguida as placas foram agitadas em movimentos circulares até que todas as cavidades fossem preenchidas pela mistura. As placas foram incubadas a uma temperatura de 32° C por 24h. utilizou a câmara de luz ultravioleta (UV) em um comprimento de onda de 365 nm para leitura dos resultados, sendo: positivo para coliformes totais quando apresentar, a olho nu, a cor purpura; e se florescerem sob luz UV, positivas para E. coli. Os resultados foram expressos de acordo como o NMP.

O teste de Salmonella foi realizado através do enriquecimento das amostras com BPW a 37° C por 24 h, seguido do caldo tetracionato (Acumedia, Lansing, EUA) a 41° C por 24 h. As amostras enriquecidas foram testadas em tiras para patógenos (RapidCheck, SDIX Newark, EUA; validado pela AOAC), de acordo com as instruções do fabricante. Os limites máximos permitidos para estes microrganismos seguiram o que é estabelecido pelo Regulamento Técnico Sobre os Padrões Microbiológicos para Alimentos, determinando o limite 1×10^2 para *Escherichia coli* e Salmonela ausente para produtos à base de carne moída ou picada de pescado (ANVISA, 2022).

4.9. Análise sensorial

4.9.1. Aspectos éticos

O estudo foi submetido à aprovação pelo Comitê de Ética em Pesquisa da Escola Superior Luiz de Queiroz e respeitou a Resolução nº 466/12, VII.2 referente à

pesquisa envolvendo seres humanos, sob parecer n° 5.463.575. O estudo foi realizado no Departamento de Agroindústria, Alimentos e Nutrição da ESALQ o treinamento da equipe e realização da análise sensorial. Os participantes foram previamente esclarecidos quanto aos objetivos da pesquisa através da apresentação do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido, onde estavam livres para escolher participar ou não da pesquisa. No TCLE foi garantido o anonimato das informações fornecidas na pesquisa.

4.9.2. Perfil descritivo otimizado

O método Perfil Descritivo Otimizado foi escolhido para a realização da análise sensorial com a finalidade de avaliar as diferenças nas características sensoriais (sabor, odor, textura e aspectos visuais) nas cinco formulações desenvolvidas deste estudo. Esta metodologia tem por objetivo fornecer informações quantitativas empregando um método rápido, onde juízes semitreinados avaliam um produto por meio de escala não estruturada com ancoragens nas suas extremidades, representado a intensidade de fraco e forte. São fornecidos materiais de referências com os atributos e padrões das escalas, definidas previamente junto a equipe sensorial, para que as amostras sejam avaliadas de maneira coerente e padronizadas e assim obter informações quantitativas (SILVA et al., 2012).

4.9.3. Recrutamento e treinamento de equipe sensorial

Para o recrutamento da equipe sensorial foi utilizado um formulário online onde se buscava um perfil de candidatos que tinham como hábito o consumo regular de pescado, em especial o consumo de atum. O formulário possuía perguntas estruturadas de respostas abertas e fechadas onde se questionava o consumo deste alimento, disponibilidade de participação, afinidade com termos específicos que se exigia e ausência de condições de saúde que pudessem comprometer a análise sensorial. No momento do preenchimento do formulário online os interessados eram apresentados aos objetivos da pesquisa juntamente com o número do parecer de aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa.

Os candidatos interessados realizaram avaliações onde se testou a capacidade de trabalhar com escalas, sendo aplicados teste com figuras com representações de diferentes níveis de preenchimento em papel (MEILGAARD et al., 2006) e em tablets

utilizando o *software Compusense Cloud* (Compusense Inc Guelph, Ont., Canadá). Sendo aceito uma variação de até 10% do valor exato. Foram apresentadas no treinamento fotografias de hambúrguer de atum comparando-as com hambúrguer de carne bovina comercial e apontando os atributos que os distinguiam. Ao final da seleção e treinamento, foram considerados aptos os candidatos que haviam acertado pelo menos 75% dos testes. Dos 18 candidatos, 16 se mostraram aptos para compor a equipe de provadores sensoriais.

4.9.4. Terminologia descritiva e definição do material de referência

O desenvolvimento da terminologia descritiva foi realizado por 16 provadores pré-selecionados. Para dar suporte a toda equipe no levantamento dos descritores, foi utilizado uma lista com termos descritivos do estudo de De-Quadros et al. (2015) para hambúrguer de pescada com baixo teor de sódio. A discussão foi conduzida com o auxílio de um moderador, que colaborava com a equipe na determinação dos atributos. As cinco formulações do estudo foram apresentadas acompanhadas da lista de termos descritivos que caracterizavam hambúrguer de pescada quanto à aparência, aroma, sabor e textura. Foram definidos os termos sensoriais que representavam os extremos da escala não estruturada. Ao todo foram definidos dezessete descritores, para aparência (3), odor (3), sabor (6) e textura (5) conforme é apresentado Tabela 3.

4.9.5. Preparo das amostras e análise sensorial nas cabines

Os hambúrgueres foram cozidos previamente em chapa elétrica a 150°C até que a temperatura interna atingisse 75°C, foi realizado então um fracionamento do hambúrguer em amostras de 20g e envolvidos em papel alumínio codificadas em números aleatórios de três dígitos e mantidas em estufa aquecida a 65°C para serem servidas aos provadores em três sessões distintas. Os provadores recebiam a amostra codificada, água e uma bolacha cream cracker para limpeza do palato a cada amostra que recebia. Os dados foram coletados utilizando o *software Compusense Cloud* (©Compusense Inc Guelph, Ont., Canadá) em três sessões distintas por 16 provadores.

Tabela 3: Descritores definidos com provadores.

*Nome do atributo	Definição do atributo	Técnica	Referências
Aparência: cor da crosta	Cor externa aparente característica da borda do hambúrguer de atum assado em chapa. Tons variando do branco ao caramelo.	Provador deve estar sentado em um ângulo de 90°C, podendo se aproximar da amostra sem tocar no prato, a uma distância mínima de dois palmos.	Pouco: farinha de mandioca branca. Muito: barra de granola.
Espessura	Altura do hambúrguer de atum.	Provador deve estar sentado em um ângulo de 90°C, podendo se aproximar da amostra sem tocar no prato, a uma distância mínima de dois palmos.	Pouco (fino): hambúrguer comercial 75 g. Muito (grosso): hambúrguer comercial artesanal de 120 g.
Cor interna do hambúrguer de atum	Cor interna aparente característica de hambúrguer de atum tons variando de cinza claro a marrom médio.	Provador deve estar sentado em um ângulo de 90°C, podendo se aproximar da amostra sem tocar no prato, a uma distância mínima de dois palmos.	Pouco: hambúrguer de atum com cor interna cinza claro, cinza médio. Muito: hambúrguer de atum com cor interna marrom médio.
Aroma de defumado	Aroma de defumado de hambúrguer de atum.	Levar o recipiente da amostra próximo à região nasal e realizar até 3 aspirações longas.	Pouco: formulação padrão contendo hambúrguer de atum sem a presença de aroma defumado. Muito: formulação padrão contendo hambúrguer de atum com a presença de aroma defumado.
Aroma de ervas finas	Aroma característico de ervas finas.	Levar o recipiente da amostra próximo à região nasal e realizar até 3 aspirações longas.	Pouco: água destilada. Muito: ervas finas frescas.
Aroma de pescado (atum)	Aroma característico de atum.	Levar o recipiente da amostra próximo à região nasal e realizar até 3 aspirações longas.	Pouco: pescado atum cozido em água. Muito: Atum frito em óleo.

Maciez geral (inicial e sustentada)	Pouca força necessária para a mastigação.	Mastigação com os dentes molares até a deglutição da amostra.	Pouco: bala de iogurte 7 Belo. Muito: marshmallow Fini.
Suculência geral (inicial e sustentada)	Liberação de líquido, durante a mastigação.	Mastigação com os dentes molares até a deglutição da amostra.	Pouco: filé de peito de frango assado. Muito: sobrecoxa de frango.
Dureza	Força requerida para alcançar determinada deformação de um produto.	Mastigação com os dentes molares até a deglutição da amostra.	Pouco: pão de forma Pullman. Muito: barra de granola Nutry.
Mastigabilidade	Percepção do número de mastigações necessárias para o produto estar pronto para a deglutição. Borrachento.	Colocar a amostra na boca e gerar a percepção nas 5 primeiras mastigações.	Pouco: biscoito água e sal. Muito: tapioca.
Coesividade	Atributo mecânico de textura relativo a extensão em que um material pode ser deformado antes da ruptura.	Colocar a amostra entre os dentes molares, comprimir e avaliar a extensão da deformação antes da ruptura.	Pouco: bife bovino grelhado. Muito: bolo de fubá assado sem recheio.
Sabor de ervas finas	Sabor característico de ervas finas.	Mastigação com os dentes molares até a deglutição da amostra.	Pouco: formulação padrão de hambúrguer de atum SEM ervas finas. Muito: formulação padrão de hambúrguer de atum COM ervas finas (2,,5%).
Sabor de Pescado (atum)	Sabor característico de atum.	Mastigação com os dentes molares até a deglutição da amostra.	Pouco: atum cozido em água. Muito: atum enlatado pronto para consumo.
Sabor salgado	Percepção de sal na boca durante a mastigação.	Colocar a amostra na boca e gerar a percepção nas 5 primeiras mastigações.	Pouco: formulação padrão de hambúrguer de atum SEM adição de sal. Muito: formulação padrão de hambúrguer de atum COM adição de sal (2%).

Sabor Picante	Percepção de ardência na boca durante a mastigação.	Colocar a amostra na boca e gerar a percepção nas 5 primeiras mastigações.	Pouco: Pimenta comercial biquinho Qualytá. Muito: Molho Tabasco.
Sabor de Atum assado	Sabor característico de atuma assado	Mastigação com os dentes molares até a deglutição da amostra.	Pouco: atum cozido em água. Muito: atum assado na churrasqueira.
Sabor residual de hambúrguer de atum	Percepção residual do hambúrguer formulado durante a mastigação.	Mastigação com os dentes molares até a deglutição da amostra.	Pouco: hambúrguer comercial de frango assado a 71°C. Muito: hambúrguer artesanal de carne bovina assado a 71°C.

4.10. Propriedades de cozimento

Os hambúrgueres de atum foram avaliados quanto suas propriedades tecnológicas de cozimento por meio de medições de espessura, diâmetro e peso em amostras cruas e cozidas, em duas amostras por lote por formulação, totalizando 6 aferições por formulação. Foram analisados: Rendimento de cozimento e retenção de umidade foram determinados de acordo com Sánchez-Zapata et al. (2010) seguindo as seguintes equações:

$$\text{Rendimento de cozimento (\%)} = \frac{\text{Peso do hambúrguer cozido}}{\text{Peso do hambúrguer cru}} \times 100$$

(Equação 01: Rendimento de cozimento)

Retenção de umidade(%)

$$= \frac{\text{Peso hambúrguer cozido} \times \% \text{ Umidade hambúrguer cozido}}{\text{Peso hambúrguer cru} \times \% \text{ Umidade hambúrguer cru}} \times 100$$

(Equação 02: Retenção de umidade)

4.11. Análise estatística

A análise estática deste experimento foi realizada empregando um delineamento em blocos casualizados (DBC) com três blocos (cada bloco correspondendo a um processamento independente do hambúrguer) com cinco tratamentos e quatro tempos de armazenamento. Os dados foram calculados utilizando o software R. Foram realizadas análise de variância (ANOVA), diferenças estatísticas entre as amostras foram determinadas através do teste de Tukey ($p < 0,05$), teste de Shapiro-Wilk foi utilizado para o teste de normalidade e o teste Oneillmathews foi usado para calcular a homogeneidade da variância. Foi realizado também a análise de componentes principais (PCA) na matriz de correlação de resultados obtidos na análise sensorial.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Caracterização do hambúrguer de atum

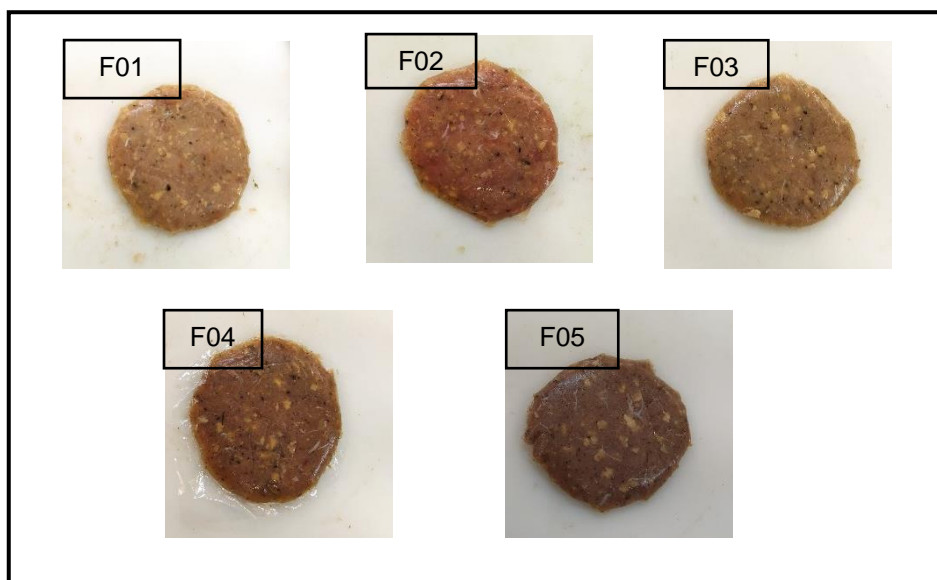


Figura 7: Formulações do hambúrguer de atum cru realizadas no experimento. Imagem referente ao dia da fabricação: F01 (controle), F02 (0,05% de eritorbato de sódio), F03 (0,2% de extrato de jatobá), F04 (0,64% de extrato de jatobá) e F05 (1,2% de extrato de jatobá).

Os resultados da composição centesimal (umidade, cinzas, proteína e lipídios) dos hambúrgueres são apresentados na Tabela 4. Seguindo os parâmetros do Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Hambúrguer (BRASIL, 2022) as formulações desenvolvidas neste estudo se encontram em conformidade com os teores mínimos de proteína (15%) e máximos de gordura (25%). Se tratando do valor nutricional como alimento humano, a composição química do pescado é de grande importância.

O teor de umidade das cinco formulações do hambúrguer de atum variou de 65,72% a 69,17%, referente as formulações F04 (com 0,64% de extrato de jatobá) e F02 (com eritorbato de sódio) respectivamente (Tabela 4). Segundo Gonçalves (2011), existe uma correlação inversa ao conteúdo de água e o de lipídios do pescado. Não foi identificadas diferenças significativas em umidade entre as formulações. Valores semelhantes podem ser observados no estudo de Duman (2022), onde os hambúrgueres de *Luciobarbus esocinus* adicionado com até 15% de farinha de linhaça obtiveram umidade em torno de 61,82% a 73,13%.

No estudo de Pattipeilohy & Moniharapon (2015) a umidade apresenta valor inferior ao encontrado neste estudo, onde o hambúrguer de atum (*Thunnus sp.*) apresentou 48,5% de umidade. No entanto, quanto ao teor de cinzas (Tabela 4), os resultados corroboram com o trabalho dos autores, que obtiveram 2,32% de cinzas em seu hambúrguer de atum, neste trabalho. O conteúdo de cinzas representa a concentração geral de minerais, contudo este parâmetro isolado não é um indicador de qualidade, deve-se analisa-lo em conjunto com outros fatores.

Foram encontradas diferenças significativas ($P < 0,05$) entre os tratamentos apenas para o teor de proteína, demonstrando o alto grau de proteína nesse tipo de produtos na média de 21,8% a 22,5%. A formulação F03 (com 0,2% de extrato de jatobá), apresentou diferença das formulações F02 (0,5% de eritorbato de sódio) e F05 (com 1,2% de extrato de jatobá), porém essa diferença não foi maior de 1%. Cada uma das formulações deste estudo recebeu diferentes concentrações de pescado acrescentadas, isto pode ter contribuído para que diferenças significativas nos níveis de proteína fossem encontradas. Valor semelhante ao conteúdo de proteína são observados no estudo de Khallaf et al. (2021), onde foi desenvolvido um produto fabricado a partir do bonito (*Euthynnus alletteratus*) com teor de proteína total de 22,07%. Resultados distintos foram obtidos por Pattipeilohy & Moniharapon (2015) no hambúrguer de atum, atingindo valores de 16,40% para proteína e 15,67% para lipídios. No estudo de Shaviklo et al. (2022), os lipídios atingiram valores de 3,55% para almondegas fabricadas a partir de albacora (*Tunnus albacares*), este resultado corrobora com as médias encontradas no presente estudo dos tratamentos, com exceção do F01 que apresentou o maior valor de 4,69%, porém não diferindo significativamente dos demais tratamentos.

De forma geral, analisando os resultados da presente composição centesimal não é possível afirmar que a adição do extrato de jatobá adsorvido em amido alterou os parâmetros de proteína, umidade, cinzas e lipídios dos hambúrgueres de atum. A composição química do pescado é inconstante, devido as variações sazonais, espécie, idade, sexo, estado fisiológico do pescado, entre outros (GONÇALVES, 2011).

Tabela 4: Valores (%) de umidade, cinza, proteína e lipídios das formulações de hambúrguer de atum cru.

Tratamento	Umidade (%)	Cinza (%)	Proteína (%)	Lipídios (%)
F01	67,04 ±2,08	2,23 ±0,02	22,26 ±0,08ab	4,69 ±0,39
F02	69,17 ±3,31	2,35 ±0,10	21,86 ±0,13b	3,43 ±0,82
F03	67,39 ±1,23	2,23 ±0,06	22,51 ±0,26a	3,70 ±0,52
F04	65,72 ±1,34	2,31 ±0,09	21,93 ±0,05b	3,06 ±0,53
F05	67,23 ±0,07	2,64 ±0,42	22,16 ±0,29ab	3,08 ±0,57

Resultados são médias ± desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. F01 (controle), F02 (0,05% de eritorbato de sódio), F03 (0,2% de extrato de jatobá), F04 (0,64% de extrato de jatobá) e F05 (1,2% de extrato de jatobá).

5.2. Propriedades de cozimento

As amostras de hambúrguer de atum foram avaliadas quanto ao rendimento de cozimento e de retenção de umidade submetidos a 1 dia de refrigeração e seus respectivos resultados são apresentados na Tabela 5, não foram identificadas diferenças significativas entre as formulações para retenção de umidade.

Observa-se que os hambúrgueres de atum apresentaram resultados interessantes quanto as propriedades tecnológicas de cozimento, que variaram de 79,68% a 87,43% para rendimento de cozimento e 65,84% a 83,82% para retenção de umidade. Observa-se uma possível relação na adição do extrato de jatobá adsorvido em amido com as propriedades de cozimento analisadas no presente estudo, havendo um aumento nos valores dos parâmetros à medida que adicionava maiores concentrações do extrato. Sendo, por isso, observado na formulação controle (F01) valores menores das demais formulações, que continham agentes redutores de compostos secundários, como o eritorbato de sódio e o extrato de jatobá. Sussel (2021) afirma que a redução das propriedades tecnológicas de cozimento de um produto cárneo ocorre devido a perda de água e lipídios durante o processo de cozimento que é determinado pelas baixas concentrações de ingredientes que promovem a retenção da água.

Os resultados deste estudo demonstram que as formulações que continham adição do extrato de jatobá adsorvido em amido apresentou desempenho semelhante com eritorbato de sódio, preservando as propriedades de cozimento dos hambúrgueres de atum, onde ambos exibem os maiores valores quando comparados às outras formulações, com exceção de F03. No estudo de Duman (2022), o autor

desenvolveu hambúrgueres de *Luciobarbus esocinus* com diferentes concentrações de farinha de linhaça, também obtendo resultados de rendimento de cozimento similares aos observados neste estudo, porém quanto a retenção de umidade os resultados encontrados neste trabalho apresentam-se maiores que os encontrados por Duman (2022), de acordo com o mesmo autor, um alto rendimento nas propriedades de cozimento em produtos cárneos está associado à menores perdas de água e lipídios durante o processo de cocção. Khallaf et al. (2021) e Ghoneim et al. (2022), observaram resultados próximos em shawarma fabricados a partir do bonito (*Euthynnus alletteratus*) e em hambúrguer de atum, quanto ao rendimento de cozimento.

A análise das propriedades de cozimento em produtos cárneos é um fator importante que pode indicar o sucesso de um produto no mercado, pois o consumidor deseja adquirir um alimento onde não haja redução de seu volume após a cocção (SUSSEL, 2021). Segundo Pinto et al. (2017), os valores obtidos por estas análises podem refletir as falhas referentes ao processamento do produto.

Tabela 5: Valores (%) de rendimento de cozimento e de retenção de umidade das formulações de hambúrguer F01, F02, F03, F04 e F05.

Tratamento	Rendimento de cozimento	Retenção de umidade
F01	79,68 ±2,81c	65,84 ±8,16
F02	88,41 ±1,57a	76,88 ±6,03
F03	84,11 ±0,44b	75,08 ±3,62
F04	85,67 ±2,05ab	74,49 ±5,42
F05	87,43 ±1,48ab	83,82 ±5,49

Resultados são médias ± desvio padrão. Letras diferentes na mesma c diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. F01 (controle), F02 (0,05% de eritorbato de sódio), F03 (0,2% de extrato de jatobá), F04 (0,64% de extrato de jatobá) e F05 (1,2% de extrato de jatobá).

5.3. pH

A Tabela 6 apresenta os valores de pH, cor (L, a e b) e atividade de água (A_w) dos hambúrgueres de atum obtidos ao longo de 16 dias refrigerados. Diferenças significativas foram observadas apenas na análise de cor, no amarelo e vermelho (a^* e b^*). No estudo, é observado que os resultados de pH nos hambúrgueres de atum iniciaram entre 5,83 a 6,14 no primeiro dia de refrigeração, aumentando seus valores

no dia 6, sendo monitorado tal comportamento em todas as formulações. A partir de 11 dias os valores seguiram diminuído e após 16 dias eles encontravam-se na faixa de 5,20 a 5,62. O pescado apresenta um pH neutro, porém, devido à degradação do glicogênio pelo metabolismo anaeróbico, ocorre uma diminuição nos valores de pH e à síntese de ácido láctico. Em peixe migratórios, esta queda pode ser preocupante para a qualidade de sua carne, devido à alta concentração de glicogênio, o que acelera a desnaturação de proteínas, redução do rendimento e textura, e alteração da cor (DUNAJSKI, 1980). De acordo com a FAO (1995), o atum, apresenta um comportamento atípico quanto ao pH final da carne, sendo menor do que outras espécies de pescado, alcançando valores muito baixos (5,4-5,6) após o *rigor mortis*. A importância do pH nos produtos pesqueiros reside na sua relação com o frescor do produto, sendo fundamental que se mantenha dentro da faixa neutra.

Apesar de não haver diferenças significativas nos valores de pH entre as diferentes formulações, é possível observar que a presença do eritorbato de sódio pode ter influenciado indiretamente no pH do hambúrguer de atum. Desde o primeiro dia de medição, o hambúrguer F02, que continha 0,05% de eritorbato de sódio, apresentou o maior valor de pH entre as formulações. Essa diferença se manteve até a última medição realizada no dia 16. Valor semelhante foi obtido no estudo de Cassol et al. (2019) onde avaliando o potencial antioxidante da farinha de jatobá e comparando sua performance com um antioxidante sintético, o BHT, em costela de pacu (*Piaractus mesopotamicus*) defumado, observou-se o pH de 6,15 nas amostras com BHT.

Os valores encontrados nos hambúrgueres de atum, desenvolvidos no estudo, apresentaram comportamento semelhante ao observado por Albertos et al. (2019) para hambúrguer de truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*) armazenados com filme comestível formulado com algas marinhas durante sete dias; e no estudo de Danza et al. (2018) em hambúrgueres de atum acompanhados por 12 dias de armazenamento embalados em sacolas de polietileno sem utilizar o vácuo. Panza et al. (2022) afirma que a adição direta de compostos que tenham taninos e ácidos fenólicos na formulação de alimentos contribui para uma redução do pH. Comportamento diferente foi observado nos estudos de Marques et al. (2020) e de Shaviklo et al. (2019) onde os valores de pH obtidos no estudo aumentaram ao longo do tempo de prateleira. Shaviklo et al. (2022) encontrou valores menores de pH no seu estudo com almondegas de atum, onde ele observou valores de 5,45 e 5,49 no produto fresco

A portaria SDA Nº 724, DE 23 DE DEZEMBRO DE 2022 que regulamenta a identidade e qualidade de hambúrguer não cita padrões de pH, entretanto existe no RIISPOA (2020) e na IN Nº 21, DE 31 DE MAIO DE 2017, os valores máximos aceitáveis de pH em pescado de 7,0, para pescado fresco e congelado, respectivamente. Dessa forma, constata-se que os valores de pH obtidos nos hambúrgueres deste estudo encontram-se em acordo com a legislação vigente para os padrões de pescado. Entretanto, o pH não deve ser tratado como um único parâmetro para julgar a qualidade do pescado, já que ele somente indica que houve alguma alteração microbiológica ou bioquímica na carne (TAVARES; GONÇALVES, 2011). O pH é um importante indicador de qualidade do pescado, já que sua variação pode afetar a textura, cor e sabor de um produto. Durante o armazenamento, o pH pode mudar devido a processos bioquímicos que ocorrem mesmo quando armazenados a temperaturas próximas do ponto de fusão da água.

5.4. Atividade de água (Aw)

De acordo com os dados apresentados na Tabela 6, não foi observado diferença significativa ao longo de 16 dias de armazenamento refrigerado. Entretanto, é possível observar um declínio sutil nos valores ao longo do tempo estudado por todas as formulações do tempo 1 (Aw 0,98) ao tempo 6 (Aw 0,97) mantendo-se a partir deste ponto os seus valores constantes até o dia 16 (Aw 0,97), com exceção da formulação F05 (com 1,2% de extrato de jatobá), onde manteve-se seu valor em 0,98 Aw até o tempo 6 analisado. A atividade de água é um indicador de estabilidade de alimento e em pescado junto a outros parâmetros podem ser usados para sinalizar a deterioração, atividades enzimáticas e não enzimáticas e crescimento microbiano. Os resultados encontrados neste estudo para o tempo 1 de armazenamento refrigerado corroboram com IACUMIN et al. (2022), onde os autores encontraram o valor de 0,98 Aw no tempo 0 para hambúrguer de robalo (*Dicentrarchus labrax*) e dourada (*Sparus aurata*). Jonušaitė et al. (2021) encontraram valores dissemelhantes para hambúrguer de salmão adicionados de óleos essenciais de cravo (CLEO) e orégano (OEO), S. nigra extrato de flor (SNE) após 14 dias de refrigeração, sendo observados valores de 0,948 a 0,951, inferiores aos encontrados neste estudo durante os 16 dias de armazenamento refrigerado. A atividade da água (Aw) é um indicador da água presente nos alimentos que não está ligada às moléculas constituintes do produto,

mas que está disponível para reações físicas, químicas e biológicas que são responsáveis pela deterioração dos alimentos (WELTI & VERGARA, 1997).

5.5. Cor

Na análise de cor para o parâmetro L^* , a concentração do extrato de jatobá não influenciou os hambúrgueres ao longo do tempo. A formulação controle (F01) expressou valores entre 52,01 a 60,54 nos 16 dias analisados (Tabela 6), indicando uma maior luminosidade entre as formulações do hambúrguer. No estudo de Acosta-Pérez et al. (2019), valores similares foram observados em hambúrgueres de salmão adicionados com amidos nativo e modificado, ao qual um aumento na luminosidade ocorreu ao longo de 21 dias de armazenamento sob refrigeração. Nas formulações F02, F03, F04 e F05 comportamento diferente foi registrado. Em F05, a luminosidade instrumental medida nos hambúrgueres apresentavam valores para uma coloração mais escuras das demais, apesar de não ser observado diferença estatística, essa coloração escura pode estar associada a presença de maior nível de extrato de jatobá. A luminosidade é um parâmetro que varia de 0 a 100, onde 0 representa o preto absoluto e o 100 o branco absoluto.

Os resultados obtidos neste estudo demonstram que para a^* , os hambúrgueres não expressaram valores tão altos que demonstrassem a coloração vermelho brilhante. Isto pode ser justificado devido à adição de outros ingredientes à formulação do hambúrguer que podem alterar minimamente a coloração e pela carne recebida para o processamento dos hambúrgueres ter sido congelada antes de passar pelo processamento. Por se tratar de uma espécie migratória pelágica, o músculo do atum possui duas colorações, o escuro (responsável pela sustentação da natação lenta) e o músculo branco (encarregado pela resposta rápida e movimentos bruscos) (Moradi et al., 2011). De maneira geral, a carne de atum possui a coloração vermelho brilhante, essa cor é expressa pelo parâmetro a^* , valores positivos para este parâmetro revelam coloração próximas ao vermelho. De acordo com Suman & Joseph (2013) o escurecimento da carne do atum está relacionado a oxiomioglobina, principal pigmento responsável pela coloração da carne. Quando sofre oxidação, este pigmento se transforma em metamioglobina, provocando conseqüente escurecimento da carne, levando a coloração acastanhado.

A concentração do extrato de jatobá influenciou significativamente os tratamentos ao longo do tempo de armazenamento para os parâmetros de a^* e b^* , no entanto não houve interação tempo x tratamento. Maiores valores de a^* são demonstrados para F02 e F05, devido a presença de eritorbato de sódio e a maior concentração de extrato de jatobá (1,2%) que possui também coloração avermelhada, para F02 e para F05, respectivamente. Comportamento inverso é observado em F01, onde não há a presença de nenhum agente colorante ou antioxidante que contribua para a conservação da cor. No parâmetro b^* (teor de amarelo), diferenças significativas ($p < 0,05$) foram encontradas apenas nos tempos 11 e 16 de armazenamento, apresentando um acentuado declínio de todas as formulações com exceção de F02, que demonstrou um aumento no último tempo de armazenamento. Maiores índices para b^* estão presentes em F01, formulação controle. Durante o armazenamento, as formulações F02, F03, F04 e F05 apresentaram uma diminuição no sexto dia, seguida de um aumento no décimo primeiro dia, e novamente uma diminuição no último dia de armazenamento. No final do período de armazenamento, os valores de b^* estavam abaixo do valor inicial medido no primeiro dia.

Tabela 6: Valores de pH, Aw e cor (L, a e b) nas cinco formulações de hambúrgueres de atum submetidos a armazenamento refrigerado durante 16 dias.

Variável	Tratamento	Tempo de armazenamento			
		1	6	11	16
pH	F1	5,84 ±0,03	5,95 ±0,06	5,62 ±0,05	5,29 ±0,04
	F2	6,14 ±0,11	6,26 ±0,02	5,91 ±0,07	5,62 ±0,01
	F3	5,83 ±0,07	5,96 ±0,10	5,60 ±0,07	5,30 ±0,08
	F4	5,96 ±0,21	5,97 ±0,07	5,85 ±0,10	5,39 ±0,11
	F5	5,78 ±0,04	5,88 ±0,05	5,63 ±0,06	5,20 ±0,06
aW	F1	0,978	0,974	0,973	0,969
	F2	0,976	0,974	0,971	0,970
	F3	0,976	0,975	0,973	0,967
	F4	0,978	0,974	0,972	0,968
	F5	0,981	0,976	0,971	0,969
L*	F1	53,24 ±1,64	52,01 ±3,20	57,86 ±1,62	60,54 ±2,18
	F2	49,55 ±3,11	47,06 ±1,17	53,27 ±1,06	55,55 ±0,76
	F3	52,41 ±1,43	49,97 ±0,24	55,05 ±1,28	56,59 ±0,92
	F4	47,33 ±2,55	44,91 ±1,95	47,85 ±2,02	51,99 ±2,46
	F5	44,81 ±1,58	42,79 ±0,73	45,09 ±2,07	49,25 ±1,67
a*	F1	1,50 ±0,74c	1,43 ±0,25b	5,48 ±0,62b	3,96 ±1,43b
	F2	4,39 ±0,52ab	4,32 ±0,35a	9,64 ±1,15a	7,51 ±0,65a
	F3	2,32 ±0,39c	2,17 ±1,14b	6,00 ±1,65b	3,41 ±0,65b
	F4	2,83 ±0,88bc	3,26 ±1,16ab	8,50 ±1,18a	3,69 ±0,39b
	F5	5,87 ±0,39a	4,61 ±0,32a	8,51 ±1,10a	4,62 ±0,26b
b*	F1	15,97 ±1,44	13,75 ±1,78	18,51 ±0,95a	15,63 ±1,47ab
	F2	13,50 ±1,23	10,82 ±0,71	17,38 ±0,38ab	17,45 ±1,66a
	F3	15,88 ±1,34	12,91 ±0,70	16,47 ±0,54ab	12,66 ±0,13c
	F4	14,13 ±1,34	12,19 ±1,38	16,97 ±1,48ab	13,13 ±1,65bc
	F5	14,13 ±1,52	11,93 ±0,61	14,65 ±1,42b	10,99 ±0,36c

Resultados são médias ± desvio padrão. Letras diferentes na mesma coluna diferem entre si no mesmo parâmetro pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. F01 (controle), F02 (0,05% de eritorbato de sódio), F03 (0,2% de extrato de jatobá), F04 (0,64% de extrato de jatobá) e F05 (1,2% de extrato de jatobá).

5.6. Textura instrumental

Quanto aos parâmetros de textura instrumental, os dados analisados são apresentados na Tabela 7, onde apenas a adesividade apresentou diferença significativa ($p < 0,05$) entre as amostras nos tempos 6 e 11. A adição dos antioxidantes (eritorbato de sódio e extrato de jatobá) não afetaram os demais parâmetros de textura ao longo do tempo.

Para adesividade, a formulação F04 (0,64% de extrato de jatobá) influenciou o hambúrgueres ao longo do tempo de armazenamento, obtendo o comportamento semelhante da formulação F02 (contendo 0,05% eritorbato de sódio). Desta maneira, é possível afirmar que para adesividade, a formulação F04 apresentou um bom desempenho na conservação deste parâmetro. Observa-se também que não houve diferença significativa para todos os tempos estudados, apenas os tempos 6 e 11 expressaram este comportamento. No tempo 6 destaca-se a formulação F05 (com 1,2% de extrato de jatobá) das demais formulações de hambúrguer de atum, apresentando um valor de adesividade mais elevado. No tempo 11, a formulação F01 apresentou adesividade maior que as demais formulações, onde F03 e F05 (com 0,2% e 1,2% de extrato de jatobá respectivamente) apresentaram afinidade com a F01 (tratamento controle). No entanto, não há uma tendência clara que justifique uma possível causa para esse comportamento observado. No estudo de Acosta-Pérez et al. (2019), avaliou os efeitos de amidos nativos e modificados nas propriedades físico-químicas e texturais de hambúrgueres de truta arco-íris (*Oncorhynchus mykiss*), foram encontrados resultados semelhantes para adesividade.

Os resultados obtidos para dureza diferem de outros autores, onde são apresentados valores menores que o do presente estudo (DE-CARVALHO et al., 2020; PACHEKREPAPOL et al., 2022; SAAVEDRA et al., 2022; PRESENZA^a et al., 2022). Comparando os resultados com trabalhos que avaliam a textura de hambúrgueres bovinos, os valores de dureza também se encontram acima (DE-ALENCAR et al., 2022; DE-SOUZA et al., 2022).

Quanto aos tratamentos, é observado diferença significativa entre as formulações para todos os parâmetros com exceção da adesividade, conforme é apresentado na Tabela 8. A adição do extrato de jatobá e do eritorbato de sódio no hambúrguer de atum, demonstrou alteração na textura, com visível redução na dureza e aumento na elasticidade, sendo possível analisar estes parâmetros em conjunto com as propriedades de cozimento, onde foi observado correlação das propriedades

de cozimento das formulações F04 e F05 com a formulação F02 e aumento nos valores dos parâmetros à medida que adicionava maiores concentrações do extrato (Tabela 5).

Tabela 7: Análise do perfil de textura dos hambúrgueres de atum ao longo de 16 dias sob armazenamento refrigerado.

Parâmetros	Tratamento	Vida útil			
		1	6	11	16
Dureza (N)	F01	71,11 ±5,1	83,42 ±4,74	63,84 ±7,64	69,41 ±4,12
	F02	61,54 ±3,16	75,73 ±2,32	52,19 ±8,41	61,77 ±8,70
	F03	67,67 ±2,72	74,28 ±3,87	57,74 ±0,99	67,52 ±6,15
	F04	58,51 ±2,13	72,17 ±8,28	61,91 ±4,47	52,30 ±1,11
	F05	61,80 ±5,75	74,68 ±5,22	59,44 ±4,90	72,58 ±4,03
Adesividade (N)	F01	-0,11 ±0,04	-0,02 ±0,01a	-0,43 ±0,60b	-0,32 ±0,05
	F02	-0,04 ±0,04	-0,04 ±0,04a	-0,03 ±0,01a	-0,06 ±0,01
	F03	-0,10 ±0,02	-0,05 ±0,03a	-0,11 ±0,03ab	-0,22 ±0,01
	F04	-0,04 ±0,01	-0,03 ±0,02a	-0,03 ±0,01a	-0,18 ±0,07
	F05	-0,06 ±0,02	-0,48 ±0,19b	-0,11 ±0,02ab	-0,23 ±0,09
Elasticidade (mm)	F01	0,754 ±0,01	0,837 ±0,02	0,768 ±0,02	0,767 ±0,01
	F02	0,813 ±0,02	1,022 ±0,08	0,844 ±0,02	0,833 ±0,02
	F03	0,738 ±0,04	0,896 ±0,01	0,764 ±0,00	0,777 ±0,00
	F04	0,764 ±0,01	0,914 ±0,04	0,803 ±0,02	0,772 ±0,03
	F05	0,756 ±0,02	0,907 ±0,01	0,787 ±0,02	0,773 ±0,02
Coesividade (N/mm)	F01	0,638 ±0,01	0,693 ±0,02	0,677 ±0,03	0,716 ±0,01
	F02	0,665 ±0,01	0,714 ±0,03	0,714 ±0,03	0,710 ±0,01
	F03	0,611 ±0,01	0,636 ±0,01	0,645 ±0,01	0,702 ±0,01
	F04	0,634 ±0,02	0,637 ±0,00	0,675 ±0,02	0,676 ±0,01
	F05	0,600 ±0,02	0,616 ±0,04	0,631 ±0,02	0,659 ±0,01
Gomosidade (N)	F01	45,13 ±3,6	56,02 ±2,27	42,61 ±4,27	49,23 ±2,41
	F02	40,61 ±1,8	48,58 ±6,97	42,55 ±9,72	43,51 ±5,52
	F03	41,12 ±1,97	46,85 ±2,3	41,48 ±7,42	47,17 ±4,5

	F04	36,46 ±1,23	45,68 ±5,04	36,00 ±7,47	38,94 ±6,48
	F05	36,59 ±2,62	45,31 ±3,98	37,20 ±2,28	47,68 ±1,84
Mastigabilidade	F01	34,02 ±2,87	46,51 ±1,84	32,83 ±4,08	38,03 ±2
	F02	32,99 ±2,06	49,82 ±5,9	36,07 ±9,17	36,30 ±4,83
	F03	30,41 ±1,65	41,82 ±1,72	31,67 ±5,84	36,62 ±3,7
	F04	27,93 ±0,4	42,02 ±6,7	29,02 ±5,54	30,19 ±6,01
	F05	27,73 ±2,24	41,14 ±3,29	29,26 ±1,91	36,90 ±2,07
Resiliência	F01	0,205 ±0,01	0,273 ±0,01	0,240 ±0,02	0,231 ±0,02
	F02	0,274 ±0,01	0,336 ±0,04	0,313 ±0,03	0,291 ±0,02
	F03	0,190 ±0,00	0,232 ±0,02	0,223 ±0,01	0,236 ±0,01
	F04	0,230 ±0,01	0,257 ±0,01	0,277 ±0,02	0,235 ±0,01
	F05	0,210 ±0,01	0,247 ±0,04	0,238 ±0,02	0,227 ±0,01

Resultados são médias ± desvio padrão. Letras diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. F01 (controle), F02 (0,05% de eritorbato de sódio), F03 (0,2% de extrato de jatobá), F04 (0,64% de extrato de jatobá) e F05 (1,2% de extrato de jatobá).

Apesar de não haver diferenças significativas em elasticidade entre os tempos de armazenamento, maiores valores para este parâmetro podem ser observados na formulação F02 (0,05% de eritorbato de sódio), que se destacou das demais formulações que apresentaram valores muito próximos entre si (Tabela 8). As formulações com extrato de jatobá apresentaram similaridade com a formulação controle, demonstrando possuir pouca elasticidade comparada a formulação com eritorbato de sódio, podendo indicar que as formulações com extrato de jatobá demonstraram estar mais quebradiças que a formulação F02. Os resultados obtidos neste estudo não se diferiram de outros estudos que englobam hambúrgueres de pescado (AAMER & EMARA, 2016; DE-CARVALHO et al., 2020; SAAVEDRA et al., 2022,). Neste estudo observa-se que o eritorbato de sódio pode ter agido como um agente ligante contribuindo para os valores obtidos em elasticidade. A elasticidade é a velocidade de recuperação de um produto quando submetido a força mecânica, onde avalia o grau de restauração do material deformado (ISO 5492:2017).

Durante os 16 dias sob refrigeração, foi constatado um aumento consecutivo na coesividade dos hambúrgueres de atum (Tabela 7). Porém diferenças significativas foram observadas apenas entre os tratamentos (Tabela 8). A coesividade apresenta ser um parâmetro que foi influenciada pela adição do extrato de jatobá, sendo possível observar mudanças entre as concentrações, onde a maior concentração do extrato proporcionou uma menor coesividade, porém o menor valor para esse parâmetro está associado a formulação F04 (0,64% de extrato de jatobá). A coesividade é definida pela ISO 5492 (2017) como atributo mecânico de textura relativo à extensão em que um material pode ser deformado antes da ruptura. Assim, pode-se compreender que durante o período de armazenamento em refrigeração, os hambúrgueres não tiveram alterações na sua coesividade. Saavedra et al. (2022) encontraram valores próximos ao do presente estudo em hambúrguer desenvolvido com pacu (*Piaractus brachypomus*) e redução de sal, entretanto, os autores não identificaram diferenças significativas entre as formulações desenvolvidas.

Os resultados obtidos para mastigabilidade neste estudo apresentam valores acima dos descritos por outros autores para hambúrguer de pescado (SAAVEDRA et al., 2022) e linguiça de cordeiro (DE-CARVALHO et al. 2020), entretanto os valores corroboram quando comparados com hambúrgueres bovinos (DE-ALENCAR et al., 2022; PATINHO et al., 2019). Diferenças significativas foram percebidas entre F01 e F04, entretanto não é possível definir com clareza essa interação já que a formulação

com maior concentração do extrato e a formulação com eritorbato de sódio apresentaram similaridade com F01 e F04. A mastigabilidade é o produto da dureza pela elasticidade e coesividade, desta forma, pode-se compreender que quanto maior a dureza maior também serão os valores de mastigabilidade de um produto. Valores muito altos para mastigabilidade indicam maior trabalho mecânico para mastigar uma amostra.

Gomosidade e resiliência estão abaixo dos valores encontrados na literatura, não havendo interação significativa entre o tempo de armazenamento com os valores obtidos. Entretanto, quando comparando estes parâmetros entre os tratamentos, é observado que F04 difere significativamente de F01 para gomosidade e de F02 e F03 para resiliência. Aamer & Emara (2016), estudando efeito do uso de couve-flor (*Brassica oleracea*) na melhoria das características de qualidade do hambúrguer de atum, observou valores de gomosidade abaixo do obtido por este estudo. Elkhamisy et al. (2021) estudaram o comportamento do hambúrguer de atum submetido a congelamento, e mesmo comparando seus resultados do tempo zero, a resiliência observada pelos autores foi superior a observada no presente estudo. A resiliência pode ser compreendida como a habilidade de um objeto voltar ao seu estado original (ou formato) após ter sido submetido à deformação por compressão.

Tabela 8: Análise do perfil de textura dos hambúrgueres de atum.

Parâmetros	Tratamento				
	F01	F02	F03	F04	F05
Dureza (N)	75,62 ±15,33a	63,09 ±3,95b	68,60 ±3,99ab	59,42 ±8,87b	67,13 ±7,61ab
Adesividade (N)	-0,221 ±0,19	-0,044 ±0,01	-0,119 ±0,07	-0,071 ±0,08	-0,218 ±0,19
Elasticidade (mm)	0,781 ±0,04b	0,878 ±0,10a	0,794 ±0,07b	0,813 ±0,07b	0,806 ±0,07b
Coesividade (N/mm)	0,681 ±0,03a	0,701 ±0,02a	0,649 ±0,04bc	0,655 ±0,02b	0,626 ±0,03c
Gomosidade (N)	52,63 ±14,20a	43,81 ±3,40ab	44,15 ±3,30ab	39,27 ±4,47b	41,69 ±5,63b
Mastigabilidade	42,49 ±15,22a	38,79 ±7,50ab	35,13 ±5,20ab	32,29 ±6,55b	33,76 ±6,35ab
Resiliência	0,237 ±0,03bc	0,303 ±0,03a	0,220 ±0,02c	0,250 ±0,02b	0,230 ±0,02bc

Resultados são médias ± desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. F01 (controle), F02 (0,05% de eritorbato de sódio), F03 (0,2% de extrato de jatobá), F04 (0,64% de extrato de jatobá) e F05 (1,2% de extrato de jatobá).

5.7. Oxidação lipídica

Ao longo do tempo estudado não foram encontradas diferenças estatísticas significativas para o TBARS. Na formulação F01 foi observado um nível de $0,9\pm 0,1$ mg MDA/Kg na oxidação lipídica no primeiro dia sob armazenamento refrigerado (Figura 8) e finalizando em $1,15\pm 0,11$ mg MDA/Kg no décimo sexto dia de armazenamento. A formulação controle (F01) aos 6 dias de refrigeração já apresentava valores altos ($0,97\pm 0,08$ mg MDA/Kg), que foram observados pelas demais formulações só a partir do dia 11 de armazenamento F02, F03, F04 e F05 ($0,43\pm 0,02$; $0,99\pm 0,21$; $0,76\pm 0,28$; $0,75\pm 0,12$ mg MDA/Kg respectivamente). A formulação F02, demonstrou maior eficiência em impedir o aumento nos valores de TBARS, desde o primeiro ($0,35\pm 0,05$ mg MDA/Kg) até o décimo sexto dia de armazenamento ($0,54\pm 0,02$ mg MDA/Kg). Os valores deste estudo apresentam-se menores do que os relatados por Jonušaitė et al. (2021), no qual os autores avaliaram a combinação de diferentes de óleos essenciais em hambúrgueres de salmão mantidos sob refrigeração, onde suas amostras controle positiva (com a mistura antioxidante) e negativa (com o antioxidante sintético BHT) apresentaram valores de 1,19 e 1,72 MDA/Kg respectivamente após os 14 dias de armazenamento. No estudo de Ucak & Fadiloğlu (2020), também é possível observar valor superior de TBA em hambúrgueres de anchova adicionados de extrato de casca de alho mantidos sob refrigeração por 18 dias.

Dentre as formulações que continham o extrato de jatobá, a F05 (1,2% de extrato de jatobá), apresentou melhor desempenho, chegando no décimo sexto dia de armazenamento com $0,93\pm 0,05$ mg MDA/Kg de amostra. Inversamente, a formulação F03 (0,2% de extrato de jatobá) apresentou pouca eficiência como agente antioxidante, sendo observado que no dia 16 seu valor para oxidação lipídica foi superior até mesmo do que obtido pela formulação controle ($1,21\pm 0,22$ mg MDA/Kg).

De maneira geral, apenas as formulações F01, a partir do tempo 11 ($1,00\pm 0,12$ mg MDA/Kg), e a formulação F03, no tempo 16, apresentam valores acima de 1 mg MDA/Kg de amostra. Cassol et al. (2019), em seu estudo, desenvolveu uma farinha obtida do jatobá e testou seu potencial antioxidante em costela de pacu defumada comparando sua eficiência com um antioxidante sintético BHT (hidroxitolueno butilado), sendo demonstrado atividade antioxidante e efeito positivo na vida útil na concentração de 4,5%, entretanto tais efeitos não foram superiores ao obtido pelo

BHT. No Brasil, não existe legislação que estabeleça limite de TBARs para produtos de pescado, entretanto estudos afirmam que valores muito altos comprometem a qualidade sensorial e a aceitação do produto. Connell (1990) relata que valores de TBA de 1-2 mg de MDA/kg de carne de peixe são considerados como ponto crítico para qualidade sensorial, pois normalmente a partir destes índices a carne desenvolve odores indesejáveis. Schormüller (1968) considera 8 mg MDA/kg como o limite de aceitabilidade para a maioria das espécies de pescado, entretanto em outro estudo, Ke et al. (1984) ele indica que níveis de TBARS inferiores a 0,58 mg/kg em produtos de peixe são podem ser classificados como não rançosos; valores entre 0,58-1,51 mg/kg são considerados levemente rançosos, porém aceitáveis; e valores acima de 1,51 mg/kg são percebidos como rançosos.

A oxidação lipídica é um processo de grande impacto que afeta a qualidade dos alimentos, especialmente aqueles com alto teor de gorduras insaturadas. Entre as amplas consequências da oxidação lipídica nos alimentos estão: perda de qualidade, geração de sabor e odor indesejáveis, redução do prazo de validade, perda de valor nutricional (como a degradação de ácidos graxos poli-insaturados, PUFA) e possível formação de compostos não saudáveis (SECCI & PARISI, 2016). Em pescado este tipo de ação é ainda mais perigoso, uma vez que a alta suscetibilidade dos seus ácidos graxos de cadeia longa, especialmente dos PUFA, está ligada à formação de componentes de sabor desagradável, perda de valor nutricional e até mesmo à formação de moléculas antinutricionais (MAQSOOD et al., 2012).

A oxidação lipídica é uma das principais reações químicas que afetam a vida útil do pescado que têm em sua composição altos níveis de ácidos graxos poli-insaturados. Os peróxidos, formados como produtos iniciais da oxidação lipídica, são instáveis e se decompõem em produtos secundários. Por isso, a determinação do valor de TBA é amplamente utilizada para avaliar o grau de oxidação lipídica (HASHEMI et al., 2022). Aubourg (1999) afirma que as substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS) (aldeídos, trienos e carbonilas) são amplamente empregadas como indicadores do nível de oxidação lipídica e representam o segundo produto resultante da degradação oxidativa dos lipídios, os primeiros são ácidos graxos livres (AGL), dienos e peróxidos.

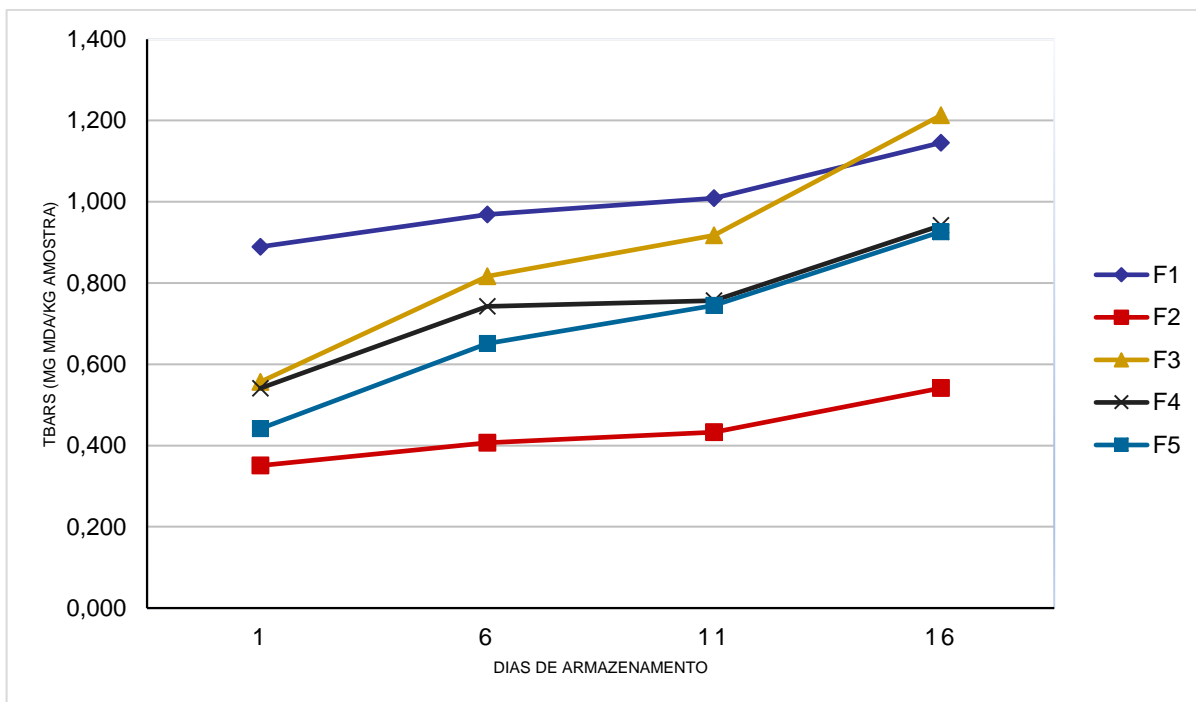


Figura 8: Resultado de TBARS para as formulações de hambúrguer de atum. F01 (controle), F02 (0,05% de eritorbato de sódio), F03 (0,2% de extrato de jatobá), F04 (0,64% de extrato de jatobá) e F05 (1,2% de extrato de jatobá), ao longo de 16 dias a de armazenamento refrigerado.

5.8. Microbiologia

Com o objetivo de garantir a segurança e qualidade do alimento que seria oferecido aos provadores, os hambúrgueres de atum foram submetidos as análises microbiológicas conforme é estabelecido pela Instrução Normativa IN Nº 161 de 1º de julho de 2022, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) no anexo I do item 7 “Pescado” para sub item C “Produtos à base de carne moída ou picada de pescados, temperados ou não, refrigerados ou congelados (hambúrgueres, almôndegas, empanados crus, linguças cruas)” (BRASIL, 2022). Os resultados quanto a enumeração de bactérias mesófilas e psicrótróficas, coliformes totais/*Escherichia coli* e *Salmonella spp* são apresentados nas Tabelas 9, 10, 11. As amostras revelaram-se negativas para a presença de *Salmonella spp* (Tabela 11). A contagem estimada de coliformes termotolerantes a 45°C também apresentou valores abaixo do limite aceitável, de 10^3 NMP/100 mL (BRASIL, 2022) (Tabela 11). Os resultados encontrados estão dentro dos padrões microbiológicos preconizados pela legislação, confirmando que os processamentos dos hambúrgueres ocorreram em boas condições higiênico-sanitárias.

Tabela 9: Enumeração de bactérias mesófilas (UFC/g) em hambúrguer de atum ao longo de 16 dias sob armazenamento refrigerado.

Tratamento	Tempo de Armazenamento			
	1	6	11	16
F01	4×10^3	<10	$3,2 \times 10^7$	$1,8 \times 10^7$
F02	2×10^3	1×10^6	$2,1 \times 10^7$	$4,8 \times 10^6$
F03	$1,2 \times 10^4$	$1,6 \times 10^7$	$4,5 \times 10^7$	$6,6 \times 10^6$
F04	$1,7 \times 10^4$	$3,5 \times 10^6$	$3,6 \times 10^7$	$2,0 \times 10^7$
F05	$7,9 \times 10^4$	$6,9 \times 10^6$	$5,2 \times 10^7$	$7,4 \times 10^6$

UFC/g = Unidade Formadora de Colônia por grama. F01 (controle), F02 (0,05% de eritorbato de sódio), F03 (0,2% de extrato de jatobá), F04 (0,64% de extrato de jatobá) e F05 (1,2% de extrato de jatobá).

Tabela 10: Enumeração de bactérias psicotróficas (UFC/g) em hambúrguer de atum ao longo de 16 dias sob armazenamento refrigerado.

Tratamento	Tempo de Armazenamento			
	1	6	11	16
F01	$3,6 \times 10^4$	$9,6 \times 10^6$	$4,6 \times 10^7$	$2,4 \times 10^8$
F02	$1,7 \times 10^4$	$2,5 \times 10^7$	$4,9 \times 10^7$	2×10^8
F03	$3,4 \times 10^4$	$2,1 \times 10^7$	$2,2 \times 10^8$	$1,1 \times 10^8$
F04	$2,6 \times 10^4$	$6,4 \times 10^6$	$9,9 \times 10^7$	$1,2 \times 10^8$
F05	$4,9 \times 10^4$	$1,9 \times 10^7$	$7,6 \times 10^7$	$1,5 \times 10^8$

UFC/g = Unidade Formadora de Colônia por grama. F01 (controle), F02 (0,05% de eritorbato de sódio), F03 (0,2% de extrato de jatobá), F04 (0,64% de extrato de jatobá) e F05 (1,2% de extrato de jatobá).

Tabela 11: Enumeração de coliformes totais/*Escherichia coli* e pesquisa de *Salmonella spp.* em hambúrguer de atum ao longo de 16 dias sob armazenamento refrigerado.

	Tratamento				
	F01	F02	F03	F04	F05
Coliformes totais	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
<i>Escherichia coli</i>	< 3	< 3	< 3	< 3	< 3
<i>Salmonella spp.</i>	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente	Ausente

NMP/g = Número Mais Provável por grama. *Salmonella spp.* = presença/ausência em 25 g. F01 (controle), F02 (0,05% de eritorbato de sódio), F03 (0,2% de extrato de jatobá), F04 (0,64% de extrato de jatobá) e F05 (1,2% de extrato de jatobá).

5.9. Análise sensorial

Os resultados da avaliação sensorial dos provadores são exibidos na Tabela 10, dos dezessete atributos avaliados na análise sensorial, oito apresentaram diferenças significativas entre as amostras ($p < 0,05$), mas apenas o parâmetro dureza apresentou similaridade entre as cinco formulações.

Em F05 (1,2% de extrato de jatobá), os parâmetros aparência da crosta e cor interna do hambúrguer não demonstraram semelhança entre as demais formulações, estes resultados corroboram com os dados de cor instrumental exibidos na Tabela 6, onde a maior concentração de extrato de jatobá afetou a coloração dos hambúrgueres, deixando-os mais escuros. Em aroma de defumado, aroma de ervas finas e dureza a formulação F05 apresentou os maiores valores, já para aroma de pescado, maciez, suculência, sabor de pescado e sabor residual de hambúrguer de atum a mesma formulação apresentou os menores valores. Estas alterações podem estar associadas à presença da maior concentração do extrato de jatobá.

Tabela 10: Intensidade dos atributos sensoriais que caracterizam os hambúrgueres de atum.

Atributo	Tratamento				
	F01	F02	F03	F04	F05
Aparência da crosta	4,05 ±2,24c	4,24 ±2,4c	5,36 ±2,1b	5,51 ±2,08b	6,48 ±2,04a
Espessura	2,68 ±2,1b	4,27 ±2,45a	2,74 ±2b	3,81 ±2,33a	4,19 ±2,37a
Cor interna do hambúrguer	2,17 ±1,93c	2,88 ±2,42bc	3,09 ±2,33bc	3,29 ±2,34b	4,96 ±2,68a
Aroma de defumado	3,24 ±2,58	3,50 ±2,65	3,75 ±2,63	3,93 ±2,73	3,99 ±2,7
Aroma de ervas finas	3,26 ±2,67	2,85 ±2,52	3,52 ±2,7	3,50 ±2,49	3,70 ±2,66
Aroma de pescado	5,71 ±2,25	6,13 ±2,1	6,08 ±2,1	6,00 ±1,99	5,44 ±2,33
Maciez	5,67 ±1,76	5,78 ±2,09	5,39 ±1,97	5,80 ±1,8	4,93 ±2,12
Suculência	5,25 ±2,1a	4,75 ±2,42ab	4,32 ±2,37ab	4,54 ±2,18ab	4,03 ±2,11b
Dureza	2,39 ±1,64	2,39 ±1,57	3,04 ±1,93	2,50 ±1,75	3,18 ±2,13
Mastigabilidade	3,83 ±2,14	4,11 ±2,16	4,47 ±1,96	3,93 ±2,29	4,28 ±2,09
Coesividade	4,18 ±2,24	4,55 ±2,05	4,33 ±2,04	4,30 ±2,07	4,31 ±2,14
Sabor de ervas finas	4,61 ±2,49	4,34 ±2,77	4,22 ±2,7	4,56 ±2,61	4,46 ±2,51
Sabor de pescado	5,40 ±2,4ab	4,60 ±2,3b	5,77 ±2,16a	5,52 ±2,33a	5,31 ±2,32ab
Sabor salgado	5,57 ±2,18a	4,04 ±2,2c	4,92 ±2,32ab	4,78 ±2,4abc	4,43 ±2,38bc

Sabor picante	3,89 ±2,75a	2,28 ±2,06b	2,90 ±2,64ab	3,54 ±2,73a	3,79 ±2,81a
Sabor de atum assado	5,76 ±1,95a	4,76 ±2,53b	6,03 ±1,81a	5,82 ±2,06a	5,66 ±2,07a
Sabor residual de hambúrguer de atum	4,59 ±2,52	3,72 ±2,41	4,16 ±2,67	4,48 ±2,96	4,14 ±2,91

Resultados são médias ± desvio padrão. Letras diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. F01 (controle), F02 (0,05% de eritorbato de sódio), F03 (0,2% de extrato de jatobá), F04 (0,64% de extrato de jatobá) e F05 (1,2% de extrato de jatobá).

Em F01 (controle) os parâmetros sabor picante, sabor salgado, sabor de ervas finas, sabor residual de hambúrguer de atum e Suculência apresentaram os maiores valores. Entretanto, menores valores para aparência da crosta, espessura, cor interna dos hambúrgueres, coesividade, mastigabilidade, aroma de defumado e dureza foram obtidos pela formulação F01. Estes resultados diferem dos observados na formulação F05, demonstrando que a ausência do extrato de jatobá influenciou na percepção dos provadores na intensidade do sabor de atum, na textura (suculência e dureza) do hambúrguer e no aroma. Os resultados obtidos pela formulação F01 indicaram que a ausência tanto do eritorbato de sódio quanto do extrato de jatobá teve um impacto significativo na espessura, coesividade, mastigabilidade e dureza do hambúrguer, resultando em uma redução na percepção das propriedades de textura do produto. Essa redução pode ter sido causada pela incapacidade do hambúrguer em reter água durante a cocção, como indicado pelos resultados apresentados na Tabela 5. Por outro lado, a ausência desses ingredientes levou a uma maior acentuação do sabor picante, salgado, ervas finas e residual do hambúrguer de atum. Da-Silva et al. (2019), observou que a presença de farinha de casca de uva em hambúrguer de salmão mascarou o sabor característico de peixe. Esses resultados sugerem que a adição ou remoção de ingredientes específicos pode ter um impacto significativo nas características sensoriais do hambúrguer de atum, incluindo sua intensidade, textura e sabor.

A presença do extrato de jatobá afetou os parâmetros de aparência (aparência da crosta e cor interna dos hambúrgueres). As formulações F03, F04 e F05 apresentaram os maiores percentuais nesses parâmetros, o que se explica pelo fato de o extrato de jatobá possuir uma coloração avermelhada que foi transmitida aos hambúrgueres, além da sua presença em conjunto com o amido de mandioca ter afetado as propriedades de retenção de água, contribuindo assim para o atributo espessura. Quanto aos parâmetros de textura, com exceção de suculência, não foram observadas diferenças significativas entre as formulações. Comparando estes dados com os de textura instrumental, pode-se afirmar que a concentração estudada em F05 não influenciou significativamente na percepção de textura dos provadores.

F05 apresentou resultados interessantes na avaliação sensorial, uma vez que não foram identificadas variações discrepantes de sabor e aroma dos resultados de outras formulações (tabela 10), além de não apresentar diferenças significativas quanto aos parâmetros de textura em: maciez, dureza, mastigabilidade e coesividade.

O que pode ser interpretado como ponto positivo pois mesmo utilizando a concentração de 1,2% de extrato de jatobá, não foi percebido diferenças significativas pelos provadores.

Nas figuras 09 A e B são apresentados os dados de análise de componentes principais dos atributos sensoriais das cinco formulações de hambúrguer de atum, no qual as duas dimensões mantêm 82,5% de informação original. A disposição das amostras no mapa sensorial indica que somente as formulações F01, F02 e F05 exibiram diferenças opostas na intensidade dos atributos. Similaridades multivariadas foram encontradas entre os tratamentos F01, F03 e F04. A Figura 9 mostra que para as formulações F03 e F04 não houve diferença nos atributos sensoriais analisados, indicando que as concentrações de 0,2% e 0,64% de extrato de jatobá não diferiram sensorialmente pelos provadores, estando posicionados no meio do mapa sensorial ao longo da primeira dimensão.

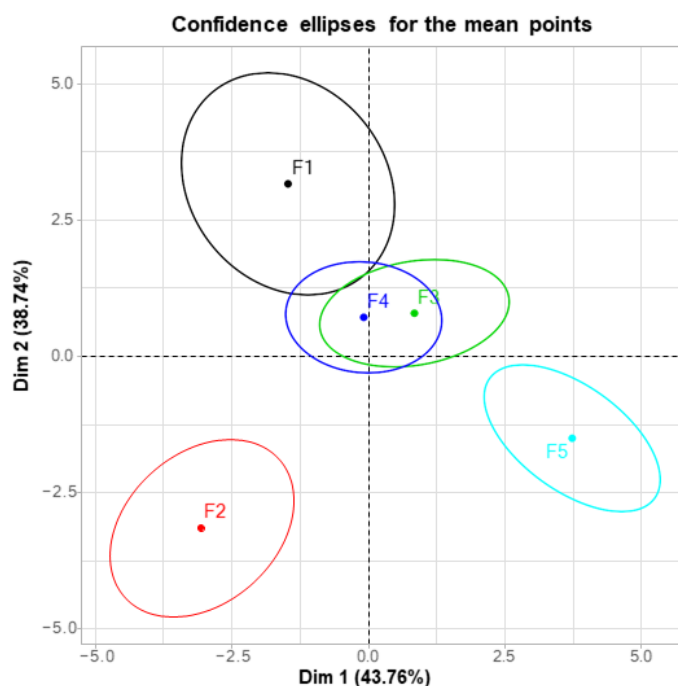


Figura 9: A) Análise de Componentes Principais das formulações de hambúrguer de atum quanto aos atributos sensoriais. F01 (controle), F02 (0,05% de eritorbato de sódio), F03 (0,2% de extrato de jatobá), F04 (0,64% de extrato de jatobá) e F05 (1,2% de extrato de jatobá).

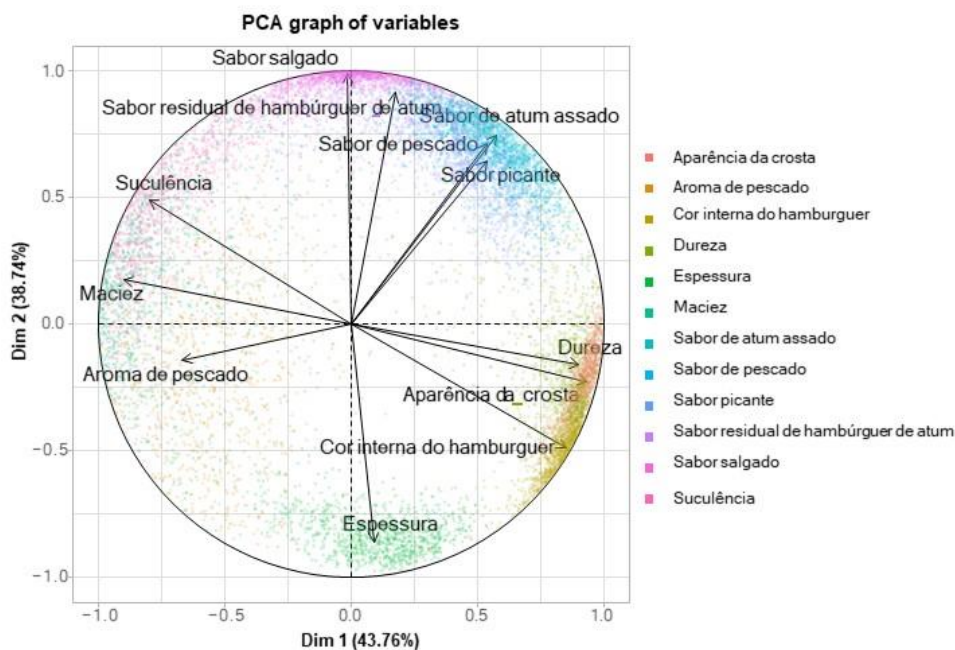


Figura 9:B) Análise de Componentes Principais dos atributos sensoriais que caracterizam as cinco formulações de hambúrguer de atum. F01 (controle), F02 (0,05% de eritorbato de sódio), F03 (0,2% de extrato de jatobá), F04 (0,64% de extrato de jatobá) e F05 (1,2% de extrato de jatobá).

Em F01, mesmo possuindo similaridade com as formulações F03 e F04, a formulação controle apresentou elevada pontuação em suculência e sabor residual do pescado, diferindo da formulação F02 (eritorbato de sódio) e F05 (1,2% de extrato de jatobá). No estudo de Cilli et al. (2019), foi observado que a adição de farinha de bagaço de uva afetou em hambúrguer de salmão provocou alteração na avaliação da cor, sabor e textura.

A formulação com eritorbato de sódio (F02) conseguiu preservar o aroma característico do hambúrguer de atum, bem como a formulação controle, que não continha nenhum ingrediente que pudesse alterar as características sensoriais do produto. A presença do extrato de jatobá nos hambúrgueres de atum em diferentes concentrações modificou a percepção da intensidade do atributo aroma de pescado pelos provadores, especialmente a formulação F05. Delfino et al. (2021) avaliando o potencial antioxidante dos extratos de folha de Moringa e Lavandula em hambúrguer de tilápia refrigerado, observou que a presença dos extratos causou uma diminuição na percepção geral dos hambúrgueres de peixe. Entretanto, o mesmo autor relata que a adição de extratos naturais em produtos de pescado apresenta um desafio. O estudo

de Silva et al. (2001) demonstrou que a adição de 10% de farinha de jatobá foram as mais aceitas em termos de características de degustação e aparência do que maiores concentrações (15%, 20% e 25%) em biscoitos. Isso sugere que a adição de extrato de jatobá em concentrações adequadas pode melhorar a aceitação sensorial de produtos alimentícios, como o hambúrguer de atum em questão. Porém, é importante destacar que em concentrações mais elevadas, o extrato de jatobá pode influenciar negativamente as características sensoriais do produto, comprometendo a aceitação pelo consumidor. Portanto, é necessário avaliar cuidadosamente as concentrações adequadas de extrato de jatobá para cada tipo de produto alimentício, a fim de obter os melhores resultados em termos de aceitação sensorial. Cassol et al. (2019), obteve excelentes respostas quanto a análise sensorial de costela de pacu defumada adicionada de farinha de jatobá comparando esta amostra com uma adicionada de um antioxidante sintético BHT (hidroxitolueno butilado), ao qual os provadores não distinguiram as amostras com diferentes antioxidantes, esta resposta pode estar associada a forma de tratamento deste pescado, que passou pelo processo de defumação ao qual mascarou sensorialmente a presença da farinha de jatobá. É possível notar que a aceitação geral do produto pode ser influenciada não apenas pela concentração adicionada, mas também pelo processamento que ele recebe em conjunto com o antioxidante natural.

6. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos nas análises de hambúrguer de atum confirmaram que o uso do extrato de jatobá contribuiu para reduzir a oxidação lipídica durante 16 dias de armazenamento, com exceção de F03 que só obteve tal desempenho até o décimo primeiro dia. A incorporação do extrato de jatobá em suas diferentes concentrações no hambúrguer também melhorou os aspectos de rendimento de cozimento e retenção de umidade dos hambúrgueres de atum tal qual a formulação com eritorbato de sódio. Diante dos resultados analisados percebe-se que a formulação F05 apresentou melhores resultados quanto à ação contra oxidação lipídica, propriedades de cozimento e avaliação sensorial. Além de sua formulação estar em conformidade com os parâmetros estabelecidos pelo Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Hambúrguer (BRASIL, 2022). Melhores desempenhos podem ser estudados direcionando a fabricação e secagem do extrato através da técnica de microencapsulação, permitindo uma maior preservação, estabilidade e bioacessibilidade desses compostos incorporados nos hambúrgueres. Estudos que explorem a aceitação sensorial e viabilidade econômica devem ser considerados e alinhados ao desenvolvimento de novos produtos utilizando extratos naturais como potenciais aditivos.

Este estudo pode complementar os estudos disponíveis sobre alternativas de conservação de produtos à base de pescado, além de estar alinhado aos interesses globais em tecnologia de alimentos que buscam novas estratégias para preservação, incluindo o uso de compostos conservantes derivados de fontes naturais. Entretanto, embora a exploração e estudo de produtos naturais apresentem potenciais em sua aplicação como aditivos, substituindo os aditivos sintéticos, é importante considerar a questão regulatória. É necessário que estes compostos estejam em conformidade com as normas de segurança do consumidor e sejam aprovadas pelos órgãos reguladores de alimentos para garantir a sua adequada aplicação.

REFERÊNCIAS

- AAMER, R. A., & EMARA, H. H. (2016). Effect of Using Cauliflower (*Brassica oleracea*) to Improve Quality Characteristics of Tuna Fish Burger. **Alexandria Journal of Agricultural Sciences**, 61(6), 611-626.
- ABABOUC, L. Fisheries and Aquaculture topics. Composition of fish. Topics Fact Sheets. In: FAO. Fisheries and Aquaculture Department. Rome: FAO;2005. Disponível em: https://www.fao.org/fishery/utilization_trade/en.
- ABNT NBR ISO. (5492:2017). Análise sensorial – vocabulário.
- ACOSTA-PÉREZ, V. J., ZAMUDIO-FLORES, P. B., ORNELAS-PAZ, J. D. J., PALMA-RODRÍGUEZ, H. M., JUÁREZ-MUÑOZ, J., & VARGAS-TORRES, A. (2019). Effects of native and modified starches on the physicochemical and textural properties of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fish burgers. **CYTA-Journal of Food**, 17(1), 207-213.
- ACKMAN, R. G. 1994. "Seafood lipids". In *Seafood: Chemistry, Processing Technology and Quality*, Edited by: Shahidi, F. and Botta, J. R. 34–48. London: Chapman & Hall.
- ALBERTOS, I., MARTIN-DIANA, A. B., BURÓN, M., & RICO, D. (2019). Development of functional bio-based seaweed (*Himanthalia elongata* and *Palmaria palmata*) edible films for extending the shelflife of fresh fish burgers. **Food Packaging and Shelf Life**, 22, 100382.
- AL-DUAIS, M., MÜLLER, L., BÖHM, V., JETSCHKE, G. (2009). Antioxidant capacity and total phenolics of *Cyphostemma digitatum* before and after processing: use of different assays. **European Food Research and Technology**, 228 (5), 813-821. <https://doi.org/10.1007/s00217-008-0994-8>
- ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa - In N° 211, De 1° De Março De 2023. Estabelece as funções tecnológicas, os limites máximos e as condições de uso para os aditivos alimentares e os coadjuvantes de tecnologia autorizados para uso em alimentos. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 8 de março de 2023 | Edição: 46 | Seção: 1 | Página: 110.
- AOCS American Oil Chemists' Society (1990). 2-Thiobarbituric Acid Value, Direct Method. Cd 19-90. Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society (7 th ed.), Champaign.
- ASHINSHANA, U.; ILLIPPANGAMA, D. D.; JAYASENA, C. J. O. & DESHANI, C. Mudannayake. Inulin as a functional ingredient and their applications in meat products. **Carbohydrate Polymers**. Volume 275. 2022. 118706. ISSN 0144-8617. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.118706>.
- AUBOURG, S. P. (1999). Lipid damage detection during the frozen storage of an underutilized fish species. **Food Research International**, 32(7), 497-502.

BI, F.; ZHANG, X.; BAI, R.; LIU, Y.; LIU, J., & LIU, J. Preparation and characterization of antioxidant and antimicrobial packaging films based on chitosan and proanthocyanidins. **International Journal of Biological Macromolecules**, 134, 2019. DOI:10.1016/j.ijbiomac.2019.05.042.

BOGARD, J. R., FARMERY, A. K., LITTLE, D. C., FULTON, E. A., & COOK, M. (2019). Will fish be part of future healthy and sustainable diets? **The lancet planetary health**, 3(4), e159-e160.

BORCKMANS, M. V. L. Elaboração e caracterização de uma formulação tipo maionese contendo polpa do fruto de *Hymenaea courbaril* L. (*Fabaceae*). 2018. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M. E.; BERSET, C. L. W. T. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **LWT-Food science and Technology**, v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento/Secretaria de Defesa Agropecuária. Regulamento técnico de identidade e qualidade de hambúrguer. Instrução Normativa Nº 724, DE 23 DE DEZEMBRO DE 2022. Brasília:2022.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento/Secretaria de Defesa Agropecuária. Regulamento Técnico que fixa a identidade e as características de qualidade que deve apresentar o peixe congelado. IN Nº 21, DE 31 DE MAIO DE 2017. Brasília:2017.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Departamento Nacional de Inspeção de Produtos de Origem Animal. Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal – RIISPOA aprovado pelo Decreto nº 9.013. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 29 mar. 2020.

BREWER, M. S. Natural Antioxidants: Sources, Compounds, Mechanisms of Action, and Potential Applications. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v.10, p.221-247, 2011.

CASSOL, L. A., DE ALMEIDA FILHO, E. S., & DE OLIVEIRA, A. C. (2019). Performance comparison between a natural and a commercial antioxidant on smoked pacu (*Piaractus mesopotamicus*). **Journal of Agricultural Science** (Toronto), 11(2), 225-235.

CASTRO, L. S. B., OLIVEIRA PACHECO, D., RADÜNZ, M., HELBIG, E., AROCHA GULARTE, M., ZAMBIAZI, R. C., ... & AVILA GANDRA, E. (2020). Physicochemical characterization and microbiological analysis of *Oligosarcus robustus* raw fish meat and development a fish hamburger. **Rev. chil. nutr**, 561-567.

CILLI, L. P., CONTINI, L. R. F., SINNECKER, P., LOPES, P. S., ANDREO, M. A., NEIVA, C. R. P., ... VENTURINI, A. C. (2019). Effects of grape pomace flour on quality parameters of salmon burger. **Journal of Food Processing and Preservation**. doi:10.1111/jfpp.14329

CONEGLIAN, S. M.; LIMA, B. S.; SILVA, L. G.; LAZZARI, C. M.; SERRANO, R. D. C. TONELLO, C. L. Utilização de antioxidantes nas rações. **PUBVET - Publicações em Medicina Veterinária e Zootecnia**, v. 5, n. 5, ed. 152, art. 1026, 2011.

CONNELL, J. J. Methods of assessing and selecting for quality. In Control of Fish Quality, 3rd ed.; Fishing News Books: Oxford, U.K., 1990.

COSTA, W. S.; SOUZA, A. L.; SOUZA, P. B. Jatobá (*Hymenaea courbaril* L.): Ecologia, manejo, silvicultura e tecnologia de espécies nativas da Mata Atlântica. Viçosa: UFV, n° 2, 2011. Disponível em: http://www.bibliotecaflorestal.ufv.br/bitstream/handle/123456789/11139/Jatoba_Ecologia%2C%20manejo%2C%20silvicultura%20e%20tecnologia%20de%20especies%20nativas%20da%20Mata%20atlantica%20.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

CRISTOFEL, C. J., GRANDO, R. C., TORMEN, L., FRANCISCO, C. T. D. P., & BERTAN, L. C. (2021). Effect of the use of guabiroba bark and functional ingredients on the characteristics of Nile Tilapia burger. **Journal of Food Processing and Preservation**, 45(1), e15040.

DA-SILVA, C. P., SOARES-FREITAS, R. A. M., SAMPAIO, G. R., SANTOS, M. C. B., DO NASCIMENTO, T. P., CAMERON, L. C., ... & ARÊAS, J. A. G. (2019). Identification and action of phenolic compounds of Jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stagnocarpa* Mart.) on α -amylase and α -glucosidase activities and flour effect on glycemic response and nutritional quality of breads. **Food Research International**, 116, 1076-1083.

DAI, L.; ZHANG, J.; CHENG, F. Succeeded starch nanocrystals preparation combining heat-moisture treatment with acid hydrolysis. **Food Chemistry**, v. 278, p. 350–356, abr. 2019.

DAI, T. T.; LI, T.; LI, R. Y.; ZHOU, H. L.; LIU, C. M. & CHEN, J. et al. Utilization of plant-based protein-polyphenol complexes to form and stabilize emulsions: Pea proteins and grape seed proanthocyanidins. **Food Chemistry**, 329 (2020), p. 127219. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127219>.

DANZA, A., LUCERA, A., LAVERMICOCCA, P., LONIGRO, S. L., BAVARO, A. R., MENTANA, A., ... & DEL NOBILE, M. A. (2018). Tuna burgers preserved by the selected *Lactobacillus paracasei* IMPC 4.1 strain. **Food and bioprocess technology**, 11, 1651-1661.

DE-AGUIAR, R. S., PRETTO, A., VILLANOVA, J. V., DIAS, K. C., BENDER, A. B. B., KLINGER, A. C. K., ... & FERRIGOLO, F. R. G. (2022). Effects of micronized yerba mate on physicochemical, oxidative stability, and cooking characteristics of fish burger. **Journal of Food Processing and Preservation**, 46(11), e17094.

DE ALBUQUERQUE, U. P., DE MEDEIROS, P. M., DE ALMEIDA, A. L. S., MONTEIRO, J. M., NETO, E. M. D. F. L., DE MELO, J. G., & DOS SANTOS, J. P. (2007). Medicinal plants of the caatinga (semi-arid) vegetation of NE Brazil: a quantitative approach. **Journal of ethnopharmacology**, 114(3), 325-354. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378874107004229>.

DE-ALENCAR, M. G., DE QUADROS, C. P., LUNA, A. L. L. P., NETO, A. F., DA COSTA, M. M., QUEIROZ, M. A. Á., ... & DE SOUZA RODRIGUES, R. T. (2022). Grape skin flour obtained from wine processing as an antioxidant in beef burgers. **Meat Science**, 194, 108963.

DE-ANDRADE, P. F., NAKAOUTH, A. C. S. S., BARBOSA, R. R., DE LIMA, E. A., & DE SOUZA, D. L. (2020). Análise sensorial de fishburger de curimatã *Prochilodus sp.*: uma proposta para a merenda escolar. **ANINC-Anuário do Instituto de Natureza e Cultura**, 3(1), 142-144.

DE-CARVALHO, F. A. L., MUNEKATA, P. E., DE OLIVEIRA, A. L., PATEIRO, M., DOMÍNGUEZ, R., TRINDADE, M. A., & LORENZO, J. M. (2020). Turmeric (*Curcuma longa* L.) extract on oxidative stability, physicochemical and sensory properties of fresh lamb sausage with fat replacement by tiger nut (*Cyperus esculentus* L.) oil. **Food Research International**, 136, 109487.

DE-MATOS, J. M., COSTA, A. R. C., JUSTINO, M. N., CAMARA, M. B. P., VASCONCELOS, O. L. S., MARQUES, J. C., ... & DE CARVALHO MARQUES, G. E. (2023). Chemical prospection and antioxidant activity of *Humiria balsamifera* (Aubl.) A. St. Hil. AND *Hymenaea courbaril* L. **Natural Product Research**, p. 1-5, 2023.

DE-MENEZES-FILHO, A. C. P., DE-OLIVEIRA-FILHO, J. G., & CASTRO, C. F. S. (2020). Avaliações antioxidante e antifúngica dos óleos essenciais de *Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne e *Hymenaea courbaril* L. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, 8(2), 104-114.

DE-QUADROS, D. A., ROCHA, I. F. O., FERREIRA, S. M. R., & BOLINI, H. M. A. Low-sodium fish burgers: Sensory profile and drivers of liking. **LWT-Food Science and Technology**, v. 63, n. 1, p. 236-242, 2015.

DE-SOUZA, M. P., DE-AMORIM, F. D., FERREIRA, M. R. A., SOARES, L. A. L., & DE MELO, M. A. (2022). Oxidative and storage stability in beef burgers from the use of bioactive compounds from the agro-industrial residues of passion fruit (*Passiflora edulis*). **Food Bioscience**, 48, 101823.

DELFINO, L. A., MATTJE, L. G. B., SILVA, M., ARAUJO, M. C., TORMEN, L., & BAINY, E. M. (2021). Evaluation of Moringa and Lavandula extracts as natural antioxidants in tilapia fish burger. **Journal of Culinary Science & Technology**, 1-16.

DELGADO, C., MENDEZ-CALLEJAS, G., & CELIS, C. (2021). Caryophyllene oxide, the active compound isolated from leaves of *Hymenaea courbaril* L. (Fabaceae) with antiproliferative and apoptotic effects on PC-3 androgen-independent prostate cancer cell line. **Molecules**, 26(20), 6142.

DOMÉNECH-CARBÓ, M. T., DE LA CRUZ-CAÑIZARES, J., OSETE-CORTINA, L., DOMÉNECH-CARBÓ, A., & DAVID, H. (2009). Ageing behaviour and analytical characterization of the Jatobá resin collected from *Hymenaea stigonocarpa* Mart. **International Journal of Mass Spectrometry**, 284(1-3), 81-92.

DOS-SANTOS, W. M., DE-MENEZES-FILHO, A. C. P., CASTRO, C. F. S., TEIXEIRA, M. B., SOARES, F. A. L., & PORFIRO, C. A. (2022). Chemical, physicochemical profile and dose-response effect of *Hymenaea courbaril* essential oil on bacteria. **Brazilian Journal of Science**, 1(7), 37-43.

DUMAN, M. Nutritional value and sensory acceptability of fish burger prepared with flaxseed flour. **Food Science and Technology**, v. 42, 2022.

DUNAJSKI, E. (1980). Texture of fish muscle. **Journal of Texture Studies**, 10(4), 301-318. Doi: <https://doi.org/10.1111/j.1745-4603.1980.tb00862.x>.

ELKHAMISY, B. S. M.; AHMED, M. B. M; YOUSSEF, F. Y. I.; GHONEIM, G. A. A. (2021). 2. Physico-chemical, microbiological and organoleptic assessment for the stored frozen products of tuna. **Journal of Agriculture, Food and Environment (JAFE)**| ISSN: 2708-5694, 2(1), 6-11.

ESTÉVEZ, A.; CAMACHO, C.; CORREIA, T.; BARBOSA, V.; MARQUES, A.; LOURENÇO, H. & OLIVEIRA, H. (2021). Strategies to reduce sodium levels in European seabass sausages. **Food and Chemical Toxicology**, 153, 112262. DOI:10.1016/j.fct.2021.112262.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION – FAO. Quality and quality changes in fresh fish. Roma, 1995. Disponível em: <https://www.fao.org/3/v7180e/V7180E06.htm>. Acesso em 10 de abril de 2023,

FAO, Food and Agriculture Organization. The state of World Fisheries and Aquaculture. Fisheries and Aquaculture Department. Rome: FAO; 2009.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. The state of world fisheries and aquaculture. Towards Blue Transformation. 2022. Disponível em: <https://www.fao.org/3/cc0461en/online/cc0461en.html>.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. The state of world fisheries and aquaculture. Sustainability in action. 2020. Disponível em: <https://www.fao.org/3/ca9229en/ca9229en.pdf>.

FARMERY, A. K., ALEXANDER, K., ANDERSON, K., BLANCHARD, J. L., CARTER, C. G., EVANS, K., ... & NOWAK, B. (2022). Food for all: designing sustainable and secure future seafood systems. **Reviews in fish biology and fisheries**, 32(1), 101-121.

FURLAN, V. J. M., DA SILVA, K. F., CUNHA, J. P. D. S., UGALDE, F. Z., DA SILVA, D. G., & CENTENARO, G. S. Determinação de nitrato e nitrito em produtos cárneos: adequação à legislação. **MAGISTRA**, v. 31, p. 559-567, 2020. DOI: <https://cutt.ly/zTQ2esD>.

GAMEZ-VILLAZANA, J. J.; MOLINA, J. J. F.; OJEDA, L. E. O. Pulpa de pescado de aguas continentales y su potencial utilización en la elaboración de embutidos. **Alimentos Hoy**, v. 29, n. 53, p. 81-111, 2021. Disponível em: <https://alimentos hoy.acta.org.co/index.php/hoy/article/view/592/454>.

GAO, N., SI, X., HAN, W., GONG, E., SHU, C., TIAN, J., ... & LI, B. (2023). The contribution of different polyphenol compositions from chokeberry produced in China to cellular antioxidant and antiproliferative activities. **Food Science and Human Wellness**, v. 12, n. 5, p. 1590-1600, 2023.

GHANBARI, M.; JAMI, M.; DOMIG, K.J.; KNEIFEL, W. Seafood biopreservation by lactic acid bacteria—A review. **LWT-Food Sci. Technol.** 2013, 54, 315–324. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.05.039>.

GHONEIM, G. A., YOUSSEF, F. Y., AHMED, M. B., ELKHAMISY, B. S., & ANEES, F. R. (2022). Effects of Frozen Storage on Quality Characteristics of Some fishery Products Processed from Bluefin Tuna and Common Carp. **Egyptian Journal of Food Science**, 50(2), 203-212.

GÓES-FAVON, S. P., MARICÁ, E. G. S., SHIGEMATSU, E., & DORTA, C. (2021). Transglutaminase microbiana (MTGase) na elaboração de fishburger com aproveitamento de carne mecanicamente separada de tilápia (*Oreochromis niloticus*)—Revisão de Literatura. **Brazilian Journal of Technology**, 4(1), 20-35. DOI:10.38152/bjtv4n1-002.

GOKOGLU, N. E YERLIKAYA, P. Seafood Chilling Refrigeration and Freezing. 1^a ed. John Wiley and Sons, Chichester, pp. 1 – 5 (2015).

GOKOGLU, N. Novel natural food preservatives and applications in seafood preservation: A review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 99, n. 5, p. 2068-2077, 2018.

GONÇALVES, A. A. Aspectos gerais do pescado. In: GONÇALVES, A. A. Tecnologia do pescado: ciência, tecnologia, inovação e legislação. São Paulo: Editora Atheneu, 2011.

GUTIÉRREZ-DEL-RÍO, I.; FERNÁNDEZ, J. & LOMBÓ, F. Plant nutraceuticals as antimicrobial agents in food preservation: terpenoids, polyphenols and thiols. **International Journal of Antimicrobial Agents**. 2018. DOI:10.1016/j.ijantimicag.2018.04.024.

HASHEMI, M., ADIBI, S., HOJJATI, M., RAZAVI, R., & NOORI, S. M. A. (2022). Impact of alginate coating combined with free and nanoencapsulated *Carum copticum* essential oil on rainbow trout burgers. **Food Science & Nutrition**.

HASSOUN, A.; ÇOBAN, Ö.E. Essential oils for antimicrobial and antioxidant applications in fish and other seafood products. **Trends Food Sci. Technol.** 2017, 68, 26–36. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2017.07.016>.

HENTATI, F., BARKALLAH, M., BEN ATITALLAH, A., DAMMAK, M., LOUATI, I., PIERRE, G., ... & ABDELKAFI, S. (2019). Quality characteristics and functional and antioxidant capacities of algae-fortified fish burgers prepared from common barbel (*Barbus barbus*). **BioMed Research International**, 2019.

HUSEIN, Y., SECCI, G., DINNELLA, C., PARISI, G., FUSI, R., MONTELEONE, E., & ZANONI, B. (2018). Enhanced utilisation of nonmarketable fish: physical, nutritional and sensory properties of 'clean label' fish burgers. **International Journal of Food Science & Technology**, 54(3), 593-601.

HUSEIN, Y., SECCI, G., MANCINI, S., ZANONI, B., & PARISI, G. (2020). Nutritional Quality, Physical Properties and Lipid Stability of Ready-to-cook Fish Products are Preserved during Frozen Storage and Oven-cooking. **Journal of Aquatic Food Product Technology**, 29(2), 207–217, DOI: 10.1080/10498850.2019.1708834.

IACUMIN, L., PELLEGRINI, M., SIST, A., TABANELLI, G., MONTANARI, C., BERNARDI, C., & COMI, G. (2022). Improving the Shelf-Life of Fish Burgers Made with a Mix of Sea Bass and Sea Bream Meat by Bioprotective Cultures. **Microorganisms**, 10(9), 1786.

IAL. INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4 ed. Brasília: ANVISA, 2008. Disponível em: encurtador.com.br/aenY0.

Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE. (2020). Pesquisa de orçamentos familiares 2017-2018: análise do consumo alimentar pessoal no Brasil. Rio de Janeiro.

ICMSF. International Commission on microbiological specifications for foods. Microorganisms in foods. 2. Sampling for microbiological analysis. Principles and Specific Applications, 1986.

ISO. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (1871:2009). Food and feed products – General guidelines for the determination of nitrogen by the Kjeldahl method.

ISO. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO 1443:2010). Meat and meat products – Determination of total fat content.

ISO. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 6579: horizontal method for the detection of *Salmonella* spp.; microbiology of food and animal feeding stuffs. Genève, 2007. 10 p.

ISO. INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. ISO 7251: Horizontal method for the detection and enumeration of presumptive *Escherichia coli* - Microbiology of food and animal feeding stuffs - Most probable number technique, 2005. Genève, 2005. 13 p.

JACOB, M. C. M., DA SILVA-MAIA, J. K., ALBUQUERQUE, U. P., & PEREIRA, F. D. O. (2022). Culture matters: A systematic review of antioxidant potential of tree legumes in the semiarid region of Brazil and local processing techniques as a driver of bioaccessibility. **Plos one**, 17(3), e0264950.

JIANG, D.; LIU, Y.; JIANG, H.; RAO, S.; FANG, W.; WU, M.; YUAN, L.; FANG, W. A novel screen-printed mast cell-based electrochemical sensor for detecting spoilage bacterial quorum signaling molecules (N-acyl-homoserine-lactones) in freshwater fish. **Biosen. Bioelectron.** 2018, 102, 396–402. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bios.2017.11.040>.

JONUŠAITE, K., VENSKUTONIS, P. R., MARTÍNEZ-HERNÁNDEZ, G. B., TABOADA-RODRÍGUEZ, A., NIETO, G., LÓPEZ-GÓMEZ, A., & MARÍN-INIESTA, F. (2021). Antioxidant and antimicrobial effect of plant essential oils and *Sambucus nigra* extract in salmon burgers. **Foods**, 10(4), 776.

JORGE, N. Química e Tecnologia de Óleos Vegetais. São Paulo: Cultura Acadêmica, 2009.

KE, P. J., CERVANTES, E., & ROBLES-MARTINEZ, C. (1984). Determination of thiobarbituric acid reactive substances (TBARS) in fish tissue by an improved distillation–spectrophotometric method. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 35(11), 1248-1254.

KHALLAF, M. M., EL-KALYOUB, M. H. O., TALAB, A. S., ABDEL-FATTAH, A. A., ABOU-TALEB, S. M. Quality evaluation and safety of little tuna fish shawarma. **Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries**, v. 25, n. 6, p. 17-31, 2021.

KOTZAMANIS, Y. et al. Effects of taurine supplementation in soy-based diets on growth performance and fillet quality in European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). **Aquaculture**, p. 734655, 2019.

KUKIC, J.; POPOVIĆ, V.; PETROVIĆ, S.; MUCAJI P.; ĆIRIĆ, A.; STOJKOVIĆ, D.; SOKOVIĆ, M.; KUKIC, V POPOVIC, V.; PETROVIC, S.; CIRIC, A. Antioxidant and antimicrobial activity of *Cynara cardunculus* extracts. **Food Chemistry**, v. 107, n. 2, p. 861–868, 2008.

LEAL, I. L. et al. Development and application starch films: PBAT with additives for evaluating the shelf life of Tommy Atkins mango in the fresh-cut state. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 136, n. 43, p. 48150, 15 nov. 2019.

LOPES, A. C. C. B., REINALDO, I. B., LIMA, N. P., SILVA, A. M., FIRMINO, E.G.; MELO, N. M. V. (2021). Caracterização química e comparação entre hambúrguer artesanal e o industrializado. **Acta Tecnológica**, 16(1), 73-86.

LOPES, I. G.; OLIVEIRA, R. G.; RAMOS, F. M. Perfil do consumo de peixes pela população brasileira. **Biota Amazônia** (Biote Amazonie, Biota Amazonia, Amazonian Biota), [S.l.], v. 6, n. 2, p. 62-65, jun. 2016. ISSN 2179-5746. Doi:<http://dx.doi.org/10.18561/2179-5746/biotaamazonia.v6n2p62-65>.

LU, Y., DING, Y., & WU, Q. (2011). Simultaneous saccharification of cassava starch and fermentation of algae for biodiesel production. **Journal of Applied Phycology**, 23(1), 115-121.

MA, Y. S., PAN, Y., XIE, Q. T., LI, X. M., ZHANG, B., & CHEN, H. Q. Evaluation studies on effects of pectin with different concentrations on the pasting, rheological and digestibility properties of corn starch. **Food Chemistry**, v. 274, p. 319–323, fev. 2019.

MAQSOOD S, BENJAKUL S, KAMAL-ELDIN A. (2012). Haemoglobin-mediated lipid oxidation in the fish muscle: a review. **Trends Food Sci Technol**. 28:33–43.

MARIUTTI, L.R.B.; BRAGAGNOLO, N. A oxidação lipídica em carne de frango e o impacto da adição de sálvia (*Salvia officinalis*, L.) e de alho (*Allium sativum*, L.) como antioxidantes naturais. **Revista Instituto Adolfo Lutz**, v.68, p.1-11, 2009.

MARQUES, C., LISE, C. C., LIMA, V. A. D., & DALTOÉ, M. L. M. (2020). Survival analysis and cut-off point to estimate the shelf life of refrigerated fish burgers. **Food Science and Technology**, 40, 171-177.

MEI, J .; MA, X .; XIE, J. Review on Natural Preservatives for Extending Fish Shelf Life. **Foods**. 8, no. 10: 490. 2019. DOI: <https://doi.org/10.3390/foods8100490>.

MELLO, S. C. R. P., FREITAS, M. Q., SÃO CLEMENTE, S. C., FRANCO, R. M., NOGUEIRA, E. B., & FREITAS, D. D. G. C. (2012). Development and bacteriological, chemical and sensory characterization of fishburgers made of Tilapia minced meat and surimi. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, 64, 1389-1397.

MELO, PS, MASSARIOLI, AP, DENNY, C, DOS SANTOS, LF, FRANCHIN, M, PEREIRA, GE, VIEIRA, TM, ROSALEN, PL, DE ALENCAR, SM. (2015). Winery by-products: extraction optimization, phenolic composition and cytotoxic evaluation to act as a new source of scavenging of reactive oxygen species. **Food Chemistry**, 181, 160-169. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.02.087>

MENEZES-FILHO, A. C. P.; SILVA, M. A.; PEREIRA, A. V.; OLIVEIRA FILHO, J. G. CASTRO, C. F. S. Parâmetros físico-químicos, tecnológicos, atividade antioxidante, conteúdo de fenólicos totais e carotenóides das farinhas dos frutos do jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne). **Multi-Science Journal**. 2019, pp. 93-100.

MEILGAARD, M. C., CIVILLE, G. V., CARR, B. T. Técnicas de avaliação sensorial. (4ª ed.), CRC Press, Boca Raton, FL (2006).

MORADI, Y., BAKAR, J., MOTALEBI, A. A., SYED MUHAMAD, S. H., & CHE MAN, Y. (2011). A review on fish lipid: composition and changes during cooking methods. **Journal of Aquatic Food Product Technology**, 20(4), 379-390.

MORTON, R. Dale. Aerobic plate count. Compendium of methods for the microbiological examination of foods, v. 4, p. 63-67, 2001.

OETTERER, M.; GALVÃO, J. A.; SAVAY-DA-SILVA, L. K. Qualidade do Pescado: Sistemas para Padronização. In: GALVÃO, Juliana Antunes; OETTERER, Marília. Qualidade e Processamento de Pescado. Rio de Janeiro: Elsevier, 2014. Cap. 2. p. 31-72

OGAWA, M., & MAIA, E. L. (1999). Manual de Pesca: Ciência e Tecnologia do Pescado. São Paulo: Varela.

OLIVEIRA, D. F. D., COELHO, A. R., BURGARDT, V. D. C. D. F., HASHIMOTO, E. H., LUNKES, A. M., MARCHI, J. F., & TONIAL, I. B. (2013). Alternativas para um produto cárneo mais saudável: uma revisão. **Brazilian Journal of Food Technology**, 16, 163-174. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1981-67232013005000021>.

ORDÓÑEZ, J.; RODRIGUEZ, M.; ÁLVAREZ, L.; SANZ, M.; MINGUILLON, G.; PERALES, L.; CORTECERO, M. Tecnologia de Alimentos: Alimentos de origem animal. V. 2. Porto Alegre: Artmed, 2005.

OSTERBAUER, K. J., KING, A. M., SEMAN, D. L., MILKOWSKI, A. L., GLASS, K. A., & SINDELAR, J. J. Effects of nitrite and erythorbate on *Clostridium perfringens* growth during extended cooling of cured ham. **Journal of food protection**, v. 80, n. 10, p. 1697-1704, 2017. DOI: <https://doi.org/10.4315/0362-028x.jfp-17-096>.

OSTROSCHI, L. C., DE SOUZA, V. B., ECHALAR-BARRIENTOS, M. A., TULINI, F. L., COMUNIAN, T. A., THOMAZINI, M., ... & FAVARO-TRINDADE, C. S. (2018). Production of spray-dried proanthocyanidin-rich cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*) extract as a potential functional ingredient: Improvement of stability, sensory aspects and technological properties. **Food Hydrocolloids**, 79, 343-351. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.01.007>.

PACHEKREPAPOL, U., THANGRATTANA, M., & KITIKANGSADAN, A. (2022). Impact of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) on chemical, physical, microbiological and sensory characteristics of fish burger prepared from salmon and striped catfish filleting by-product. **International Journal of Gastronomy and Food Science**, 30, 100598.

PACI, F., DANZA, A., DEL NOBILE, M. A., & CONTE, A. (2018). Consumer acceptance and willingness to pay for a fresh fish-burger: A choice experiment. **Journal of cleaner production**, 172, 3128-3137.

PANZA, O., CONTE, A., & DEL NOBILE, M. A. (2022). Zero-Waste Approach Applied to Pomegranates for Prolonging Fish Burger Shelf Life. **Foods**, v. 11, n. 4, p. 551, 2022.

PAPUC, C., PREDESCU, C. N., TUDOREANU, L., NICORESCU, V., & GÂJÂILĂ, I. Comparative study of the influence of hawthorn (*Crataegus monogyna*) berry ethanolic extract and butylated hydroxyanisole (BHA) on lipid peroxidation, myoglobin oxidation, consistency and firmness of minced pork during refrigeration. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Berlin, v. 98, n. 4, p. 1346–1361, 2018.

PATINHO, I., SALDAÑA, E., SELANI, M. M., DE-CAMARGO, A. C., MERLO, T. C., MENEGALI, B. S., SILVA, A. P. S. & CONTRERAS-CASTILLO, C. J. (2019). Use of *Agaricus bisporus* mushroom in beef burgers: antioxidant, flavor enhancer and fat replacing potential. **Food Production, Processing and Nutrition**, 1, 1-15.

PATTIPEILOHY, Fredy; MONIHARAPON, Angcivioletta. Utilizing of dark meat tuna fish (*thunnus* sp.) and trash fish surimi in the processing of fish burger. **KnE Life Sciences**, p. 53-62, 2015.

PEIXE BR. Associação Brasileira de Piscicultura. Anuário 2023, Anuário 2023. Peixe Br da Piscicultura. Disponível em: <https://www.peixebr.com.br/anuario/>.

PEREIRA, D. L., DA CUNHA, A. P. S., FERNANDES, H. P., PATIAS, N. S., SINHORIN, A. P., & SINHORIN, V. D. G. (2020). Evaluación antioxidante del extracto de la semilla de *Hymenaea courbaril* L.(jatobá) en camundongos tratados con acetaminofeno. **Revista Cubana de Plantas Medicinales**, 25(1), 1-13.

PINTO, B. V. V. Elaboração de Fishburger com Resíduos da Filetagem da Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*, Linnaeus 1758) adicionado de Transglutaminase. Dissertação (Mestre em Ciências) - Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 81p. 2017.

PIREDDA, R., MOTTOLA, A., CIPRIANO, G., CARLUCCI, R., CICCARESE, G., & DI PINTO, A. (2022). Next Generation Sequencing (NGS) approach applied to species identification in mixed processed seafood products. **Food Control**, 133, 108590

PRESENZA^a, L., DE FREITAS FABRÍCIO, L. F., GALVÃO, J. A., & DE SOUZA VIEIRA, T. M. F. (2022). Simplex-centroid mixture design as a tool to evaluate the effect of added flours for optimizing the formulation of native Brazilian freshwater fish burger. **Lwt**, 156, 113008.

PRESENZA^B, L., NOGUEIRA, W. V., BIANQUINI MENEGARDO, S., ALVES SANT'ANA, D., REGINA SPAGO, F., & MINOZZO, M. (2022). Influence of Different Oatmeal Concentrations on Atlantic Salmon (*Salmo salar*) Fish Burger: Effects on Physicochemical, Technological, and Sensory Properties. **Journal of Aquatic Food Product Technology**, 31(8), 842-852.

RIBEIRO, J. S., SANTOS, M. J. M. C., SILVA, L. K. R., PEREIRA, L. C. L., SANTOS, I. A., DA SILVA LANNES, S. C., & DA SILVA, M. V. (2019). Natural antioxidants used in meat products: a brief review. **Meat science**, 148, 181-188. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2018.10.016>.

RICE-EVANS, C. A.; MILLER, N. J. & PAGANGA, G. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. **Free radical biology and medicine**, v. 20, n. 7, p. 933-956, 1996. DOI: [https://doi.org/10.1016/0891-5849\(95\)02227-9](https://doi.org/10.1016/0891-5849(95)02227-9).

ROCHELLE, S. L. DE A.; SARDI, J. DE C. O.; FREIRES, I. A.; et al. The anti-biofilm potential of commonly discarded agro-industrial residues against opportunistic pathogens. **Industrial Crops and Products**, v. 87, p. 150–160, 2016. Disponível em: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S092666901630190X>.

SÁ VIEIRA, P.H.; MELO, C.C.; MEDEIROS, R. F.; VASCONCELHOS FILHO, M. B.; MOURA, J. V. S.; ALBUQUERQUE, C. A.; OLIVEIRA FILHO, P. R. C. Produtos de valor agregado de tilápia (*Oreochromis niloticus*) utilizando diferentes concentrações de amido. **Acta Fish. Aquat. Res.** v. 3. n. 1. p. 41-53. 2015.

SAAVEDRA, A. R., RIOS-MERA, J. D., IMÁN, A., VÁSQUEZ, J., SALDANA, E., SICHE, R., & TELLO, F. (2022). A sequential approach to reduce sodium chloride in freshwater fish burgers considering chemical, texture, and consumer sensory responses. **LWT**, 167, 113854.

SALAH, N.; MILLER, N. J.; PAGANGA, G.; TIJBURG, L.; BOLWELL, G. P. & RICEEVANS, C. Polyphenolic flavanols as scavengers of aqueous phase radicals and as chain-breaking antioxidants. **Archives of biochemistry and biophysics**, v. 322, n. 2, p. 339-346, 1995. DOI: <https://doi.org/10.1006/abbi.1995.1473>.

SALES, G. W. P., BATISTA, A. H. M., ROCHA, L. Q., & NOGUEIRA, N. A. P. (2014). Efeito antimicrobiano e modulador do óleo essencial extraído da casca de frutos da *Hymenaea courbaril* L. **Revista de Ciências Farmacêuticas Básica e Aplicada**, 35(4).

SÁNCHEZ-ZAPATA, E., MUÑOZ, C. M., FUENTES, E., FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J., SENDRA, E., SAYAS, E., ... & PÉREZ-ALVAREZ, J. A. (2010). Effect of tiger nut fibre on quality characteristics of pork burger. **Meat science**, 85(1), 70-76.

SANTANA, T. C. **Uso do extrato de folhas do Jatobá (*Hymenaea martiana* Hayne) na redução das contagens de *Salmonella* spp., *Escherichia coli* e *Staphylococcus aureus* em leite cru**. 2015. 52 f. Dissertação (Pós-Graduação em Agricultura e Biodiversidade) - Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2015.

SANTOS, A. C. P., ALVES, A. M., NAVES, M. M. V., SILVA, M. R. (2020) Nutritional profile, bioactive compounds and antioxidant capacity of jatobá-da-mata (*Hymenaea courbaril*, var. *stilbocarpa*) by product. **Revista chilena de nutrición** 47(3): 366–371.

SCARAMUSSA, S. A. D. L., SOARES, L. D. A., & SANTANA, L. C. L. D. A. (2022). Extracts from jatobá (*Hymenaea courbaril* L.) peel and seeds: Antioxidant and antimicrobial activities and synergistic effect of extract combinations. **Food Science and Technology International**, 10820132221136589.

SCHORMÜLLER, J. "Handbuch der Lebensmittelchemie (Band III/2) Springer-Verlag New York NY." (1968).

SECCI, G.; PARISI, G. From farm to fork: Lipid oxidation in fish products. A review. **Italian Journal of Animal Science**, v. 15, n. 1, p. 124-136, 2016.

SERRÃO, L. C. N.; ATAYDE, H. M. Hambúrguer de peixe: Transferência tecnológica e seu impacto na renda dos participantes. **Revista Brasileira de Extensão Universitária**, v. 11, n. 1, p. 73-85, 2020. DOI: <https://doi.org/10.36661/2358-0399.2020v11i1.11127>.

SHAHIDI, F.; JANITHA, P. K. & WANASUNDARA, P. D. Phenolic antioxidants. **Critical reviews in food science & nutrition**, v. 32, n. 1, p. 67-103, 1992. DOI: <https://doi.org/10.1080/10408399209527581>.

SHAVIKLO, A. R., ABOLGHASEMI, S., TAATI, R., & MALEKPOUR, N. (2022). Sensory Improvement of Tuna Dark Flesh for Food Application; Processing Conditions and New Meat Product Development. **Journal of Aquatic Food Product Technology**, 31(10), 1142-1156.

SHAVIKLO, A., MOZAFARI, H., MOTAMEDZADEGAN, A., & DAMAVANDI-KAMALI, N. (2019). Oxidative stability, biochemical indices and characteristics of the fatty acid composition of fish protein isolated from tuna (*Thunnus albacares*) canning by-product stored at-24° C for 6 months. **Iranian Journal of Fisheries Science**. v18 (4), 699-715.

SHI, J.; YU, J.; POHORLY, J.E.; KAKUDA, Y. Polyphenolics in grape seeds—biochemistry and functionality. **J. Med. Food**, 6 (2003), pp. 291-299. DOI: <https://doi.org/10.1089/109662003772519831>.

SILVA, C. P. D., SOUSA, M. S. B., SIGUEMOTO, É. S., SOARES, R. A. M., & ARÊAS, J. A. G. (2014). Chemical composition and antioxidant activity of jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa* Mart.) flour. **Food Science and Technology**, 34, 597-603.

SILVA, M. R., SILVA, M. S., MARTINS, K. A., & BORGES, S. (2001). Utilização tecnológica dos frutos de jatobá-do-cerrado e de jatobá-da-mata na elaboração de biscoitos fontes de fibra alimentar e isentos de açúcares. **Food Science and Technology**, 21, 176-182.

SILVA, R. C. S. N., MINIM, V. P. R., SIMIQUELI, A. A., DA SILVA MORAES, L. E., GOMIDE, A. I., & MINIM, L. A. Optimized Descriptive Profile: a rapid methodology for sensory description. **Food Quality and Preference**, Barking, v. 24, n. 1, p. 190-200, Apr. 2012.

SINGH, A., BENJAKUL, S., ZHOU, P., ZHANG, B., & DENG, S. (2021). Effect of squid pen chitooligosaccharide and epigallocatechin gallate on discoloration and shelf-life of yellowfin tuna slices during refrigerated storage. **Food Chemistry**, 351, 129296.

SJÖÖ, M.; NILSSON, L. Starch in food: structure, function and applications. **Woodhead Publishing**, v. (2nd Editi, 2018).

SLEDER, F., CARDOSO, D. A., SAVAY-DA-SILVA, L. K., ABREU, J. S. D., OLIVEIRA, A. C. S. D., & ALMEIDA FILHO, E. S. D. (2015). Development and characterization of a tambaqui sausage. **Ciência e Agrotecnologia**, 39, 604-612. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1413-70542015000600007>.

SOARES, D. J.; TAVARES, T. M.; BRASIL, I. M.; FIGUEIREDO, R. W.; SOUSA, P. H. M. Processos oxidativos na fração lipídica dos alimentos. **Boletim Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, Curitiba, v. 30, n. 2, p. 263-272, 2012.

SPERA, K. D., FIGUEIREDO, P. A., SANTOS, P. C., BARBOSA, F. C., ALVES, C. P., DOKKEDAL, A. L., ... & SILVA, R. M. D. (2019). Genotoxicity, anti-melanoma and antioxidant activities of *Hymenaea courbaril* L. seed extract. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, 91.

SUMAN, S. P.; JOSEPH, P. Myoglobin chemistry and meat color. **Annual review of food science and technology**, v. 4, p. 79-99, 2013.

SUN, B., RICARDO-DA-SILVA, J. M., & SPRANGER, I. (1998). Critical factors of vanillin assay for catechins and proanthocyanidins. **Journal of agricultural and food chemistry**, 46(10), 4267-4274. Disponível em: https://pubs.acs.org/doi/abs/10.1021/jf980366j?casa_token=XZDWOB-PidAAAAA:ntHxtVKsYs9Bt1C74ptoOXOibA0G49hMni0ETXDdwEJkFO_m9LhR0XsjNrn6AxcSOMAkU7QKDmYXQEeP.

SUSANTI, D. Y.; SEDIAWAN, W. B.; FAHRURROZI, M.; HIDAYAT, M. & PUTRI, A. Y. Encapsulation of red sorghum extract rich in proanthocyanidins: Process formulation and mechanistic model of foam-mat drying at various temperature. **Chemical Engineering and Processing-Process Intensification**, v. 164, p. 108375, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cep.2021.108375>.

SUSSEL, S. M. L. A. **Aplicação de transglutaminase microbiana em fishburger de lambari (*Astyanax lacustris*)**. 2021. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

TAVARES, M.; GONÇALVES, A. A. Aspectos físico-químicos do pescado (Capítulo 1.2 –p. 10-20). In: GONÇALVES, A. A. (Ed.). *Tecnologia do pescado: ciência, tecnologia, inovação e legislação*. São Paulo, SP: Atheneu, p. 608, 2011.

TAVARES-DIAS, M.; MARIANO, W.S. **Aquicultura no Brasil: novas perspectivas. Produção e Reprodução de Organismos Aquáticos**. Pedro & João Editores, Vol. 2, 345p, 2015. Disponível em: <https://www.pesca.pet/wp-content/uploads/2018/11/Mariano-2015.2-1.pdf>.

UCAK, İ.; FADILÖĞLU, E. E. Determination of the oxidative stability and shelf life of anchovy (*Engraulis engrasicholus* L., 1758) fish burgers supplemented with garlic peel extract during cold storage. **Progress in Nutrition**, v. 22, n. 3, p. 1-10 (2020).

UEDA, J. M., PEDROSA, M. C., HELENO, S. A., CAROCHO, M., FERREIRA, I. C., & BARROS, L. (2022). Food additives from fruit and vegetable by-products and bio-residues: a comprehensive review focused on sustainability. **Sustainability**, 14(9), 5212.

UNITED NATIONS. General Assembly. Resolution 70/1, 25 september 2015. "Transforming our World: the 2030 Agenda for Sustainable Development".

VEGGI, P. C., PRADO, J. M., BATAGLION, G. A., EBERLIN, M. N., & MEIRELES, M. A. A. (2014). Obtaining phenolic compounds from jatoba (*Hymenaea courbaril* L.) bark by supercritical fluid extraction. **the Journal of supercritical fluids**, 89, 68-77.

VELÁZQUEZ, L.; QUIÑONES, J.; DÍAZ, R.; PATEIRO, M.; LORENZO, J. M. & SEPÚLVEDA, N. 2021. Natural Antioxidants from Endemic Leaves in the Elaboration of Processed Meat Products: Current Status. **Antioxidants** 10, no. 9: 1396. DOI: <https://doi.org/10.3390/antiox10091396>.

VIEIRA, R. M., FARIAS, M. D. P., AMBRÓSIO, L. S. A., SÁ, D. M. A. T., ANDRADE, F. J. E. T., & DE MORAES, G. M. D. (2020). Avaliação microbiológica e sensorial de patê de peixe adicionado de pó de siriguela (*Spondias purpurea* L.). **Brazilian Journal of Development**, 6(3), 12933-12942. DOI:10.34117/bjdv6n3-235.

VIEIRA, V. S., CRUZ, V. S., NEPOMUCENO, L. L., SOARES, N. P., ARNHOLD, E., TEIXEIRA, W. F. P., ... & ARAÚJO, E. G. (2022). Crude extract of Jatobá leaves promotes canine osteosarcoma cell D17 proliferation. **Veterinary World**, 15(5), 1283.

WANG, Q.; LI, L.; ZHENG, X. Recent advances in heat-moisture modified cereal starch: Structure, functionality and its applications in starchy food systems. **Food Chemistry**, v. 344, p. 128700, 2021.

WANG, X., LI, B., SUN, S., LIU, Q., ZHU, J., ZHOU, X., ... & WANG, L. (2023). Analysis of proanthocyanidins and flavonols in the seedpods of Chinese Antique Lotus: A rich source of antioxidants. **Food Chemistry**, v. 415, p. 135756, 2023.

WANG, Y.; ZHANG, G. The preparation of modified nano-starch and its application in food industry. **Food Research International**, v. 140, p. 110009, fev. 2021.

WANG, Z., MHASKE, P., FARAHNAKY, A., KASAPIS, S., & MAJZOBI, M. (2022). Cassava starch: Chemical modification and its impact on functional properties and digestibility, a review. **Food Hydrocolloids**, 107542.

WELTI JC, VERGARA BF (1997) Actividad de agua concepto y aplicación em alimentos com alto contenido de humedad. In: Aguilera, J. M. Temas em tecnologia de alimentos - México 1: pp.11-43.

YE, F., MIAO, M., LU, K., JIANG, B., LI, X., & CUI, S. W. Structure and physicochemical properties for modified starch-based nanoparticle from different maize varieties. **Food Hydrocolloids**, v. 67, p. 37–44, jun. 2017.

YEMMEN, C., & GARGOURI, M. (2022). Potential hazards associated with the consumption of Scombridae fish: Infection and toxicity from raw material and processing. **Journal of Applied Microbiology**, 132(6), 4077-4096.

ZHU, F. (2015). Composition, structure, physicochemical properties, and modifications of cassava starch. **Carbohydrate polymers**, 122, 456-480. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.10.063>.

ZHUANG, H., LI, X., WU, S., WANG, B., & YAN, H. (2023). Fabrication of grape seed proanthocyanidin-loaded W/O/W emulsion gels stabilized by polyglycerol polyricinoleate and whey protein isolate with konjac glucomannan: Structure, stability, and in vitro digestion. **Food Chemistry**, p. 135975, 2023.