



NAYARA THALITA FERREIRA SILVA

**DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO ANÁLOGO À FILÉ DE
PEIXE UTILIZANDO FORMULAÇÃO À BASE DE
COGUMELO (*Pleurotus ostreatus*) E TRATAMENTO
ENZIMÁTICO**

**LAVRAS-MG
2023**

NAYARA THALITA FERREIRA SILVA

**DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO ANÁLOGO À FILÉ DE PEIXE
UTILIZANDO FORMULAÇÃO À BASE DE COGUMELO (*Pleurotus*
Ostreatus) E TRATAMENTO ENZIMÁTICO**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Alimentos, para a
obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. José Guilherme Lembi Ferreira Alves
Orientador

Profa. Dra. Olga Lucía Mondragón-Bernal
Co-orientadora

LAVRAS-MG

2023

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Silva, Nayara Thalita Ferreira.

Desenvolvimento de produto análogo à filé de peixe
utilizando formulação à base de cogumelo (*Pleurotus ostreatus*) e
tratamento enzimático / Nayara Thalita Ferreira Silva. - 2023.

120 p. : il.

Orientador(a): José Guilherme Lembi Ferreira Alves.

Coorientador(a): Olga Lucia Mondragón Bernal.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2023.

Bibliografia.

1. Transglutaminase. 2. Análogos plant-based. 3. Análise
sensorial. I. Alves, José Guilherme Lembi Ferreira. II. Bernal, Olga
Lucia Mondragón. III. Título.

NAYARA THALITA FERREIRA SILVA

**DESENVOLVIMENTO DE PRODUTO ANÁLOGO À FILÉ DE PEIXE
UTILIZANDO FORMULAÇÃO À BASE DE COGUMELO (*Pleurotus
ostreatus*) E TRATAMENTO ENZIMÁTICO**

**DEVELOPMENT OF A PRODUCT ANALOGOUS TO FISH FILLET
USING FORMULATION BASED ON MUSHROOM (*Pleurotus ostreatus*)
AND ENZYME TREATMENT**

Dissertação apresentada à
Universidade Federal de Lavras,
como parte das exigências do
Programa de Pós-Graduação em
Engenharia de Alimentos, para a
obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 25 de Julho de 2023.

Dr. José Guilherme Lembi Ferreira Alves UFLA

Dra. Alcinéia de Lemos Souza Ramos UFLA

Dra. Ana Carla Kawazoe Sato UNICAMP

Prof. Dr. José Guilherme Lembi Ferreira Alves
Orientador

**LAVRAS – MG
2023**

*Aos meus pais por dedicarem sua vida à minha.
A minha avó Judite e tia Maria Lúcia que não
puderam ver este momento, mas sempre torceram
pelas conquistas da nossa família em meio às
tantas dificuldades.*

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A presente dissertação de mestrado não poderia chegar a bom porto sem o precioso apoio de várias pessoas. Gostaria de agradecer aos meus orientadores, em especial o Professor Jose Guilherme, por me ter corrigido quando necessário, por toda a paciência neste trabalho. A Prof. Dra. Olga por coordenar o projeto. Desejo igualmente agradecer a todos os meus colegas do laboratório LEB, em especialmente a Andreia, Joana, Ana Paula, Emerson, Katherine, Giulia, cujo apoio e amizade estiveram presentes em todos os momentos sem perder o bom humor. Agradeço aos colegas do departamento em especial a Maria Luiza, Beatriz e Larissa que auxiliaram tantas vezes com muita disposição. Agradeço aos funcionários do departamento de Ciências dos Alimentos, em especial Ana Alice, Tatiane, Paloma, Felipe, Cleuza, Pâmela que foram sempre dispostos e educados. Agradeço aos professores, em especial a Roberta e Ana Carla por ter cedido os laboratórios para análises e um pouco do seu conhecimento me auxiliando nos momentos de dúvida sempre com muita paciência. A UFLA, DCA, PPGEAL pela oportunidade de estudar e me qualificar. Agradeço o financiamento do projeto e a oportunidade de participar de um projeto inovador à GFI e à CAPES o financiamento da bolsa. Por último, quero agradecer à minha família pelo apoio incondicional e ninguém soltar a mão de ninguém em nenhum momento!

Resumo

Nas últimas décadas tem se registrado uma demanda crescente por fontes alternativas de proteínas de origem não-animal para alimentação humana, principalmente por motivos ambientais, de saúde e por empatia animal. O objetivo deste trabalho foi desenvolver protótipos análogos a filé de peixe a partir de cogumelos da espécie de *P. ostreatus*, utilizando na formulação outros ingredientes como óleos, gomas e fontes de proteínas, entre outros. Foram realizados método de *Sousvide* e ultravioleta (UV). Foi determinada a composição centesimal, e físico-química dos cogumelos em diferentes estágios de maturação. Foi estudada a aplicação da enzima transglutaminase microbiana (TGase), com enriquecimento da formulação. Foi conduzido um planejamento experimental Plackett & Burman (PB) com 20 tratamentos e 3 pontos centrais. As variáveis independentes foram: Concentração de β -Glucanase (β -G) (X_1); tempo de ação da β -Glucanase (X_2); Concentração da TGase (X_3); tempo de ação da TGase (X_4); Proteína Isolada de Soja - PIS (X_5); Farinha de aveia integral peneirada - FA (X_6); Glutamina -Gt (X_7); Glutamato monossódico - GM (X_8); Goma acácia - GA (X_9); Fécula de mandioca - FM (X_{10}); Óleo de coco - OC (X_{11}); Óleo de soja - OS (X_{12}), Tripolifosfato de sódio - TS (X_{13}) e Tempo de inativação da β -Glucanase (X_{14}). As variáveis dependentes foram: dureza (Y_1), elasticidade (Y_2), coesividade (Y_3), gomosidade (Y_4), mastigabilidade (Y_5), resiliência (Y_6), parâmetros de cor L^* (Y_7), a^* (Y_8) e b^* (Y_9), a_w (Y_{10}), pH (Y_{11}) e densidade (Y_{12}). As análises estatísticas foram realizadas com software Statistica 8.0 (Statsoft ®). Os melhores ensaios foram os 6, 17 e o ponto central (PC), que mais se aproximaram dos parâmetros de textura do filé de tilápia para dureza, gomosidade e mastigabilidade. Foi realizado análise sensorial com os 3 tratamentos utilizando testes afetivos aplicando escalas hedônicas não estruturadas e CATA (*check-all-that-apply*) para determinar, o quão próximo ou não se encontravam os protótipos a um filé de peixe animal. As respostas foram analisadas pela ANOVA e teste de Tukey em nível de significância de 5 %. Foi encontrado que formulações contendo 2,5 e 5 % de FA e PIS (5, 7,5 e 10 %) tiveram as melhores respostas quanto à textura e cor quando comparadas com filés de tilápia. A FA mostrou efeito positivo nas respostas: dureza, coesividade, gomosidade, resiliência. Já a variável FM mostrou efeito negativo em todas as respostas de textura. Quanto à análise sensorial, somente o ensaio 17 (1 % FM, 5 % FA, 5 % PIS, 0,1 % TGase (5°C/ 240 min), 1 % óleo de coco, 1 % óleo de soja, 0,2 % tripolifosfato de sódio, 0,6 % β -G (80 °C/10 min) e sem inativação da β -G), foi indicado pelos provadores como tendo alguma semelhança, remetendo a peixe nos aspectos: aparência, aroma, textura e impressão global, com nível de confiança de 95 %. Conclui-se que é possível elaborar um análogo à filé de peixe à base de cogumelo usando tratamento enzimático com TGase.

Palavras-Chave: *P. ostreatus*. Transglutaminase. Análogos *plant-based*. Análise sensorial. Textura. Branqueamento.

Abstract

In recent decades, there has been a growing demand for alternative sources of non-animal proteins for human consumption, primarily for environmental, health, and animal empathy reasons. The aim of this study was to develop prototypes analogous to fish fillets using mushrooms of the *P. ostreatus* species, incorporating other ingredients such as oils, gums, and protein sources, among others, in the formulation. Sousvide and ultraviolet (UV) methods were employed. The proximate and physicochemical composition of the mushrooms at different stages of maturation was determined. The application of microbial transglutaminase (TGase) enzyme with formulation enrichment was studied. An experimental design, Plackett & Burman (PB), was conducted with 20 treatments and 3 central points. The independent variables were: β -Glucanase (β -G) concentration (X_1); β -Glucanase action time (X_2); TGase concentration (X_3); TGase action time (X_4); Isolated Soy Protein - PIS (X_5); Sifted whole oat flour - FA (X_6); Glutamine - Gt (X_7); Monosodium glutamate - GM (X_8); Acacia gum - GA (X_9); Cassava starch - FM (X_{10}); Coconut oil - OC (X_{11}); Soybean oil - OS (X_{12}); Sodium tripolyphosphate - TS (X_{13}); and β -Glucanase inactivation time (X_{14}). The dependent variables were: hardness (Y_1), elasticity (Y_2), cohesiveness (Y_3), gumminess (Y_4), chewiness (Y_5), resilience (Y_6), color parameters L^* (Y_7), a^* (Y_8), and b^* (Y_9), aw (Y_{10}), pH (Y_{11}), and density (Y_{12}). Statistical analyses were conducted using Statistica 8.0 software (Statsoft®). The best trials were 6, 17, and the central point (CP), which closely approached the texture parameters of tilapia fillet for hardness, chewiness, and chewability. Sensory analysis was performed on the three treatments using affective tests applying unstructured hedonic scales and CATA (check-all-that-apply) to determine how closely the prototypes resembled or differed from animal fish fillets. The responses were analyzed through ANOVA and Tukey's test at a significance level of 5%. It was found that formulations containing 2.5 % and 5 % FA and PIS (5 %, 7.5 %, and 10 %) had the best responses regarding texture and color when compared to tilapia fillets. FA (Formulation A) showed a positive effect on the responses: hardness, cohesiveness, chewiness, and resilience. On the other hand, the FM (Formulation B) variable had a negative effect on all texture responses. Regarding sensory analysis, only trial 17 (1 % FM, 5 % FA, 5 % PIS, 0.1 % TGase (5 °C/240 min), 1 % coconut oil, 1 % soybean oil, 0.2 % sodium tripolyphosphate, 0.6 % β -G (80 °C/10 min), and without β -G inactivation) was indicated by the panelists as having some resemblance, evoking fish in aspects such as appearance, aroma, texture, and overall impression, with a confidence level of 95%. It is concluded that it is possible to create a mushroom-based fish fillet analog using enzymatic treatment with TGase.

Keywords: *P. ostreatus*. Transglutaminase. Plant-based analogs. Sensory analysis. Texture. Bleaching.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Cogumelo <i>P. ostreatus</i> produzido pelo Cogumelo do Japinha	17
Figura 2. Organização anatômica do músculo esquelético do peixe	24
Figura 3. Parede celular do cogumelo.	34
Figura 4. Mecanismo de ação da Transglutaminase	36
Figura 5. Reações catalisadas por transglutaminase	36
Figura 6. Fluxograma de processamento de análogo de filé de peixe	53
Figura 7. Variação da atividade da PPO no píleo e no estipe do cogumelo <i>P. ostreatus</i> com o tempo de exposição à luz UV	64
Figura 8. Variação da atividade da POD no píleo e no estipe do cogumelo <i>P. ostreatus</i> com o tempo de exposição à luz UV	64
Figura 9. Protótipos de análogo de filé de peixe fritos.	66
Figura 10. Resultado da análise de <i>E. coli</i>	77
Figura 11. Gráficos com a porcentagem dos atributos marcados na avaliação CATA 80	

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Comparação da composição centesimal do cogumelo in natura integral <i>Pleurotus ostreatus</i> e de filé de tilápia fresca.....	18
Tabela 2. Comparação do perfil de aminoácidos entre <i>P. ostreatus</i> e tilápia.....	19
Tabela 3. Perfil lipídico de peixes, cogumelo e óleos vegetais.	22
Tabela 4. Relação de valores codificados e reais das variáveis independentes do planejamento experimental Plackett-Burman 20.....	54
Tabela 5. Matriz de valores do PB20.....	55
Tabela 6. Valores de composição centesimal e físico-químicas do <i>P. ostreatus</i> shimeji e hiratake.....	58
Tabela 7. Resultados de Atividade enzimática da PPO e POD para os tratamentos de pílco e estipe com irradiação com luz UV.....	63
Tabela 8. Respostas do PB20 obtidas do protótipo do análogo de filé de peixe cru comparado com parâmetros de tilápia crua	67
Tabela 9. Respostas do PB20 obtidas do protótipo do análogo de filé de peixe frito comparado com parâmetros de tilápia frita	68
Tabela 10. Efeitos das variáveis independentes sobre as respostas de textura e físico-químicas.....	73
Tabela 11. Teor dos ingredientes e tempos das amostras usadas na análise sensorial ..	77
Tabela 12. Resultados da análise sensorial afetiva	78
Tabela 13. Tabela nutricional dos tratamentos análogos a filé de peixe.	83

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

3D	Tridimensional
AL	Ácido linoleico
AAL	Alfa-linolênico
Aw	Atividade de água
β-G	β-Glucanase
BPF	Boas práticas de fabricação
BS	Base úmida
BU	Base úmida
CAAE	Certificado de Apresentação de Apreciação Ética
CATA	Check-All-That-Apply
CRA	Capacidade de retenção de água
DHA	Docosaenoico
EPA	Eicosapentaenoico
FA	Farinha de aveia
FM	Fécula de mandioca
GA	Goma acácia
GEO	Geosmina
GM	Glutamato monossódico
GT	Glutamina
H ₂ O ₂	Peróxido de hidrogênio
IPA	Isolado de proteína de arroz
K	Potássio
Mg	Magnésio
MIB	Metilisoborneol
MTGASE	Transglutaminase microbiana
Na	Sódio
OS	Óleo de soja
OC	Óleo de coco
P	Fósforo
PB20	Plackett & Burman 20
PC	Ponto central
PIS	Proteína isolada de soja
PPO	Polifenol oxidase
POD	Peroxidase
PTS	Proteína texturizada de soja
S	Enxofre
TGASE	Transglutaminase
TPA	Texture profile analysis
TS	Tripolifosfato de sódio
UE	Unidade enzimática
UV	Ultravioleta

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO.....	13
2.	REFERENCIAL TEÓRICO.....	14
2.1.	Alimentos análogos à proteína animal.....	14
2.2.	<i>Pleurotus spp</i>	15
2.3.	Características físico-químicas e sensoriais de cogumelo e filé de peixe	17
2.3.1.	Composição centesimal.....	17
2.3.2.	Atividade enzimática e compostos aromáticos dos cogumelos.....	26
2.4.	Pré-tratamento	29
2.4.1.	Branqueamento.....	29
2.4.2.	<i>Sous vide</i>	30
2.5.	Processamento de cogumelo para análogos cárneos	31
2.5.1.	β -Glucanase.....	33
2.5.2.	Transglutaminase.....	35
2.5.3.	Outros ingredientes.....	39
2.6.	Análise Sensorial.....	43
2.6.1.	Perfil de Textura.....	46
3.	METODOLOGIA.....	47
3.1.	Composição Centesimal e parâmetros físico-químicos.....	48
3.2.	Atividade Enzimática	49
3.2.1.	Preparo do extrato enzimático de cogumelo.....	49
3.2.2.	Polifenol oxidase (PPO).....	50
3.2.3.	Peroxidase (POD).....	50
3.3.	Pré-Tratamento.....	50
3.3.1.	Avaliação da influência de luz ultravioleta (UV) na inativação enzimática de <i>P. ostreatus</i>	

	12
3.3.2. Tratamento térmico com uso de β -Glucanase e <i>sous vide</i>	51
3.4. Matérias-primas, insumos e coadjuvantes.....	51
3.5. Elaboração de análogos de filé de peixe.....	51
3.6. Análise de textura e cor instrumental do análogo de filé de peixe.....	56
3.6.1. Textura instrumental.....	56
3.6.2. Medição de cor.....	56
3.7. Análise sensorial.....	56
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	58
4.1. Composição centesimal.....	58
4.2. Avaliação da influência de luz ultravioleta (UV) na inativação atividade enzimática de <i>P. ostreatus</i> 62	
4.3. Delineamento experimental PB20 para formulação e processamento de análogo à filé de peixe à base de cogumelos.....	66
4.4. Análise dos efeitos das variáveis no PB20 para desenvolvimento de filés análogos dos à peixe a base de cogumelos.....	72
4.5. Análise sensorial.....	76
5. CONCLUSÃO.....	84
6. SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS.....	85
REFERÊNCIAS.....	87
ANEXOS.....	111

1. INTRODUÇÃO

Uma das principais tendências do consumidor contemporâneo, em âmbito global, é a preocupação com o bem-estar. No Brasil, as opções alimentares dos indivíduos também têm passado por transformações nos últimos tempos. Pesquisa elaborada pelo The Good Food Institute Brasil (GFI) revela que 67 % dos brasileiros reduziram seu consumo de carne (de boi, porco, aves e peixes) nos últimos 12 meses, registrando um notável incremento de 17 pontos percentuais em relação ao ano de 2020 (GFI, 2020).

A pesquisa ressalta o que tem sido observado em estudos prévios: a percepção de que os indivíduos no Brasil estão cada vez mais preocupados com sua saúde. Fatores como o aumento do preço da carne têm motivado 45 % dos brasileiros a reduzirem seu consumo, enquanto para outros 36 %, essa redução é motivada por questões relacionadas à saúde, tais como melhoria da digestão, redução do colesterol ou perda de peso. Quando combinadas com preocupações com os animais, o meio ambiente, influência familiar, motivos religiosos e espirituais, verifica-se que essas questões motivaram mais da metade (52 %) dos brasileiros a reduzirem o consumo de carne em 2022 por escolha própria. Esse novo hábito é conhecido como flexitarianismo. Trata-se de uma dieta adotada para aprimorar a densidade de nutrientes e reduzir o impacto ambiental, embora ainda seja possível consumir carne ocasionalmente (GFI, 2022).

Com o crescimento da procura, diversas opções similares às proteínas de origem animal estão sendo elaboradas para impulsionar a inovação nesse setor, sendo uma das principais motivações a ampla diversidade de produtos e sabores. Essas representam alguns dos principais obstáculos enfrentados pela indústria alimentícia, que busca desenvolver produtos comparáveis aos de proteína animal por meio da utilização de ingredientes derivados de vegetais (GFI, 2020).

Numerosas investigações têm sido realizadas com diversas leguminosas e outros vegetais. Uma das opções de ingredientes para a formulação de produtos similares aos de proteína animal são os cogumelos comestíveis, que muitos pesquisadores consideram como alimentos nutracêuticos ou funcionais fisiológicos. Ademais, os produtores de cogumelos no Brasil têm buscado técnicas mais eficientes e introduzido novas espécies (FURLANI; GODOY, 2005). No processo de cultivo de cogumelos, uma considerável quantidade de subprodutos é gerada, ocasionando um alto impacto ambiental e custos significativos para a gestão da indústria. Esses subprodutos englobam cogumelos que não atendem aos padrões comerciais em termos de dimensões, como forma ou tamanho (LIM; LEE; KANG, 2013). Uma possibilidade

consiste em utilizar os cogumelos que não se adequam aos padrões comerciais como fontes proteicas alternativas de alta qualidade, promovendo uma abordagem mais sustentável e agregando valor ao produto (GONZALEZ et al., 2020).

O objetivo deste trabalho foi desenvolver filés análogos a peixe a partir de cogumelos da espécie de *Pleurotus ostreatus*; empregando uma formulação contendo óleos e/ou gorduras vegetais, gomas, e utilizando o método enzimático com transglutaminase (TGase) e β -glucanase para promover a adesão do produto processado.

Os objetivos específicos foram:

- Avaliar o uso da TGase e β -glucanase no processo de desenvolvimento de análogo de filé de peixe
- Estudar a inibição do escurecimento enzimático com luz Ultravioleta (UV)
- Avaliar sensorialmente os protótipos

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Alimentos análogos à proteína animal

Diversas fontes de proteína de origem vegetal são atualmente utilizadas como matérias-primas para a produção de substitutos de carne, tais como linguiça vegana cozida, patês veganos ou produtos semelhantes à carne moída (STEPHAN et al., 2018). Os análogos de carne são particularmente adequados para a incorporação de proteínas vegetais na alimentação humana. O impulso subjacente é a utilização de uma variedade mais ampla de proteínas como fonte alimentar (KUMAR et al., 2017). Além das considerações nutricionais, os análogos de carne também são interessantes do ponto de vista comercial como de saúde, considerações ambientais, razões religiosas e bem-estar animal.

McClements (2023), descreveu uma variedade de métodos de processamentos sendo usados na tentativa de replicar a experiência de cozinhar e comer produtos de origem animal usando ingredientes à base de plantas como análogos proteicos. Os exemplos incluem extrusão - um dos métodos mais comuns - e dispositivos giratórios, bem como tecnologias mais recentes, como células de cisalhamento. As impressoras tridimensionais (3D) também estão sendo cada vez mais usadas para processamento de alimentos, mas apenas em pequena escala. McClements (2023) observou que os processos complicados que ocorrem nessas várias máquinas não são

totalmente compreendidos e justificam mais pesquisas. Na extrusão, por exemplo, uma mistura complexa de diferentes tipos de moléculas é pressurizada, cisalhada e aquecida, o que altera suas estruturas, localizações e interações, levando à formação de texturas semelhantes à carne.

Um análogo de carne ideal deve ser um alimento sustentável, acessível e econômico, contendo todos os nutrientes essenciais. A comunidade científica dedicada à pesquisa alimentar está atualmente investigando três principais substitutos de carne: carne vegetal (produzida principalmente a partir de proteínas vegetais utilizando técnicas de estruturação mecânica), carne à base de cogumelos, obtida por fermentação de biomassa à partir de fungos filamentosos e carne cultivada utilizando engenharia de tecidos animais (JOSHI; KUMAR, 2015). Há um aumento no interesse por análogos de carne desenvolvidos a partir de proteínas não animais mais ecológicos, no entanto, muitos substitutos de carne à base de plantas estão disponíveis nos supermercados, enquanto apenas algumas alternativas de carne à base de cogumelos foram lançadas, por exemplo, produtos Quorn (UNITED NATION, 2019).

No geral, há uma falta preocupante de pesquisa sobre a aceitação do consumidor de substitutos de carne à base de plantas fora do Ocidente e pouca pesquisa foi realizada sobre como motivar as pessoas a reduzir seu comportamento de consumo de carne. A melhoria na adoção do consumidor pode ser crucial, uma vez que o sucesso de novas tecnologias alimentares depende fortemente da adoção do consumidor ao longo do tempo (SZENDERÁK.; FRÓNA; RÁKOS, 2022).

2.2. *Pleurotus spp*

Cogumelos comestíveis são definidos como os corpos de frutificação de macrofungos cuja ingestão é segura e adequada para o consumo humano (LI et al., 2020). Estão distribuídos em florestas tropicais e subtropicais, mas também são cultivados artificialmente, com destaque para o gênero *Pleurotus* (NIEGO et al., 2021) que apresenta mais de 100 espécies no mundo, das quais 25 são cultivadas. *Pleurotus sp.*, bem como todos os cogumelos, não possuem clorofila e desta forma são completamente dependentes do substrato de cultivo para o seu desenvolvimento. Os cogumelos em si são chamados de carpóforo (corpo de frutificação) e a parte com a qual o cogumelo desenvolve-se sobre substratos é chamada de micélio (estrutura vegetativa) (SILVA, 2016). Existem diversos tipos de *Pleurotus sp.* cultivados comercialmente e para fins experimentais devido ao sistema de cultivo relativamente simples, rápido e de baixo custo, incluindo *P. eryngii*, *P. pulmonarius*, *P. sajor-caju*, *P. cystidiosus*, e *P. cornucopiae*, *P.*

djamor e *P. ostreatus*, (ZHANG et al., 2018), sendo o último de maior interesse para este estudo (Figura 1).

Segundo Dias (2010), são cultivadas no Brasil preferencialmente duas cepas de *Pleurotus ostreatus*. A primeira linhagem produz cogumelos cinzentos, denominado comumente como “shimeji-preto”. A segunda produz cogumelos brancos conhecidos como “hiratake”, quando esses cogumelos são colhidos em um estado mais desenvolvido, ou “shimeji-branco” quando colhidos no estágio de primórdio. Essa espécie se caracteriza pela necessidade de um ambiente com temperaturas geralmente em torno de 20 °C para frutificação, necessitando assim que seu cultivo ocorra nas estações mais frias do ano ou em ambientes com temperatura controlada para produção contínua. Por apresentarem crescimento rápido, dependendo do momento da colheita dos cogumelos, o produtor poderá colher shimeji ou hiratake da mesma unidade de produção (STEFFEN et. al, 2020).

A espécie *P. ostreatus*, possui um píleo (chapéu) convexo, eventualmente plano, sua coloração varia entre marrom, branco e cinza, de acordo com a luminosidade e temperatura do cultivo; a massa do corpo é fina e branca, sendo a margem ocasionalmente ondulada. O estipe (haste) é central, basídio cilíndrico-clavado. No processo de cultivo, o desenvolvimento do píleo e estipe do corpo de frutificação depende principalmente das condições ambientais, por exemplo, alta ventilação e baixa concentração de dióxido de carbono podem estimular o primórdio a se diferenciar em direção ao píleo e inibir o crescimento do estipe. No entanto, durante a produção, a alta ventilação pode reduzir a umidade do ambiente e reduzir a taxa de crescimento, resultando no fenótipo rachado (ZHU et. al, 2019).

P. ostreatus se destaca por suas propriedades terapêuticas, como atividades anti-inflamatória, antimicrobiana, antiviral, antitumoral, antioxidante, antimutagênica, cardioprotetora, antidiabética, imunomoduladora, entre outras (LLAURADÓ-MAURY et al., 2021). Esses efeitos são atribuídos à presença de compostos biologicamente ativos, como polissacarídeos, peptídeos, proteínas, glicoproteínas, polifenóis, nucleotídeos, triterpenóides, lectinas, lipídios e outros compostos complexos. Em particular, as propriedades antioxidantes de *P. ostreatus* foram bem documentadas tanto no micélio quanto nos corpos de frutificação em diferentes estágios de maturação (BELTRÁN et al., 2021).

Figura 1. Cogumelo *P. ostreatus* produzido pelo Cogumelo do Japinha



Fonte: Acervo pessoal do Dr. Emerson T. Martos e Dra. Karina Heck, 2021.

2.3. Características físico-químicas e sensoriais de cogumelo e filé de peixe

2.3.1. Composição centesimal

A composição centesimal pode variar com as fases da vida dos peixes e também é influenciada por fatores endógenos como genética, tamanho e sexo, além de fatores exógenos como composição da ração, frequência alimentar e ambiente (SHEARER, 1994). Em relação às suas características nutricionais do cogumelo, elas são muito variáveis devido a linhagem, substrato, condições ambientais e pós-colheita (EIRA, 2010). Na Tabela 1 são apresentadas as composições centesimais de filé de tilápia e cogumelo.

P. ostreatus é um cogumelo procurado e consumido pelo seu sabor umami característico. Os cogumelos *in natura* são produtos altamente perecíveis. Sofrem escurecimento rápido, causando a depreciação do produto. Processamentos com finalidade de reduzir a umidade do produto proporcionam aumento de vida útil. Além disto, apresenta ótimas características nutricionais: baixo teor de lipídios e médio a baixo teor de proteínas, quando comparado com leguminosas e alimentos de origem animal e vitaminas do grupo A, C e E, complexo B, além de minerais, como magnésio, fósforo, zinco e cálcio (FURLANI; GODOY, 2005). Estudos científicos têm mostrado que os cogumelos comestíveis fornecem proteína de alta qualidade que pode ser produzida com maior eficiência biológica que a proteína animal. São ricos em proteínas, fibras, carboidratos, vitaminas, aminoácidos essenciais e não essenciais, além de minerais, como cálcio, potássio, iodo e fósforo, representando uma ótima alternativa de nutrição e apresentam baixo teor de gordura total (CARVALHO et al, 2014).

Tabela 1. Comparação da composição centesimal do cogumelo in natura integral *Pleurotus ostreatus* e de filé de tilápia fresca

	Composição centesimal	<i>P. ostreatus</i> [1]	Tilápia [2]	
	Umidade (%)	90,65	77,13	70,84
	Cinzas (% b.s.)	6,99	1,09	3,41
	Lipídios (% b.s.)	1,40	2,60	8,06
	Proteínas (% b.s.)	22,54	19,36	19,20
	Carboidratos (% b.s.)	69,07	-	-
	Fibras totais (% b.s.)	46,62	-	-
Fibras	Solúveis (% b.s.)	6,51	-	-
	Insolúveis (% b.s.)	40,11	-	-
	Glucanas (mg.g b.s.-1)	13,19	-	-
Macro	Potássio (mg/100 g b.s.)	3060	-	-
	Fósforo (mg/100 g b.s.)	699	-	-
Micro	Zinco (mg/100 g b.s.)	10,05	-	-
	Ferro (mg/100 g b.s.)	17,40	-	-

Legenda: b.s.: em base seca. Macro = macro-nutrientes; Micro = micro-nutrientes

Fonte: [1] BACH et al., 2017; [2] Simões et al. 2007

Na natureza existem cerca de 200 aminoácidos, mas apenas 20 são metabolizados pelo organismo humano. Os aminoácidos essenciais são aqueles que devem ser obtidos por meio da alimentação, devido ao fato de o organismo humano não ser capaz de sintetizá-los. Dentre os aminoácidos essenciais, se incluem os três aminoácidos de cadeia ramificada, ou seja, leucina, valina e isoleucina. Esses aminoácidos participam da regulação do balanço proteico corporal além de serem fonte de nitrogênio para a síntese de alanina e glutamina. Os aminoácidos essenciais são: triptofano, valina, fenilalanina, treonina, lisina, isoleucina, leucina, metionina e a histidina. E os aminoácidos não essenciais são 11: alanina, arginina, asparagina, ácido aspártico, ácido glutâmico, cisteína, glutamina, glicina, prolina, serina e tirosina.

A proteína é um componente importante dos cogumelos e depende do substrato, tamanho dos micélios, época de colheita e espécie do cogumelo. A proteína do cogumelo

contém quase todos os aminoácidos não-essenciais (produzidos no metabolismo), porém o nível de alguns deles é insuficiente (Tabela 2). Em geral, o perfil de aminoácidos do *P. ostreatus* se assemelha ao de outros cogumelos comestíveis. Aminoácidos essenciais encontrados em quantidades significativas em *P. ostreatus* incluem lisina, leucina, isoleucina, valina, fenilalanina, treonina, metionina e triptofano. Além dos aminoácidos essenciais, também contém vários aminoácidos não essenciais, como alanina, arginina, ácido aspártico, cisteína, glicina, histidina, prolina, serina e tirosina. (CHIRINANG; INTARAPICHET, 2009).

Tabela 2. Comparação do perfil de aminoácidos entre *P. ostreatus* e tilápia.

Aminoácidos	<i>P. ostreatus</i>	Tilápia
	[1]	[2] e [3]
Alanina (n.e)	1,90	43,1
Ácido Aspártico (n.e)	2,04	-
Ácido Glutâmico (n.e)	5,01	43,1
Arginina (n.e)	3,26	6,71
Asparagina (n.e)	-	-
Fenilalanina	0,73	4,76
Glicina (n.e)	0,83	43,1
Glutamina (n.e)	-	15,0
Histidina	0,55	3,15
Isoleucina	0,62	6,1
Leucina	1,13	4,18
Lisina	0,71	13,34
Metionina	0,28	3,48
Ornitina	-	-
Prolina (n.e)	0,29	-
Serina (n.e)	1,09	-
Tirosina (n.e)	0,57	-
Treonina	1,01	8,55
Triptofano	0,15	2,09
Valina	0,91	4,72

Legenda: Valores em mg/g em base seca. n.e = não essencial;

Fonte: [1] Referência Chirinang; Intarapichet (2009) mg/g; [2] Referência Rodrigues et al. (2020) mg/g; [3] Referência Prabu et al. (2021) mg/g

Além disso, o perfil de aminoácidos livres do cogumelo pode afetar suas propriedades sensoriais. Por exemplo, os ácidos aspártico e glutâmico são umami, semelhante ao glutamato monossódico. Alguns aminoácidos conferem um sabor doce como alanina, glicina, prolina, serina e treonina, enquanto outros são considerados aminoácidos amargos, entre eles arginina, histidina, isoleucina, leucina, metionina, fenilalanina e valina. Lisina e tirosina são aminoácidos insípidos (ROTOLA-PUKKILA; YANG; HOPIA, 2019).

Jaworska e Bernas (2011), compara o conteúdo de constituintes químicos básicos, bem como aminoácidos em cogumelos *P. ostreatus* e *Agaricus bisporus* congelados após 8 meses de armazenamento. O material investigado consistiu de cogumelos congelados *P. ostreatus* e *A. bisporus* tendo sido embebidos e branqueados em uma solução de ácido cítrico 0,5 %, ácido láctico 0,5 % e ácido L-ascórbico 0,1 % antes do congelamento. Em comparação com *A. bisporus* congelado, *P. ostreatus* congelado, em ambas as espécies, a glutamina foi o aminoácido endógeno mais abundante (12-19 % do total de aminoácidos) e a lisina o aminoácido exógeno mais abundante (6-7 %). Esses dois aminoácidos são de interesse para este trabalho devido ao uso da enzima de reticulação transglutaminase microbiana que age como uma “cola alimentar”.

Os açúcares redutores de cogumelos estão sujeitos à reação de Maillard e diminuem a lisina, metionina e triptofano assimiláveis (Vioque et al., 2001). Os polissacarídeos encontrados nos basidiomas e micélios apresentam-se como glucanos, que, por sua vez, são polissacarídeos compostos por unidades de glicose e se diferem por suas ligações, pois quando se trata de α -glucano, este é composto por amido e faz reserva energética, enquanto que os β -glucanos possuem funções estruturais (BROWN; GORDON, 2003) sendo esses, o de interesse neste trabalho. Dentre os diferentes polissacarídeos bioativos, o β -glucano é um dos mais importantes como composto funcional em cogumelos (SILVA, SULAIMAN, 2019). Os β -glucanos são polímeros de cadeia longa de unidades de glicose ligados por ligações glicosídicas do tipo α - (alfa) e β - (beta) presentes na parede celular de cogumelos. Podem formar ligações do tipo β (1 \rightarrow 3), β (1 \rightarrow 4) e (1 \rightarrow 6). Na indústria de alimentos, os β -glucanos são normalmente usados para preparar sopas, molhos, bebidas e outros produtos alimentícios, onde serve como emulsificante, agente estabilizador e agente espessante (WORRASINCHAI et al., 2006). Os β -glucanos do cogumelo também são considerados uma fonte potencial de prebióticos uma vez que não são digeridos no trato gastrointestinal humano, onde as enzimas secretadas pelas células epiteliais da borda em escova não são capazes de hidrolisar as ligações β -glicosídicas. Segundo Manzi e Pizzoferrato (2000), 100 g de matéria fresca de *P. ostreatus* contém cerca de 139 mg

de β -glucanas. Maity et al. (2019) determinaram o β -glucano insolúvel em água do *P. djamor* através do método analítico que consiste em hidrólises enzimáticas e químicas. O glucano obtido teve massa molecular aproximada de $9,16 \times 10^4$ Da e consiste em uma porção do tipo (1 \rightarrow 3) - β -d-glucopiranosil. Os constituintes monossacarídeos presentes no β -glucano foram determinados pelo estudo de hidrólise ácida total. Verificou-se que apenas a glicose estava presente na configuração D-.

Há estudos em que essa fibra foi usada para substituir farinhas para melhorar a qualidade de massas sem glúten. Heo, Jeon e Lee (2014), avaliaram os efeitos do β -glucano nas propriedades reológicas e mecânicas do macarrão de arroz sem glúten com pó de cogumelo *Lentinus edodes* enriquecido com β -glucano. Foi observado que ocorreu maior índice de absorção de água e poder de expansão à temperatura ambiente, maior extensibilidade e firmeza do macarrão. Kim, S. et al. (2016), utilizaram frações ricas em β -glucano produzidas a partir do cogumelo *Pleurotus eryngii* e a massa foi preparada a partir de farinha de sêmola e farinha de trigo comum. A massa contendo 6 % de β -glucano apresentou uma microestrutura semelhante à da massa de sêmola em relação a dureza.

Os lipídios são importantes componentes da dieta e fornecem de maneira eficiente energia e ácidos graxos essenciais, no entanto, dietas com altos teores de lipídio podem influenciar o metabolismo animal e a composição da carcaça, com acúmulo indesejável de gordura. Os ácidos graxos essenciais são assim denominados por não serem biossintetizados por animais, inclusive o ser humano e devem ser ingeridos na dieta alimentar. São representados pelos ácidos linoleico (AL, 18:2n-6) e alfa-linolênico (AAL, 18:3n-3), sendo as duas famílias de ácidos graxos poliinsaturados. O ácido α -linolênico é o bioprecursor da família ômega 3. As biorreações de alongamento da cadeia de carbono e desidrogenação geram os ácidos eicosapentaenóico (EPA) e docosahexaenóico (DHA). Atualmente, os alimentos que aparecem como fontes expressivas de ácidos graxos da família ômega 3, com maior número de insaturações (EPA e DHA) são os peixes e crustáceos.

São uns dos componentes menos estudados de *P. ostreatus*, uma vez que seu conteúdo total é encontrado em baixos teores. Em comparação com os produtos de origem animal, os componentes lipídicos dos cogumelos contêm principalmente ácidos graxos mono e poliinsaturados. Os lipídios residuais podem ser oxidados levando à rancidez, ou quando associados a proteínas podem causar problemas de espessamento durante o processamento e armazenamento dos alimentos (VIOQUE et al., 2001). Embora a quantidade de substâncias lipofílicas nos cogumelos seja relativamente baixa, o estudo dessas substâncias é especialmente

importante, pois são compostas principalmente por ácidos graxos essenciais. (PISKOV et al., 2022). Dependendo da proporção de ácidos graxos insaturados, os cogumelos podem ser usados para dietas vegetarianas e veganas restritivas (PELLEGRINO et al., 2022).

Bach et al. (2017), avaliaram os principais constituintes químicos e bioquímicos de nove cogumelos comestíveis dentre eles o *P. ostreatus* e *P. djamor*. Os cogumelos avaliados podem ser considerados como uma fonte potencial e alternativa de fibra alimentar com baixo teor de gordura.

Tabela 3. Perfil lipídico de peixes, cogumelo e óleos vegetais.

		Tilápia [1]	Cachara [1]	Pintado [1]	Pacu [1]	Dourado [1]	<i>P.</i> <i>ostreatus</i> [2]	Óleo de coco [3]	Óleo de linhaça [3]	Óleo de soja [3]
Ácido butírico	C4:0	0,14	-	-	-	-	0,06	-	-	-
Ácido capríco	C6:0	-	-	-	-	-	0,07	-	-	-
Ácido caprílico	C8:0	-	-	-	-	-	0,21	6,69	ND	ND
Ácido cáprico	C10:0	-	-	-	-	-	1,36	5,50	ND	ND
Ácido láurico	C12:0	0,25	ND	ND	0,46	0,01	0,21	47,94	ND	ND
Ácido mirístico	C14:0	1,78	0,16	0,03	1,02	0,06	0,66	20,64	ND	ND
Ácido miristoléico	C14:1	0,2	0,08	0,02	0,01	0,01	0,03	8,70	6,61	-
Ácido palmítico	C16:0	25,92	1,93	0,48	3,56	0,39	12,4	-	-	14,50
Ácido palmitoleico	C16:1	6,21	0,50	0,13	0,94	0,14	0,46	-	-	-
Ácido heptadecanóico	C17:0	-	0,17	0,03	0,11	0,01	0,21	-	-	-
Ácido esteárico	C18:0	7,24	0,76	0,20	1,75	0,14	3,71	3,76	6,59	5,20
Ácido oleico	C18:1 ω-9	28,56	2,30	0,54	6,64	0,37	10,36	5,54	21,61	25,40
Ácido linoleico	C18:2 ω-6	15,29	0,53	0,11	0,47	0,11	65,29	0,87	14,47	51,90
Ácido α-linolênico	C18:3 ω-3	0,84	0,41	0,05	0,13	0,06	0,03	0,00	50,72	3,00
Ácido araquídico	C20:0	-	0,04	0,01	0,02	0,01	0,13	-	-	ND
Ácido eicosenóico	C20:1	1,4	0,15	0,05	0,24	0,03	0,11	-	-	-
Ácido araquidônico	C20:4	0,96	0,20	0,08	0,26	0,05	0,02	-	-	-
Ácido eicosapentaenóico - EPA	C20:5	0,24	0,06	0,03	0,02	0,02	ND	-	-	-
Ácido beênico	C22:0	-	0,03	0,01	ND	ND	0,11	-	-	ND
Ácido erúico	C22:1 ω-9	0,14	0,18	ND	ND	ND	0,24	-	-	ND
Ácido docosahexaenóico - DHA	C22:6	1,73	0,16	0,13	0,06	0,06	0,48	-	-	-
Lipídios totais		0,59	10,03	3,30	19,83	2,64	0,15	-	-	-

Legenda: valores expressos em g.100 g⁻¹

Fonte: [1] Vila-Nova; Godoy; Aldrigue (2005); [2] Bach et al. (2017); [3] VIOQUE et al., 2001

Segundo Vila-Nova; Godoy; Aldrigue (2005) os peixes têm demonstrado uma boa qualidade nutricional de seus lipídios, por meio da presença significativa de ácidos graxos das

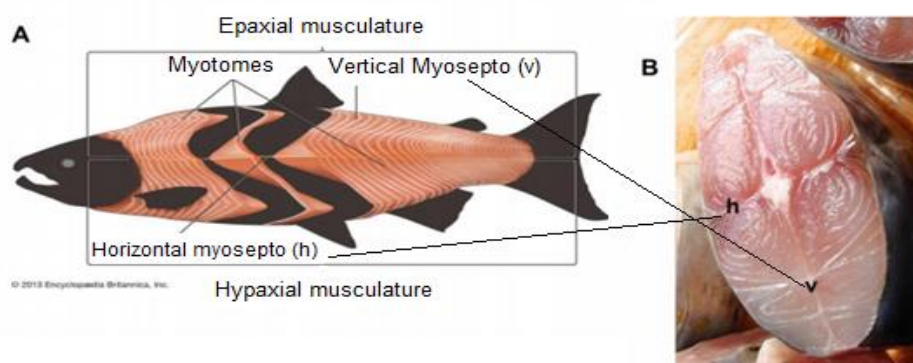
séries n-3 (ômega 3) e n-6 (ômega 6) que exercem importantes funções no corpo humano, além de quantidades pequenas de colesterol, fatores estes, que têm estimulado o consumo de peixes tanto de água doce como salgada (Tabela 3). Os valores de lipídios podem variar de acordo com a salinidade da água, o gasto energético e metabólico consumido pelo peixe para alcançar seu equilíbrio osmótico (VILA-NOVA; GODOY; ALDRIGUE, 2005).

Os filés de tilápia do Nilo apresentam excelentes características sensoriais, proteínas de alto valor biológico e frações lipídicas com ácidos graxos poliinsaturados benéficos à saúde humana (SARY et al., 2019). Os peixes contêm nutrientes altamente considerados, como ácidos graxos poliinsaturados n-3 de cadeia longa (LCn3), especificamente, EPA (20:5n-3) e DHA (22:6n-3). Por apresentarem alto teor de ácidos graxos poliinsaturados, os filés de tilápia apresentam intensa oxidação lipídica, que leva à formação de peróxidos, hidroperóxidos, hidrocarbonetos voláteis, álcoois, aldeídos e cetonas, que causam sabor e cheiro desagradáveis, deterioração do filé e redução da qualidade e aceitabilidade (HERNÁNDEZ et al., 2015). Chu, O'keefe e Kuhn (2021) avaliaram a qualidade lipídica e composição de ácidos graxos de filés de tilápia disponíveis em supermercados americanos. Para filés de origem chinesa, sudeste asiático, sul, centro e norte americana, os teores totais de lipídios foram 1,9; 2,9; 2,1; 2,7 e 1,1 g/100 g de filé em base úmida. As proporções totais n-6: n-3 foram 4,9, 4,3, 5,3, 6,6 e 1,3, os níveis de ácido docosahexaenóico foram de 26,0, 28,3, 29,3, 18,5 e 87,8 mg/g de óleo. O banco de dados de composição de alimentos do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 2015) define os filés de tilápia crua como contendo 1,70 % (p/p) de lipídios.

A carne de peixe é uma fonte de proteínas rica em aminoácidos essenciais. As diferenças no conteúdo de proteína podem ser resultado de diferentes técnicas de alimentação, já que Ali, Hossain e Mazid (2005) descobriram que peixes alimentados com rações com baixo teor de proteína tinham menor taxa de crescimento e conteúdo de proteína do que peixes alimentados com rações com alto teor de proteína ou a mistura de rações com alto teor de proteína e baixo teor de proteína. Alternativamente, o menor teor de proteína pode ser resultado de algum tratamento adicional de filés congelados para aumentar sua capacidade de retenção de água. Isso aumentaria o teor de água nos filés, reduzindo assim a porcentagem de proteína (LOPKULKIAERT; PRAPATSORNWATTANA; RUNGSARDTHONG, 2009). Levando em consideração o valor nutricional da proteína, Kulawik et al. (2016) detectaram que os filés congelados de tilápia apresentam maiores teores de treonina, leucina, histidina e lisina quando comparados à composição de aminoácidos do ovo de galinha (KULAWIK et al., 2016).

O filé de peixe consiste em unidades organizadas em série, chamadas miótomos. Os miótomos são separados entre si por uma fina camada de tecido conjuntivo, composta principalmente por colágeno, que é denominado miosepto, que é responsável por transmitir a contração da fibra muscular dos miótomos para o esqueleto axial e nadadeira caudal, possibilitando a movimento de peixes (FARIAS, 2011). Os miótomos são constituídos por uma região mais superficial em forma de cunha, localizada abaixo da linha lateral do peixe. Nesta região, as fibras musculares correm paralelas ao eixo do corpo. Na camada mais profunda dos miótomos, as fibras musculares estão dispostas em hélice, formando ângulos de cerca de 40 ° conforme a Figura 2. A pele do peixe possui duas camadas: a epiderme de origem ectodérmica e a derme de origem mesodérmica. A pele corresponde a 4,5 a 10 % do peso corporal. A pele do peixe é formada por três camadas distintas: epiderme, derme e hipoderme. As células epiteliais da camada germinativa variam entre as espécies. Em termos de composição, a pele dos peixes apresenta em média 66 % de umidade, 30 % de proteínas, 1,90 % de lipídios e 2,10 % de cinzas. A fração proteica é composta por uma proporção maior de fibras de colágeno em comparação com outras proteínas fibrosas (elastina e reticulina). A composição proteica da carne de peixe pode variar em função da espécie, do tamanho, do sexo e da época do ano. A tilápia apresenta requisitos típicos dos peixes preferidos do consumidor, tais como carne branca de textura firme, sabor delicado e fácil filetagem, não tendo espinha em "Y" e nem odor desagradável (SIMÕES et al., 2007).

Figura 2. Organização anatômica do músculo esquelético do peixe



(A) Estrutura dos miômeros e miossomas e músculos epaxiais e hipaxiais. (B) Mioscópico vertical (v) e mioscópico horizontal (h). (Adaptado da Encyclopédia Britânica Online, 2010).

Em relação à textura, os valores de pH podem influenciar diretamente na capacidade de retenção de água (CRA) durante o armazenamento a depender da faixa do pH, variando entre

6,30 e 6,50 (REBOUÇAS et al., 2017). Um estudo conduzido por Bainy et al. (2015) avaliaram as mudanças físicas da tilápia durante estocagem e foi observado que a tilápia cultivada em água salgada apresentou maior força de cisalhamento do que a tilápia cultivada em água doce, em que foi necessária uma maior aplicação de força para o corte. Esse fator está diretamente ligado ao pH, quanto menor o pH mais rígido será a carne, pois com a acidez ocorre a desnaturação das proteínas, diminuindo a capacidade de retenção de água, resultando em uma carne mais rígida.

Dentre as avaliações a serem feitas do pescado, a mais comum refere-se à análise das características sensoriais sendo representativa de sua qualidade. Os principais atributos avaliados para liberação para consumo humano são a cor, o odor e textura muscular, o gosto e aparência julgados de forma subjetiva (OGAWA; MAIA 1999).

As características específicas do ambiente de cultivo, como salinidade, temperatura, oxigênio dissolvido, promovem o surgimento de várias espécies de actinomicetos e cianobactérias sintetizadoras de 2-metilisoborneol (2-MIB) e geosmina (GEO), provenientes de decomposição algal, são compostos que alteram negativamente o sabor e o odor de filés de peixes (REBOUÇAS et al., 2017). Além da GEO e 2-MIB, outros componentes podem causar sabor indesejável como os voláteis compostos por aldeídos, como nonanal e 2,4-octadienal (ambos com sabor vegetal), álcoois, por exemplo, 1-octen-3-ol (odor de cogumelo) e terpenos, por exemplo, L- α -terpineol e farnesol (sabor floral e terroso). Outros terpenos identificados em peixes de água doce são β -ciclocitral (sabor a grama e lenhoso) e β -ionona (sabor lenhoso e floral) (REBOUÇAS et al., 2017).

Normalmente, o peixe fresco tem um odor de água doce ou do mar e nenhum cheiro de peixe desagradável, mas a deterioração leva à exsudação proteolítica da carne de peixe com odor de amônia (GUO et al., 2021). Com o processo de deterioração, o pescado perde suas propriedades sensoriais características desejáveis como: escamas brilhantes bem aderentes à pele e nadadeiras com certa resistência aos movimentos; musculatura firme e de consistência elástica; coloração própria à espécie; vísceras íntegras perfeitamente diferenciadas; musculatura da parede abdominal não deve apresentar autólise; odor específico lembrando o de plantas marinhas; superfície do corpo limpa, com brilho relativo metálico; brânquias róseas ou vermelhas, úmidas e brilhantes (BRASIL, 2011).

Variações no pH podem afetar processos metabólicos e a habilidade de utilização de nutrientes disponíveis pelos fungos. Assim, se o pH não for adequado, mesmo em condições de temperatura e nutrientes apropriadas, o crescimento fúngico pode ser afetado (SÁNCHEZ,

ROYSE, 2001). De modo geral, a faixa ideal de pH para o crescimento e/ou desenvolvimento fúngico varia de 4 a 7. Entretanto, valores baixos de pH (em meio ácido) podem favorecer o desenvolvimento de contaminantes como *Trichoderma sp.* Nesse sentido, para a maioria dos casos, sugere-se que os cultivos sejam realizados em valores de pH variando de 5,5 a 6,0, de modo a inibir o desenvolvimento de fungos concorrentes (LIN, 2004).

A acidez é um importante parâmetro na determinação do estado de conservação de um alimento, podendo variar de acordo com reações de hidrólise, fermentação ou oxidação, os quais alteram os níveis de íons de hidrogênio do meio. A acidez titulável afere a concentração total de acidez em alimentos e tem influência no sabor, cor, estabilidade microbiana e qualidade geral (TYL; SADLER., 2017). Por meio da acidez é possível a construção de uma curva de acidificação para o cogumelo, conhecendo esta curva, torna-se mais precisa a informação de estabilidade da sua composição físico-química e pode se fazer ajustes de tempo de processamento e armazenamento (SUN et al., 2017).

A água presente nos alimentos pode apresentar-se na forma de molécula ou ligada ao substrato. A atividade de água (a_w) é um dos fatores intrínsecos dos alimentos e é uma medida qualitativa que possibilita avaliar a disponibilidade de água que é susceptível a diversas reações, ao passo que o teor de umidade é uma medida meramente quantitativa, medindo o percentual em peso, de toda água presente no alimento (SCOTT, 1957).

Nesses termos, a quantidade de água que não se encontra comprometida com as moléculas constituintes do produto, está disponível para as reações físicas, químicas e biológicas, tornando-se o principal responsável pela deterioração dos alimentos. A diminuição da a_w nos alimentos é utilizada nas indústrias, para a manutenção da qualidade do produto, promovendo o melhor aproveitamento das matérias primas e como parâmetro de controle microbiano (TROLLER, 1987).

2.3.2. Atividade enzimática e compostos aromáticos dos cogumelos

O parâmetro de qualidade mais importante para avaliar a comercialização de cogumelos é a cor do corpo de frutificação que pode ser degradado durante injúria mecânica, armazenamento ou procedimentos de processamento devido à atividade de enzimas como polifenol oxidase (PPO) e peroxidase (POD) além de metabólitos secundários como fenóis e ácido ascórbico (FORTEA et al., 2009; MANJARI e CHANDRA, 2021; TSIKRIKA et al., 2022). A PPO (EC 1.14.18.1) é uma enzima contendo cobre comumente encontrada em

frutas e vegetais frescos, onde está associada a um processo de escurecimento pós-colheita (CHENG; ZHANG; ADHIKARI, 2013). A reação envolve a oxidação de um monofenol e/ou um ortodifenol em seus correspondentes derivados de ortoquinona e é catalisada por PPO (ISMAYA et al., 2011). As o-quinonas podem sofrer polimerização adicional para produzir pigmentos marrons indesejáveis na presença de oxigênio. O escurecimento enzimático está associado a sabores desagradáveis e pode contribuir significativamente para a perda da qualidade nutricional, levando a uma diminuição do valor de mercado dos alimentos e produtos alimentícios. Portanto, a inibição do escurecimento enzimático é um requisito na indústria de alimentos (CHENG et al., 2013). Sapers et al. (1994) estudaram diferentes tratamentos para controlar o escurecimento enzimático em cogumelos processados. Os agentes antiescurecimento mais eficazes foram o ácido cítrico, ácido etilenodiaminotetracético (EDTA), peróxido de hidrogênio (H_2O_2), metabissulfito de sódio e 4-hexilresorcinol. Já a POD (EC 1.11.1.7) é do grupo das oxidoreduases, sendo capaz de catalisar a transferência do hidrogênio de um doador para o H_2O_2 . Um grande número de reações oxidativas em plantas usando peróxido como substrato, ou, em alguns casos, oxigênio como um aceptor de hidrogênio. Em vegetais, a peroxidase induz a mudanças negativas de sabor durante a estocagem. É considerada a enzima vegetal mais estável ao calor e sua inativação tem sido convencionalmente usada como indicador de adequação de branqueamento em processamentos vegetais (ROSSI, LIMA e HAKVOORT, 1997).

Os processos térmicos tendem a ser as técnicas mais comuns empregadas para a inativação de enzimas. No entanto, os tratamentos térmicos podem resultar no desenvolvimento de sabores indesejáveis e na deterioração das propriedades funcionais dos produtos alimentícios, bem como na perda de nutrientes (PEÑA; WELTI-CHANES; MARTÍN-BELLOSO, 2019; SHINWARI & RAO, 2021). O uso de novas tecnologias alimentares para inativação de PPO em alimentos vem aumentando continuamente, com associações de técnicas físico-químicas como ultrassom, cozimento a vácuo (*sous vide*), aditivos, sem a interferência do fogo, por períodos de tempo maiores e temperaturas mais baixas do que os habituais.

O cogumelo possui perfis de sabor exclusivos, como notas frutadas e terrosas devido a uma série de compostos C8 alifáticos (AISALA et al., 2020).

O sabor dos cogumelos resulta de uma grande variedade de compostos voláteis e não voláteis como exemplo os compostos voláteis 1-octeno-3-ol e 1-octeno-3-ona, este segundo, é o principal composto que causa o odor de cogumelo, enquanto os odores identificáveis de diferentes espécies são causados por outros compostos, como produtos de degradação de ácidos

graxos, 3- (metiltio) propanal, terpenóides e compostos N-heterocíclicos (CHO et al., 2007, GROSSHAUSER; SCHIEBERLE, 2013, ZHANG et al., 2018). Tais compostos também são encontrados no processo de deterioração de peixes que ocorre devido a várias alterações microbiológicas, químicas e enzimáticas (PARLAPANI et al., 2014, PARLAPANI et al., 2015). Quanto aos componentes não voláteis, que normalmente medidos por cromatografia líquida, o sabor dos cogumelos é gerado por aminoácidos e nucleotídeos livres, além de vários outros compostos, como ácidos orgânicos, açúcares solúveis e polióis (BELUHAN; RANOGAJEC, 2011).

Os componentes não voláteis do cogumelo são responsáveis pelo sabor, em particular, 5'-nucleotídeos, ácido glutâmico e ácido aspártico são conhecidos por contribuírem com o sabor umami (LI et al., 2014). Várias espécies de cogumelos são descritas como tendo um sabor umami especialmente rico. Umami é a quinta modalidade de sabor originada dos sais de sódio de aminoácidos, principalmente ácido glutâmico e aspártico, ligando-se aos receptores T1R1 + T1R3 (NELSON et al., 2002).

Os aminoácidos são classificados com base em seus sabores puros: tipo umami (ácido glutâmico e ácido aspártico), doce (serina, glicina, treonina, alanina) e amargo (histidina, arginina, tirosina, valina, metionina, triptofano, fenilalanina, isoleucina, leucina) e insípido. No entanto, os aminoácidos geram uma grande variedade de percepções de sabor e podem ser divididos em classes com base na modalidade de sabor que induzem. As propriedades de sabor de alguns aminoácidos são ambíguas, portanto, várias classificações são usadas. Os ácidos orgânicos são geralmente descritos como ácidos, mas também adstringentes. Em contraste, açúcares e polióis são descritos como doces (KAWAI et al., 2012).

Embora uma extensa pesquisa tenha sido conduzida em compostos voláteis e não voláteis de cogumelos, houve apenas alguns estudos correlacionando a composição química com os resultados da análise sensorial. Cho et. al. (2007) realizaram uma análise sensorial descritiva de 15 atributos com um painel treinado, bem como cromatografia-olfatometria gasosa em cogumelos matsutake e correlacionaram esses conjuntos de dados com um modelo multivariado. Phat, Moon e Lee (2016) compararam os conteúdos de compostos do sabor umami em extratos de cogumelos com os resultados coletados por análise sensorial e sistema eletrônico de língua.

Aisala et al. (2020), realizaram testes sensoriais com 84 consumidores que avaliaram a aparência, odor, sabor, textura e gosto geral de amostras de espécies de cogumelos selvagens comestíveis nórdicos. Posteriormente, foram criados modelos multivariados sobre os efeitos de

compostos não voláteis, compostos voláteis que contribuem com odores, atributos sensoriais e preferências hedônicas. Os compostos não voláteis foram medidos com Ressonância Magnética Nuclear (RMN) quantitativa. As cinco espécies de cogumelos estudadas eram diferentes em seus teores de açúcar e ácido. Eles encontraram correlações com atributos sensoriais e componentes químicos, e os modelos multivariados indicaram atributos para cada grupo de consumidores. Os resultados demonstraram que as propriedades sensoriais podem ser correlacionadas a compostos voláteis e não voláteis.

2.4. Pré-tratamento

Os cogumelos são alimentos muito perecíveis; portanto, o processamento pode ser usado para melhorar a vida útil (FURLANI; GODOY, 2005). O tratamento térmico é uma importante operação unitária de preservação de alimentos, onde podem ser aplicados para preparar o produto, para desenvolver sabores, cor e componentes de aroma desejados, para modificar a estrutura, para preservar ou esterilizar alimentos por meio da inativação de microrganismos, toxinas e enzimas pelo calor. No entanto, apesar do aumento da estabilidade e segurança alimentar com tratamentos térmicos, compostos e nutrientes nativos, essenciais à dieta, podem ser perdidos ou ter sua biodisponibilidade afetada (ARIZA et al., 2018).

2.4.1. Branqueamento

O branqueamento é uma operação de aquecimento moderado por tempos relativamente curtos, realizada em alimentos de origem vegetal antes do processo de congelamento, secagem ou enlatamento. O branqueamento pode ser realizado com vapor saturado ou água quente. No caso de processos de congelamento e secagem, o branqueamento é realizado para inativar enzimas, evitando com isso, rápidas alterações de cor, sabor/odor e valor nutritivo destes alimentos. Duas enzimas, a peroxidase e a catalase, que muito comumente estão presentes nos tecidos da maioria dos vegetais e possuem elevada resistência térmica, são geralmente usadas para avaliar a efetividade do branqueamento (CAMPOS; SILVEIRA, 2003). O método pode incluir água quente (isto é, solução contendo ou não ácidos e / ou sais), vapor, micro-ondas, aquecimento infravermelho, ôhmico e de radiofrequência (ZHANG et al., 2018).

No processo de preparação de cogumelos esterilizados, o branqueamento é um pré-tratamento importante, cujos objetivos podem ser: reduzir o escurecimento enzimático por meio

da inativação enzimática da polifenoloxidase (PPO); induzir a contração (retração) de volume para evitar essa ocorrência na fase de esterilização; tornar o produto mais flexível para facilitar as operações de envase. O tempo de processo durante o branqueamento dos cogumelos é determinado pela taxa de encolhimento ou pela inativação da PPO, dependendo do valor da temperatura do banho de aquecimento. As perdas de qualidade durante o branqueamento podem ser minimizadas por meio de uma seleção adequada da programação tempo-temperatura (LESPINARD et al., 2009).

Porém no cogumelo pode haver perdas devido à lixiviação de componentes solúveis em água e ao escurecimento de Maillard da reação de aminoácidos e aminas com carbonilas (LI et al., 2011, ROTOLA-PUKKILA et al., 2019). Além disso, durante o processamento, podem ocorrer alterações na matriz alimentar que podem afetar a bioacessibilidade desses compostos. O ultravioleta-C (UV-C) com uma faixa de comprimento de onda de 200 a 280 nm foi comprovado como um tratamento pós-colheita capaz de reduzir o escurecimento enzimático, estimular a biossíntese e o acúmulo de metabólitos secundários e induzir resistência a doenças em frutas e vegetais (WANG; CHU; KOU, 2017). Guan, Fan e Yan (2013) relataram que a irradiação UV-C diminui a ocorrência de escurecimento em cogumelos *A. bisporus*. Wu et al. (2016) demonstraram que o tratamento UV-C induziu a síntese de substratos fenólicos, como γ -l-glutaminil-4-hidroxibenzeno (GHB), γ -l-glutaminil-3,4-dihidroxibenzeno (GDHB) e tirosina, que foram identificados como precursores da melanina de cor marrom e envolvidos em reações de escurecimento.

Porém, é importante ressaltar que o processo tem que ser bem controlado para que não ocorram grandes perdas de aminoácidos durante a técnica de branqueamento escolhida. De acordo com Li et al. (2014), a redução de aminoácidos livres pode ser resultado do escurecimento não enzimático (reação de Maillard) em decorrência do tratamento térmico, a qual envolve a reação entre grupos amino dos aminoácidos e os grupos carboxila dos açúcares.

2.4.2. *Sous vide*

O cozimento *sous vide* é um tipo de tratamento que cozinha matérias-primas alimentares sob temperaturas controladas e tempo dentro de bolsas de vácuo estáveis ao calor (SAMPELS, 2015), e é um método muito elogiado porque pode manter um maior grau de qualidade original dos alimentos do que alguns métodos tradicionais de cozimento (SINGH et al., 2016). É um método culinário *new age* amplamente utilizado na indústria alimentícia e na alta gastronomia.

Sua vantagem sobre outros métodos culinários amplamente utilizados, que chamam a atenção no mundo da gastronomia, inclui uma diminuição na variação do tratamento térmico e evita a evaporação e lixiviação de compostos de sabor para o ar ou meio de cozimento (AISALA et al., 2018). Sun et al. (2019) mostraram que o *sous vide* aumentou o conteúdo de nucleotídeos com os outros métodos diminuindo os níveis de nucleotídeos em sopa de cogumelo *Hypsizygyus marmoreus*, e este método também foi o melhor para aumentar polifenóis e compostos aromatizantes. O cozimento melhorou o valor nutricional dos cogumelos pelo aumento na liberação de macro e micronutrientes.

2.5. Processamento de cogumelo para análogos cárneos

O tempo gasto no desenvolvimento de novos alimentos produtos varia de 6 meses a 5 anos ao menos, dependendo de vários fatores como a complexidade do produto, os recursos disponíveis, a tecnologia utilizada e os requisitos regulatórios. No entanto, o desenvolvimento de um novo produto alimentar segue um processo que envolve várias etapas (ARAMOUNI; DESCHENES, 2015). A Pesquisa e Desenvolvimento, Testes e Refinamentos, Escala Piloto, Testes de Mercado e Regulamentação são algumas das etapas antes de chegar na Produção em Larga escala e Distribuição (ARAMOUNI; DESCHENES, 2015).

Post (2014) iniciou o desenvolvimento de carne cultivada a partir de células-tronco do músculo esquelético bovino por meio de técnicas de engenharia de tecidos. O conceito começou em 2013, mas o autor diz que a tecnologia ainda está em sua fase inicial e que alguns obstáculos precisam ser eliminados antes que ela possa atingir todo o seu potencial.

Produtos de origem animal, como carne, frutos do mar, ovos e queijo, contêm proteínas únicas que geralmente são organizadas em estruturas complexas. Por exemplo, a carne contém colágeno, que possui uma estrutura rígida de bastonetes; o leite contém moléculas flexíveis de caseína, que possuem estruturas flexíveis; e os ovos contêm proteínas globulares que possuem uma estrutura compacta. Todas essas proteínas são diferentes daquelas encontradas nas plantas (MCCLEMENTS, 2023).

A carne e os frutos do mar são substâncias firmes e complexas compostas por aglomerados de fibras, tecido conjuntivo e tecido adiposo, e suas características físico-químicas e propriedades sensoriais dependem da organização estrutural das várias espécies de proteínas e outras moléculas que eles contêm. A complexidade desses materiais pode ser observada a partir de uma abordagem química de polímeros ou de uma perspectiva física de *soft matter*.

Reproduzir a microestrutura de produtos de origem animal requer um conhecimento detalhado sobre a química e a física desses alimentos e como eles interagem com o organismo humano (MCCLEMENTS, 2023).

Ainda não existem registros do uso de cogumelos da espécie *P. ostreatus* como matéria-prima para o processamento de substitutos de carne de peixe de filé branco. Alguns estudos anteriores conduzidos por ZOU et al. (2023) demonstraram o processamento de um análogo de carne fibrosa por meio de termoextrusão e a formulação de diferentes receitas para a fabricação de análogos de salsichas. No entanto, essa técnica requer condições de temperatura elevada e forças de cisalhamento, as quais podem não estar prontamente disponíveis em todas as localidades, além de afetar as características visuais, como a coloração, podendo não ser desejável, dependendo do resultado desejado para o produto. Os cogumelos desempenham um papel na formação de atributos sensoriais primários, como sabor, textura e aparência, que podem ser negativamente afetados por esse método. Gamarra-Castillo et al. (2022) produziram um análogo de hambúrguer a partir da biomassa produzida pelo fungo filamentosso *Aspergillus oryzae*. Com base nos primeiros resultados, duas formulações ótimas foram escolhidas e analisadas usando uma língua eletrônica com o mesmo controle de referência e em termos de aparência do produto, a formulação contendo farinha de quinoa, carboximetilcelulose e extrato de beterraba foi a mais semelhante ao controle. Recentemente, Mazumder et al. (2023) desenvolveram uma salsicha emulsificada à base de plantas utilizando cogumelos e grãos de bico. Comparada às salsichas comerciais, a salsicha à base de plantas apresentou maior teor de proteína (36 % em base seca), menor perda de cozimento (4,08 %) e exsudação (3,45 %), maior estabilidade da emulsão e maior aceitação pelos consumidores. Além disso, cogumelos e farinha de grão de bico podem ser substitutos adequados para a proteína de soja em produtos de carne à base de plantas (MAZUMDER et al., 2023).

McClements (2023) descreveu como tem usado várias abordagens de física de *soft matter* para tentar imitar o tecido magro e adiposo na carne animal em suas pesquisas. Ele deu exemplos de tecnologia que é usada para criar tecnologia de emulsão à base de plantas e o uso de incompatibilidade termodinâmica de biopolímeros alimentares para criar tecidos adiposos à base de plantas. Ele também deu o exemplo detalhado de um processo no qual a proteína da ervilha e a pectina são usadas para criar estruturas semelhantes a músculos. Nesse processo, a proteína da ervilha, uma proteína globular, é aquecida sob condições controladas, o que leva à formação de fibras que simulam a estrutura de nanofibras da carne. Essas nanofibras são então combinadas com pectina derivada de maçãs ou frutas cítricas. Assim, a mistura de nanofibras

de proteína de ervilha e pectina causa incompatibilidade termodinâmica, que por sua vez leva à separação de fases. O cisalhamento faz com que as regiões separadas por fases formem estruturas de fibra, que podem então ser gelificadas para prender as fibras semelhantes a músculos. McClements afirmou que usou esse processo físico de *soft matter* para criar vieiras à base de plantas (MCCLEMENTS, 2023).

2.5.1. β -Glucanase

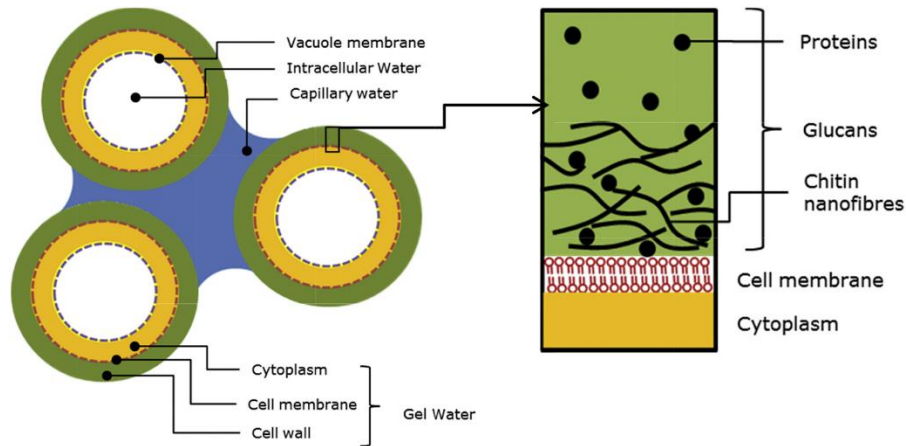
Lentinus edodes e alguns membros do gênero *Pleurotus spp.* são reconhecidos como algumas das mais importantes fontes de β -glucanas (ROP; MLCEK; JURIKOVA, 2009). Os β -glucanos também estão presentes em muitos outros cogumelos, como *Ganoderma lucidum*, *Grifola frondosa*, *Pleurotus abalones*, *Flammulina velutipes* e *Auricularia auricula*.

Polissacarídeos de cogumelos existem como um componente estrutural da parede celular fúngica. A parede celular fúngica é composta por dois tipos principais de polissacarídeos: um é um fibrilar rígido de quitina (ou celulose), o outro é uma matriz tipo β -glucana, α -glucana e glicoproteínas (RUIZ-HERRERA, 1956). Os polissacarídeos de cogumelos mais abundantes são β -glucanas, quitina, hemiceluloses, mananas, xilanas e galactanos.

Os cogumelos são reconhecidos como alimentos funcionais por seus compostos bioativos que oferecem diversos impactos benéficos à saúde humana. Um desses componentes potentes é o β -glucano (REN et al., 2014), do qual a maioria desses polissacarídeos são derivados dos corpos de frutificação dos cogumelos. Os β -glucanos são polissacarídeos de monômeros de d-glicose ligados por ligações β -glicosídicas. É um tipo de fibra alimentar em cereais, leveduras, cogumelos, algumas bactérias e algas marinhas. Mesmo estando presente principalmente como glucanos lineares e ramificados, alguns são verdadeiros heteroglicanos contendo ácido glucurônico, xilose, galactose, manose, arabinose ou ribose (WASSER, 2002).

O β -glucano originado em cogumelos parece apresentar atividades muito diferentes do β -glucano derivado da aveia e da cevada. A estrutura primária, solubilidade, grau de ramificação (GR), peso molecular (PM), carga dos polímeros e estrutura em meio aquoso, todos afetam as atividades biológicas do β -glucano (ZEKOVIC et al., 2005). A função específica da glucana na fisiologia do fungo não está completamente esclarecida; entretanto, considera-se que sua principal função estrutural seja auxiliar na manutenção da rigidez e integridade da parede celular (ZEKOVIC et al., 2005).

Figura 3. Parede celular do cogumelo.



A parede celular do cogumelo, como mostrado na Figura 3, consiste em três biopolímeros principais, que são reticulados entre si: 1) quitina que é um polímero de β -(1 \rightarrow 4) unidade N-acetilglucosamina ramificada, 2) β -glucanos e 3) proteínas. Os biopolímeros exibem um gradiente composicional e estrutural através da membrana celular. A camada mucilaginosa mais externa é rica em β -glucanas e as camadas inferiores são mais ricas em quitina e β -glucanas, formando uma rede entrelaçada.

A extração de β -glucana é um trabalho difícil e requer atenção especial para produzir matéria-prima consistente (AHMAD et al., 2012). A natureza do procedimento de extração tem um efeito profundo no PM do β -glucano, que por sua vez afeta seu comportamento funcional (BRENNAN; PORT; GORMLEY, 2005). As metodologias de extração baseiam-se na solubilidade do β -glucano em água quente e em soluções alcalinas. A separação das proteínas dissolvidas por precipitação isoeétrica e a precipitação do β -glucano por sulfato de amônio, 2-propanol ou etanol são formas gerais. Kim et al. (2005) utilizaram água destilada (100 °C) na proporção de 1:10 (p/v) para extrair β -glucana de *Agaricus blazei* com tempo de extração de 3 h. Kumari et al. (2015) determinaram condições ótimas de operação usando um método de fator de cada vez e método de superfície de resposta para maximizar a produção de esquizofila por *Schizophyllum commune* de um valor inicial de 1,06 g.L⁻¹ a 8,06 g.L⁻¹. A fermentação foi realizada por 168 horas a 28 \pm 2 °C em um agitador orbital a 180 rpm. Além disso, Kao et al. (2012) isolaram com sucesso β -1,3-glucana de baixo peso molecular, em altos rendimentos, do resíduo residual de corpos de frutificação extraídos de *G. lucidum*. Eles examinaram o polissacarídeo dos resíduos de corpos de frutificação extraídos alcalinamente usando cromatografia de troca aniônica de alto desempenho.

O pH ideal para uso da β -1,3 glucanase está entre 4,5 e 6,5. No trabalho de Fleuri e Sato (2008), o delineamento experimental mostrou que as melhores condições para a lise de *Saccharomyces cerevisiae* KL-88 pela β -1,3 glucanase foi pH 6,5 e 35 °C. As células de leveduras incubadas por 10 h em frascos sem agitação mostraram-se mais susceptíveis à lise pela ação da enzima. Foi obtida maior lise da levedura quando a suspensão de células foi submetida ao tratamento com β -1,3 glucanase e cisteína 1 mmol/L.

Fukuda et al. (2008) investigaram algumas propriedades enzimáticas da β -glucanase fúngica e observaram que a sua faixa de atividade ótima foi de 60 °C em uma reação de 5 minutos (com pH variando entre 4,0 a 6,0).

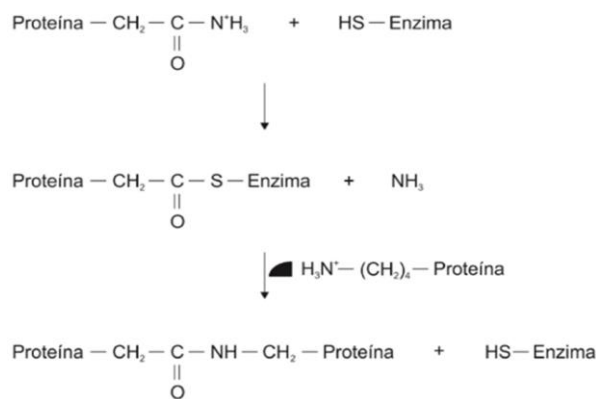
A solubilidade dos β -glucanos em água depende, sobretudo, da sua estrutura, e está também está associada à sua origem (ROP et al., 2009). É bem conhecido que a solubilidade do β -glucano aumenta com a temperatura. Em geral, a conformação da cadeia de solubilidade em água e a introdução de grupos iônicos adequados com grau apropriado de substituição podem alterar as bioatividades dos polissacarídeos (TA; ZHANG; CHEUNG, 2006). Buckow, Heinz e Knorr (2012) testaram a inativação da β -glucanase em malte de cevada sob diferentes pressões, temperaturas e tempo e, observaram que à pressão ambiente ocorre a inativação a partir de 45°C com 30 min.

2.5.2. Transglutaminase

A transglutaminase (TGase) é a enzima mais eficaz em termos de polimerização das proteínas a fim de reestruturação cárnea conferindo mais elasticidade, firmeza e suculência. A transglutaminase (EC 2.3.2.13) é uma transferase que catalisa as reações de transferência de acila entre o grupo γ -carboxiamida de resíduos de glutamina ligada a proteína e aminas primárias, desamidação de glutaminas ligadas a proteína e reticulação de glutamina e resíduos de peptídeo lisina (QUEIRÓS et al., 2019). Em outras palavras, é uma enzima frequentemente usada para a reticulação de proteínas alimentares, catalisa a conversão de proteínas solúveis em polímeros insolúveis de alta massa molecular através da formação de ligações cruzadas covalentes. As ações da enzima causam mudanças na estrutura das proteínas e peptídeos, dos quais o mais importante é a formação de reticulações que alteram a capacidade de retenção de água, solubilidade, viscosidade, elasticidade, cheiro ou cor do produto (DMYTRÓW et al., 2019). O mecanismo de ação da TGase é muito semelhante ao de proteases, consistindo basicamente em duas etapas (Figura 4). Na primeira etapa, o grupo tiol da cisteína, presente no

sítio ativo, ataca a cadeia lateral de um resíduo de glutamina disponível no substrato proteico, formando um complexo acil-enzima e liberando amônia. Em seguida, uma amina primária substitui a enzima, gerando uma glutamina carboxiamida modificada. Segundo Ahhmed et al. (2009), o potencial catalítico da TGase, é capaz de promover interação entre as cadeias laterais de glutamina (C-terminal) com as cadeias laterais de lisina (N-terminal). Assim, a TGase catalisa as interconexões de miofibrilas, criando polímeros gigantes, melhorando a elasticidade do gel cárneo e, a partir de ligações proteína-proteína, forma uma rede proteica.

Figura 4. Mecanismo de ação da Transglutaminase

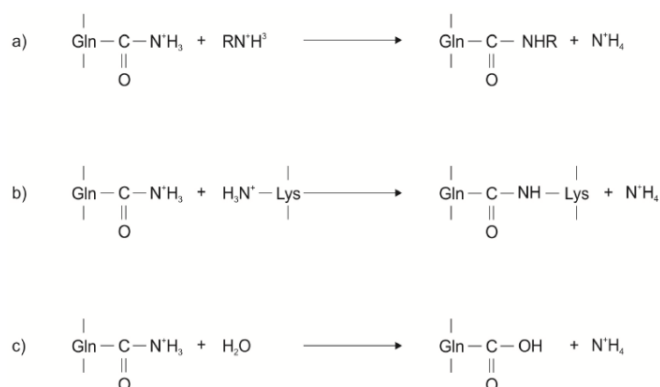


Fonte: BAGAGLI, (2009).

A TGase pode ser extraída de fontes animais e microbianas. No entanto, a aplicação de TGase de mamíferos no processamento de alimentos em escala industrial é restrita devido à sua pouca disponibilidade, procedimentos complicados de separação e purificação, bem como a necessidade de cálcio. Em comparação com a TGase de origem animal, a transglutaminase microbiana (MTGase) é facilmente obtida por fermentação de microrganismos e pode ser produzida em escala grande o suficiente para uso comercial (SUN; ARNTFIELD, 2011).

A MTGase é geralmente produzida pela fermentação de cepas de *Streptomyces*. Pode atuar de três formas distintas em proteínas (Figura 5): entre resíduos de glutamina e amins livres; entre resíduos de glutamina e lisina; e entre resíduos de glutamina e água (BAGAGLI, 2009).

Figura 5. Reações catalisadas por transglutaminase



(a) entre resíduos de glutamina e aminas livres, (b) entre resíduos de glutamina e lisina e (c) entre resíduos de glutamina e água (BAGAGLI, 2009).

A MTGase atua na faixa de pH 5,0-8,0 e é ativo entre 40-70 °C. Além disso, os íons metálicos (Ca^{2+}) ou cofatores não são necessários para sua ativação, diferente de TGase de outras origens. Como consequência de suas propriedades de reticulação, uma variedade de proteínas (proteínas de soja e soro de leite, albuminas, proteínas miofibrilares) podem ser substratos adequados para MTGase. Assim, a MTGase pode alterar as propriedades mecânicas e texturais de carnes, laticínios e produtos de panificação. Muitos estudos relataram que seu uso bem-sucedido pode desenvolver propriedades funcionais de diferentes produtos alimentícios (LIU et al., 2019).

TGase foi reconhecida pelo FDA (Food and Drug Administration) como uma substância GRAS (Generally Recognized as Safe) desde 1998 (GASPAR; GÓES-FAVONI, 2015). De acordo com a legislação brasileira, o uso de TGase em alimentos é permitido e não há especificação de limites máximos permitidos (BRASIL, 2006). Essa enzima tem sido aplicada em diversas indústrias alimentícias, sendo capaz de unir pedaços de carne, formar géis proteicos resistentes à temperatura, melhorar a textura de massas e pães, formar filmes proteicos (BAGAGLI, 2009) e na prevenção da sinérese na produção de iogurtes (GASPAR; GÓES-FAVONI, 2015).

Em produtos de carne reestruturados cozidos, a firmeza do gel e a capacidade de retenção de água, aumentaram pela adição de TGase em produtos com alto teor de sal (2 %), mas não em produtos com baixo teor de sal. A TGase foi capaz de melhorar a consistência (firmeza), mas não a perda por cozimento do produto em um sistema de baixo teor de sal (1 %) (DIMITRAKOPOULOU et al., 2005).

Embora a maioria dos estudos usando TGase para reestruturar a carne conduzidos por incubação de carne em temperatura ótima (37–50 °C) de TGase ou por cozimento para obter

força de ligação suficiente, alguns pesquisadores obtiveram um bom efeito de ligação usando ligação a frio (2–5 °C), com a combinação de TGase e caseinato de sódio, sem adição de sal ou cozimento (SERRANO; COFRADES; JIMÉNEZ COLMENERO, 2004).

A aplicação de transglutaminase criou novas oportunidades tecnológicas para a produção de bolos de peixe, mesmo a partir de músculo de peixe de baixa qualidade. Alguns pesquisadores descobriram que com um aumento na concentração de TGase catalisou a formação do polímero da Gelatina de peixe, que mudou sua estrutura e formou um vazio denso e pequeno de forma homogênea na rede de gel. Este vazio melhorou significativamente as propriedades de gelificação da gelatina. No entanto, o alto teor de TGase diminui as propriedades texturais da gelatina de peixe e mostra o fenômeno de "enfraquecimento da força do gel", que é principalmente devido à reticulação excessiva que inibe a formação de uma estrutura de rede de proteína uniforme (HUANG et al., 2017; HUANG et al., 2019). TGase é atualmente usado em combinação com outras substâncias para modificar a gelatina de peixe. Por exemplo, TGase catalisa o colóide composto de gelatina-quitosana para melhorar a capacidade de gel da gelatina. Huang et al. (2019) usou TGase para melhorar as propriedades de gel do complexo gelatina de peixe-pectina. Para preparar a solução de gelatina de peixe (HUANG et al. 2019), foi preparada dissolvendo gelatina de peixe (6,67 % p / v, pH 6,5) em água deionizada a 60 °C. Vários conteúdos de TGase (0, 0,02, 0,04, 0,06 %, p / v) foram adicionados à solução de gelatina de peixe, denominada controle. A força do gel da gelatina de peixe modificada com TGase aumentou primeiro e depois diminuiu. TGase poderia catalisar gelatina de peixe para formar ligações covalentes, propiciando maior estabilidade e maior estabilidade da rede de gel. No entanto, altas concentrações de TGase produziram excessivas ligações intermoleculares que enfraqueceram a rede de gel, concluindo que devesse usar concentrações mais baixas de TGase.

Em produtos de origem vegetal, Kim et al. (2022), formularam um análogo de carne seca (*jerked beef*) elaborado pela adição de TGase em hambúrgueres de proteína homogeneizados, que foram posteriormente distribuídos em invólucro cilíndrico e secos com ar quente. A TGase também é utilizada na panificação, pois facilita a formação da rede do glúten e viscoelasticidade, melhorando assim o volume, a estrutura e a crosta do produto final. Apresenta papel importante na melhora na rede de glúten e também na criação de novas redes de proteínas (DAMODARAN et al., 2010).

2.5.3. Outros ingredientes

A proteína isolada de soja (PIS) é uma fonte alternativa de proteína para aliviar o desequilíbrio entre a oferta e a demanda de proteína animal devido à sua funcionalidade, bioatividade e disponibilidade. O PIS vem sendo amplamente utilizado no desenvolvimento e produção de análogos de carne à base de plantas. Ao longo do tempo, houve progresso na construção da textura de análogos de carne à base de PIS, mas simular com sucesso o sabor desejado ainda é um grande desafio devido ao sabor forte de óleo das PISs. Os primeiros estudos, indicam que metanal, etanal, hexanal, 2-propanona, 2-pentanona, 2-heptanona, 2-heptenal e 2,4-decadienal foram principalmente compostos voláteis da farinha de soja desengordurada, enquanto etanol, 2-propanona e hexanal foram identificados principalmente na soja crua (FUJIMAKI et al., 1965). A adição de ingredientes de proteína de soja foi sugerida para melhorar as propriedades de textura e viscosidade (RHEE, 1994). No entanto, as interações que criam esse novo sistema ainda não são bem compreendidas. Em sistemas de proteína-polissacarídeo, o nível de interação ou separação depende de muitos fatores, como: pH do sistema, umidade, origem do material, bem como propriedades do polímero, como carga, tamanho e morfologia (BUREY et al., 2009). Na impressão 3D, uma fibra muscular artificial baseada em hidrocolóides reticuláveis foi obtida utilizando pasta de proteína de soja (PIS + amido de batata + goma xantana). Os adjuntos da formulação foram carragena, alginato de sódio e glucomanano. Em relação às propriedades reológicas, todas as amostras, exceto contendo carragena e GM, formaram um gel duro. A correlação de todos os adjuntos mostrou que foi formado um gel elástico comparável ao da carne real. Este sistema usa hidrocolóides como carreador para inserir materiais funcionais, e confirmamos a possibilidade de aplicá-lo a outros alimentos que requerem incorporação de textura (KO et al., 2021).

As interações entre proteínas e polissacarídeos podem beneficiar uma melhor estrutura em alimentos análogos. Essas interações incluem ligações covalentes, eletrostáticas, hidrofóbicas, ligações de hidrogênio e exclusão estérica (MCCLEMENTS, 2006). Os fenômenos macroscópicos dessas interações podem se manifestar como a formação de sistemas monofásicos ou levar à separação de fases entre proteínas e polissacarídeos para formar sistemas bifásicos. A natureza e a força da interação entre proteínas e polissacarídeos determinam a estabilidade e as propriedades reológicas de muitos alimentos processados, que desempenham um papel importante na concepção da estrutura e textura desejada dos alimentos. Os ingredientes como goma acácia ou goma arábica, que são tipicamente isolados da árvore

Acácia Senegal, contém uma mistura complexa de biopolímeros, incluindo complexos polissacarídeos-proteínas anfifílicas com frações hidrofóbicas e hidrofílicas, muito usada como emulsificantes hidrofílicos para estabilizar as gotículas de água/ óleo/ água (A/O/A) que podem formar e estabilizar emulsões (ANDERSON; HOWLETT; McNAB, 1985; NAKAMURA et al., 2004). As propriedades emulsificantes deste componente estão ligadas à sua boa solubilidade em água, baixo poder de espessamento, alta atividade de superfície, boas propriedades de formação de filme, boa estabilidade a tensões externas, como alta temperatura, pH extremo e condições de alta força iônica. A goma acácia possui capacidade emulsificante devido à sua estrutura anfifílica (NAKAMURA et al., 2004).

Ao introduzir ingredientes de aveia ricos em β -glucanos em formulações à base de plantas, ajuda a manter a capacidade de extração do β -glucano. A adição de concentrado de fibra de aveia pode contribuir para separação de fases mais forte entre as proteínas vegetais e maior absorção de umidade ligada à suculência (MÄKELÄ; BRINCK; SONTAG-STROHM, 2020). Diaz et al. (2022), formulou um análogo de carne fibrosa que continha concentrado de fibra de aveia e isolado de proteína de ervilha em sua formulação, usando técnicas de processamento com extrusão de alta umidade. Os resultados mostraram que o concentrado de aveia reduziu a resistência estrutural de dureza e mastigabilidade (DIAZ et al., 2022).

O colágeno é uma proteína de origem animal produzida naturalmente pelo organismo. É encontrado no tecido conjuntivo frouxo. Atualmente existem diversos produtos de origem vegetal disponíveis no mercado, que. Já existem tecnologias recombinantes utilizadas por setores farmacêuticos, medicinais, de cultura celular e engenharia de tecidos, que possuem uma estrutura em tripla hélice e outras propriedades biológicas que imitam atributos do colágeno natural e que faz com que possam interagir de maneira confiável com células e tecidos e ser prontamente absorvida ou remodelada pelo corpo (BEDIN et al., 2018). Para a produção de alimentos análogos a carnes, o colágeno vegetal é uma nova tecnologia que pode ser usada com ingredientes capazes de realizar formação de rede e ação plastificante, ou seja, aumentar a sua flexibilidade, a processabilidade ou a extensibilidade. A ligação de fibras de proteína como de milho, soja e trigo, por exemplo, resulta em aminoácidos veganos que imitam estruturalmente o colágeno que fornece uma função semelhante ao colágeno derivado de animais. Outra possibilidade é o uso de gomas alimentícias que provêm de uma variedade de fontes naturais diferentes, incluindo árvores, sementes, raízes e algas marinhas. A goma acácia (GA), ou arábica, é utilizada em alimentos e bebidas como emulsificante, espessante e para conferir textura (NAKAMURA et al., 2004). É denominada como um complexo proteico-

arabinogalactano. A fração proteica é constituída por 400 resíduos aminoacídicos, com 18 aminoácidos diferentes, dos quais 50 % correspondem a hidroxiprolina, serina e prolina. É inodora, quase insípida, insolúvel em álcool etílico, mas solúvel em água e apresenta baixa viscosidade quando comparada a outros polissacarídeos de massa molar similar. Ela é a única entre as gomas alimentícias que apresenta alta solubilidade e baixa viscosidade em solução, facilitando o processo de atomização. Soluções com até 50% de concentração podem ser feitas, mas nesta concentração a dispersão apresenta características de gel. Seu uso pode resultar em um produto final com escoamento livre, de fácil manuseio e que se incorpore em alimentos secos (ZUANON, 2012).

A glutamina (Gt) é um aminoácido abundante na circulação e no espaço intracelular sendo sintetizada por vários tecidos como os músculos esqueléticos, pulmões, fígado a partir de glutamato e amônia pela ação da enzima glutamina sintetase. Além disto, a glutamina é precursora da síntese de aminoácidos, nucleotídeos, proteínas e outras moléculas biologicamente importantes. Acredita-se que glutamina e glutamato tenham uma via metabólica em comum no enterócito, pois no intestino delgado a glutamina é metabolizada principalmente via hidrólise da glutamina em glutamato mais amônia pela glutaminase. A glutamina pode ter efeito positivo na qualidade da carne, pois é absorvida pelas células por um sistema sódio-dependente, que gera gradiente de concentração deste aminoácido entre o meio intra e extracelular, criando um gradiente osmótico e, conseqüentemente, um fluxo de água para dentro das células, com rápido aumento no volume das mesmas. Sendo assim podem melhorar a cor, maciez, pH e capacidade de retenção de água (CRA) que estão diretamente relacionados à aceitabilidade do produto (ALVES, 2013).

O glutamato monossódico (GM) é o sal derivado do ácido glutâmico, um aminoácido encontrado em abundância na natureza, porém não essencial para o corpo. Quase 95% do glutamato presente no organismo é metabolizado no intestino, o qual origina novos compostos como a glutatona, a arginina e prolina. O GM é bastante utilizado como aditivo alimentar, pois ele fornece um paladar diferenciado aos alimentos, tal ação é chamada de umami expressão que em japonês significa “algo saboroso”. O nome umami foi classificado como gosto delicioso e palatável, sendo definido como o quinto gosto básico (PHAT; MOON; LEE, 2016) junto com os gostos doce, amargo, salgado e azedo. Umami é apreciado devido ao seu gosto saboroso e agradável, sendo conferido pelos ácidos glutâmico e aspártico e ribonucleotídeos, presentes em muitos alimentos, por exemplo, carne, peixe, laticínios e cogumelos. O sabor umami torna os cogumelos comestíveis saborosos e bastante versáteis em preparações alimentícias (ZHANG et

al, 2018). O Glutamato pode reduzir a atividade da glutaminase, poupando a glutamina para uso através de múltiplas vias metabólicas e reações (DÓREA, 2022). Segundo Alves (2013) o glutamato, especialmente o derivado da dieta, pode facilmente substituir a glutamina em diversos dos seus papéis metabólicos, incluindo a geração de energia e a síntese de aminoácidos. Do ponto de vista estritamente metabólico, a glutamina e o glutamato são intercambiáveis como importante substrato para o sistema celular da mucosa.

A fécula de mandioca (FM) é proveniente da planta cultivada pertencente à família *Euphorbiaceae*, gênero *Manihot* e espécie *Manihot esculenta Crantz*. Cultura nativa do continente sul-americano, possivelmente de origem brasileira, a fécula de mandioca, também conhecida como goma, é utilizada em diversas ocasiões, trata-se de um pó com uma aparência branca, sem odor e sabor presentes (OLIVEIRA et al., 2019). Na indústria alimentícia ela é utilizada para engrossar ou dar uma boa estabilidade nos alimentos. É um produto de origem amilácea, amplamente utilizada como fonte de energia por conta do alto teor de carboidratos. No entanto, quando convertida para amido proporciona maior estabilidade e versatilidade, como espessamento, texturização, gelificação, retenção de umidade e extensão da vida útil. Raízes de mandioca armazenam amido e após a cocção em água resultam em produtos com características texturais e estruturais próprias, mas importantes para a aceitabilidade pelo consumidor. A gelatinização do amido de mandioca é seguida por um processo de formação de pasta. A água de hidratação é adicionada à quantidade natural de água presente nos tecidos, em média nas mandiocas 65%, que é teoricamente suficiente para a completa gelatinização de grânulos de amidos isolados. Grânulos de amido gelatinizados e inchados são bastante frágeis e facilmente rompidos. A partir de 55 °C é observado um aumento da viscosidade, o que caracteriza a ocorrência de início de processo de gelatinização e ocorre até valores aproximados a 65 °C (SANTOS; PIMENTEL; KLOSOSKI, 2015). Portanto, o aquecimento contínuo desses grânulos, em excesso de água e sob ação cisalhante, resulta na formação de uma massa viscosa, denominada pasta de amido.

Óleo de coco (OC) e óleo de soja (OS) podem ser adicionados a formulações para criar análogos de tecido adiposo em alimentos à base de plantas por meio de emulsão. Segundo Hu e McClements (2022), emulsões são sistemas coloidais constituídos por dois ou mais líquidos imiscíveis, onde pelo menos um dos líquidos está disperso como pequenas gotículas em outro. As emulsões óleo-em-água (O/A), que consistem em gotículas de óleo dispersas em água, podem ser projetadas para ter estruturas e propriedades análogas às do tecido adiposo animal. O OS e OC como fase lipídica para representar óleos líquidos e gorduras sólidas à temperatura

ambiente, respectivamente. As gotículas individuais de óleo consistem em um núcleo rico em gordura cercado por uma camada de moléculas anfífilas, que podem ser projetadas para se assemelham às membranas celulares dos adipócitos. A concentração das gotículas de óleo pode ser manipulada para atingir os altos níveis de gordura encontrados no tecido adiposo. Além disso, aditivos vegetais podem ser incluídos na fase aquosa de emulsões O/A para simular o comportamento do colágeno e outras substâncias na matriz intercelular (HU; MCCLEMENTS, 2022). Outro ponto interessante ao utilizar óleos vegetais é a possibilidade de aumentar teores de ácidos graxos poliinsaturados como ômega 3, 6 e 9 ao alimento análogo de peixe, elevando sua qualidade nutricional.

O tripolifosfato de sódio (TS), é um aditivo comumente utilizado na preparação de proteínas vegetais texturizadas e pode ser usado para melhorar sua textura como na dureza, elasticidade, mastigabilidade e o grau de estrutura fibrosa. O TS pode melhorar a digestibilidade proteica, formando uma estrutura fibrosa mais fina com uma estrutura proteica mais desdobrada e mais grupos hidrofóbicos sendo expostos a enzimas (LIN et al., 2023). As proteínas não cárneas, sozinhas, não permitem a retenção dos níveis de salmoura aplicados na injeção de cortes de carnes em geral. Por essa razão, a maioria das misturas de ingredientes para salmoura de injeção contém fosfatos, também conhecidos pela categoria de estabilizantes (PENG et al., 2021). A capacidade de retenção de água da carne é melhorada através do uso de sais e fosfatos alcalinos. O sal e os fosfatos tais como o tripolifosfato de sódio ajustam o pH do sistema e favorecem a expansão das fibras da proteína da carne, permitindo a hidratação das mesmas. Porém o fato de ser altamente cáustico propicia a produção do sabão na carne que contém a gordura (LIN et al., 2023).

2.6. Análise Sensorial

A análise sensorial é definida pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT, 1993) como a disciplina científica usada para evocar, medir, analisar e interpretar reações das características dos alimentos e materiais como são percebidas pelos sentidos da visão, olfato, gosto, tato e audição. A avaliação envolvendo todos os diferentes atributos de aparência, aroma, gosto, sabor, textura, que compõem a análise de forma geral, mesmo sendo eles percebidos individualmente pelos sentidos humanos, é a impressão global.

Nos anos 80, a avaliação sensorial passou a ser intensificada como uma ferramenta altamente útil para determinar a aceitabilidade do peixe pelo consumidor e, portanto, os

pesquisadores têm trabalhado para melhorar os métodos sensoriais de avaliação da qualidade do peixe (ARVANITTOYANNIS; TSITSIKA; PANAGIOTAKI, 2005).

Para que análogos de carne substituam com sucesso a carne na dieta diária, esses novos produtos devem primeiro ser aceitos pelo público em termos de preferência geral. A avaliação sensorial, no contexto de análogos de carne, fornece informações importantes sobre a seleção de métodos de processamento e uso de novos ingredientes para obter atributos sensoriais semelhantes à carne, fornecendo dados quantitativos e qualitativos sobre sabor, sabor, textura e aparência (FIORENTINI; KINCHLA; NOLDEN, 2020).

Uma maneira comum de avaliar a aceitabilidade de produtos análogos é por meio de escalas hedônicas, nas quais os participantes indicam o quanto gostam ou não da amostra em termos de uma propriedade sensorial específica, como aparência, sabor, sabor e textura, e também podem incluir aceitação geral. Gómez, Ibañez e Beriain (2019), testaram o efeito da mudança do tempo de cozimento e temperatura nos atributos de cor de um análogo de carne de soja usando a técnica *sous vide*. Um teste hedônico foi realizado por 73 consumidores que avaliaram três parâmetros visuais do produto. Nenhuma diferença significativa nos escores hedônicos foi detectada entre as amostras, sugerindo que os análogos de carne foram igualmente aceitos como amostras de carne bovina em termos de aparência visual. Porém, se as amostras de referência e teste consistirem em diferentes proteínas vegetais, as respostas hedônicas podem ser afetadas pelos temperos adicionais, com a formulação mais temperada resultando em maiores pontuações de aceitação. Alternativamente, usar uma amostra de carne inteira como controle ajudaria a determinar melhor como um análogo de carne se compara às propriedades sensoriais desejáveis de um produto animal tradicional, juntamente com provadores que consomem tanto produtos de origem animal quanto produtos análogos de origem vegetal, como os flexitarianos (FIORENTINI; KINCHLA; NOLDEN, 2020).

Em outro estudo, Grasso et al. (2019) desenvolveram quatro tipos de almôndegas híbridas substituindo 15% e 30% de carne bovina por proteína texturizada de soja (PTS) em duplicatas, com ou sem levedura nutricional, que foi utilizada como intensificador de sabor por seu forte sabor umami. Sessenta participantes avaliaram as quatro amostras e um controle totalmente bovino avaliando o grau de preferência em uma escala de 9 pontos em termos de sabor, textura e aceitação geral. Além disso, o participante utilizou o método CATA selecionando os termos mais adequados para descrever as amostras. Os resultados do teste hedônico mostraram que a adição de 15 % de PTS e levedura resultou nos maiores escores de gosto para sabor e aceitação geral. Os resultados da análise CATA revelaram que esta amostra

foi mais associada ao termo “saboroso” e menos associada a “sem graça”, enquanto a PTS 30% sem fermento foi mais associada a “semelhante a trigo-cereal”, sugerindo que a ausência de intensificadores de sabor em uma amostra com uma alta porcentagem de conteúdo de soja pode levar à detecção de sabores fortes.

A integração dos resultados da avaliação sensorial, que é subjetiva, com os resultados instrumentais da análise de textura permite confirmar a resposta do estudo ou identificar possíveis inconsistências nos métodos. Kamani et al. (2019) usaram isolado de proteína de soja e glúten de trigo para desenvolver dois produtos, (1) uma linguiça sem carne e (2) uma linguiça com redução de carne contendo apenas 20 % de frango. Os resultados do teste hedônico não mostraram diferenças significativas nas pontuações de textura de gosto entre as amostras contendo 80 % e 100 % de proteínas vegetais em comparação com o controle de carne integral. No entanto, deve-se notar que Kamani et al. (2019) coletaram respostas hedônicas usando um painel treinado, o que vai contra o procedimento padrão do método de avaliação sensorial para aceitabilidade do consumidor. Assim, esses resultados devem ser analisados com cautela devido a questões metodológicas e representam uma limitação do estudo.

A avaliação sensorial aliada a medidas instrumentais, como textura e cor, pode ser vantajosa e auxiliar na melhoria do produto final. Palanisamy et al. (2018) encontraram uma melhoria nos atributos de textura de um análogo de carne de soja, aumentando a concentração de iota-carragenina (ICGN), sendo 1,5 % o nível ideal para classificações de textura hedônica. No entanto, os resultados mostraram que todas as amostras de teste tiveram aceitabilidade geral ruim, incluindo a amostra de controle ICGN 0 %, pois nenhuma amostra incluiu temperos ou especiarias, o que foi intencional para evitar qualquer influência na percepção da textura. Neste caso, embora a textura tenha sido melhorada, a criação de uma textura desejável por si só não é suficiente para criar um produto global adequado. A falta de familiaridade com novos alimentos pode alterar as expectativas que podem impactar negativamente a percepção sensorial e o gosto geral. De acordo com uma pesquisa de 2019 com adultos nos EUA, 86 % dos consumidores consideram o gosto o principal impulsionador da intenção de compra (IFIC, 2019). De fato, os não vegetarianos, como flexitarianos, parecem relutantes em experimentar análogos de carne devido à crença de que o consumo de produtos saudáveis pode comprometer o sabor (REIPURTH et al., 2019). Além disso, deve-se notar que o grupo de consumidores utilizado por Palanisamy et al. (2018) é pequeno, tornando inapropriado generalizar as respostas hedônicas em relação à amostra de produtos.

Uma combinação de testes hedônicos, análise descritiva e métodos analíticos é ideal para explicar o impacto dos parâmetros de processamento nos atributos de textura e sensação na boca, além de ser capaz de identificar as estratégias para aumentar a aceitação de análogos pelos consumidores (FIORENTINI; KINCHLA; NOLDEN, 2020).

2.6.1. Perfil de Textura

A qualidade da textura é principalmente um atributo sensorial que é quantificado em alimentos por vários métodos instrumentais (SZCZESNIAK, 2002).

A aplicação de uma força capaz de causar uma deformação na estrutura do alimento é necessária para que este aplique uma força de reação, de igual magnitude e em sentido contrário à primeira força e gere a sensação de textura nos receptores sensoriais (PASCUA; FOEGEDING, 2013).

Os perfis de textura são determinados a partir das curvas de força/deformação resultantes (CANTO et al. 2016). Fatores como incorporação de saliva e temperatura do interior não podem ser mimetizados pelo texturômetro, e consistem em limitações da avaliação instrumental da textura de alimentos (LILLFORD, 2018; MOSCA, CHEN, 2017). É interessante para fazer comparações entre textura instrumental e experimental, descobrir quais os padrões de preferência bem avaliados pelos julgadores na análise sensorial.

Segundo Brandt; Skinner; Coleman (1963) na análise de perfil de textura, alguns parâmetros podem ser entendidos como:

Dureza (Newtons - N): É a força necessária para produzir certa deformação. Sensorialmente é a força requerida para compressão do alimento entre os dentes molares. No texturômetro a dureza é obtida pela a força de pico na primeira compressão - área 1 (A_1);

$$F_{m\acute{a}x} \rightarrow A_1 \quad (1)$$

Elasticidade (milímetros - mm): Velocidade na qual um material deformado volta à condição não deformada, depois que a força de deformação é removida. No perfil sensorial é o grau para o qual um produto volta a sua forma original, depois da compressão com os dentes. No texturômetro é a distância que a amostra recupera após a primeira compressão (mm), ou seja, é definida pela razão entre a distância percorrida na área do segundo ciclo de compressão área 2 - A_2) pela distância percorrida na área do primeiro ciclo de compressão;

$$\frac{L_2}{L_1} \quad (2)$$

Coesividade (taxa - relação): Pela física é a extensão a que um material pode ser deformado antes da ruptura. Já na análise sensorial é o grau ao qual uma substância é comprimida entre os dentes antes de romper. No texturômetro é a relação calculada pela razão da segunda área de compressão pela primeira área de compressão;

$$\frac{A_2}{A_1} \quad (3)$$

Gomosidade (N): Força necessária para desintegrar a massa do alimento, obtida durante a mastigação, até que atinja o ponto de engolir;

$$Gomosidade = razão\ da\ coesividade \times \frac{A_2}{A_1} \times Dureza \quad (4)$$

Mastigabilidade (N/m): É a energia requerida para mastigar um alimento sólido até a deglutição. Pode ser entendido também como tempo necessário para mastigar uma amostra (velocidade constante) para reduzi-la a consistência adequada para deglutição. No texturômetro é obtida pela multiplicação dos valores de (dureza \times coesividade) \times elasticidade;

$$Mastigabilidade = Gomosidade \times elasticidade \quad (5)$$

Resiliência (taxa - relação): relação com a capacidade de recuperação à deformação. Mede a resposta da massa após a compressão quando a força de compressão é interrompida e é determinada do trabalho de retraimento dividido pelo trabalho de compressão (BRANDT; SKINNER; COLEMAN, 1963).

Dureza, elasticidade e coesividade, são definidas como características primárias de textura, pois são percebidas durante a primeira mordida ou compressão da língua-palato, a partir da aplicação de uma única força. A mastigabilidade (alimentos sólidos) /gomosidade (alimentos semissólidos) são características secundárias de textura, pois sua percepção pelo organismo humano ocorre durante o processo mastigatório, enquanto ocorre a desintegração da estrutura do alimento (CIVILLE; SZCZESNIAK, 1973; PASCUA; KOÇ; FOEGEDING, 2013; SZCZESNIAK, 2002).

Forghani et al. (2017), avaliaram em seu trabalho que para o texturômetro o hambúrguer vegano deve ser cortado em pequenos cubos (1 \times 1 \times 1 cm). As amostras foram comprimidas a 70 % de sua altura original em dois ciclos com intervalos de 2 s entre os ciclos. A velocidade da cruzeta de 20 cm/min foi realizada por sonda cilíndrica de alumínio (diâmetro: 10 cm).

3. METODOLOGIA

A primeira etapa deste trabalho envolveu a realização de testes preliminares com o objetivo de definir as melhores metodologias a serem aplicadas, como por exemplo

determinação da composição centesimal de dois estágios de maturidade: Shimeji (cogumelo nos primórdios da maturação) e Hiratake (cogumelos mais desenvolvidos) e suas partes: estipe e píleo. Foram caracterizadas a textura e cor dos cogumelos, além da escolha do melhor processo de branqueamento dos cogumelos.

3.1. Composição Centesimal e parâmetros físico-químicos

Foi realizado a composição centesimal do *P. ostreatus* nos pontos de maturação shimeji e hiratake e das partes dos cogumelos como píleo e estipe com o propósito de verificar se há diferenças significativas em relação a suas propriedades nutricionais de acordo com o ponto de colheita e as frações do corpo de frutificação. Foram realizadas análises de composição centesimal utilizando os métodos adaptados da AOAC (*Association of Official Analytical Chemicals*) para determinação de umidade por secagem em estufa (AOAC 925.09, 2005), proteína pelo método de Kjeldahl (AOAC 920.87, 2005), lipídios totais por extração de Soxhlet (AOAC 920.39, 2005), fibra bruta (AOAC 991.43, 2005), cinzas por incineração das amostras em mufla (AOAC 923.03, 1995) e fração glicídica (carboidratos totais), somando-se os números correspondentes às percentagens das cinco determinações precedentes e subtraído de 100. Os valores foram expressos em base integral, também chamado de base úmida.

A determinação do conteúdo de proteína bruta presente nos basidiomas foi feita multiplicando o valor do nitrogênio total pelo fator de conversão 4,38. Este fator de correção para o cálculo de proteína é devido ao nitrogênio não-protéico contido na parede celular dos fungos na forma da molécula quitina, o qual é digerido e analisado pelo método de Kjeldahl (MILES; CHANG, 1997).

$$\% \textit{proteína} = \% \textit{nitrogênio total} \times F \quad (6)$$

Onde,

F = fator de conversão da relação nitrogênio/proteína = 4,38.

A determinação do pH dos cogumelos foi realizada em potenciômetro previamente calibrado com soluções de pH 4 e 7, conforme metodologia 981.12 recomendada pela AOAC (1997).

Na determinação da acidez titulável, 10g da amostra triturada e homogeneizada foram diluídas em 90 mL de água destilada, e tituladas com solução de hidróxido de sódio 0,1 mol/L padronizado, tendo como indicador a fenolftaleína 1 %. Os resultados foram expressos em porcentagem de ácido cítrico / 100 g de amostra por se tratar do ácido presente em maior quantidade em cogumelos da espécie *P. ostreatus*, conforme recomenda o método 942.15 (AOAC, 1997).

A a_w foi determinada pela metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008). Foi utilizado higrômetro da marca Decagon, modelo AquaLab 3TE (Decagon Device Inc., EE.UU), à temperatura de 25 °C, com faixa de a gama de análise entre de 0,05 a 1,00 a_w e resolução da a_w : $\pm 0,001$ (exatidão).

A densidade aparente foi realizada através do método de deslocamento da massa ocupada conforme Carvalho et al. (2010).

3.2. Atividade Enzimática

As análises enzimáticas foram realizadas para determinar a atividade de Polifenoloxidase (PPO) e Peroxidase (POD) dos cogumelos para avaliar os efeitos dos tratamentos utilizando luz UV-C.

3.2.1. Preparo do extrato enzimático de cogumelo

A atividade enzimática foi determinada conforme metodologia de Campos e Silveira (2003) com modificações. Triturou-se por 3 min 50 g de amostra em um mixer, com 50 mL de solução tampão fosfato de concentração 0,05 mol/L e pH 7,0, até completa homogeneização e em seguida filtrado com filtro de poliéster (organza). Posteriormente, foram centrifugadas a 10.000 rpm ou 9083 g durante 10 min, em centrífuga refrigerada a 4 °C. O sobrenadante constitui a fonte enzimática. Tanto os reagentes quanto o extrato enzimático foram armazenados sob refrigeração a 4 °C até o momento da análise para determinação da atividade das enzimas PPO e POD. As análises foram preparadas em triplicata para cada tempo de exposição de UV. Foi realizado análise também no controle (tempo 0).

3.2.2. Polifenol oxidase (PPO)

A atividade da PPO foi realizada colocando-se em tubos de ensaio 1,0 mL do extrato enzimático, adicionado de 1,8 mL do tampão fosfato 0,1 mol/L e pH 7,0, acrescido de três gotas de catecol 10 mol/L. Os tubos foram colocados em banho maria à 30 °C por 30 min e a reação foi interrompida pela adição de 1,6 mL de ácido perclórico 2 mol/L. Foi utilizado um controle ou branco (B), para zerar a absorbância, contendo os reagentes e água destilada. Para leitura da absorbância foi utilizado um espectrofotômetro de marca Micronal, modelo AJX-1000 no comprimento de onda de 395 nm. Uma unidade da enzima (UE) é definida como a quantidade de extrato enzimático que acusou um aumento na absorbância de 0,001 unidades por minuto (CAMPOS; SILVEIRA, 2003).

3.2.3. Peroxidase (POD)

A atividade da POD foi analisada pela determinação da absorbância do guaiacol. Utilizou-se 3 mL do extrato em 5 mL de tampão fosfato-citrato 0,02 mol/L (pH = 5,0), 0,5 mL de guaiacol. Incubou-se a 30 °C por 5 minutos. A reação foi interrompida pela adição de 1,0 mL de bissulfito de sódio 30 %. Para o branco, foi substituído o volume de extrato por água destilada. A leitura da absorbância foi feita a 470 nm. A atividade específica da POD foi definida como U.E/g de tecido de cogumelo.

3.3. Pré-Tratamento

Foi realizada a influência da luz UV em píleos e estipes separadamente para verificar a atividade

3.3.1. Avaliação da influência de luz ultravioleta (UV) na inativação enzimática de *P. ostreatus*

Foi utilizado uma capela de fluxo laminar com irradiador UV-C germicida contendo duas lâmpadas emissoras de UV-C 0,6 m com um pico de emissão a 254 nm (Pa 50, Pachane, Brasil). Os cogumelos foram colocados em placas de petri abertas e iluminados com a lâmpada

UV-C nos pães e estípes. O experimento foi conduzido com o controle T1 (sem tempo de exposição), T2 (20 min), T3 (30 min), T4 (40 min), T5 (50 min) e T6 (60 min). Cada lado dos cogumelos foi submetido a metade do tempo total de cada tratamento. Os experimentos com a irradiação foram realizados a temperatura de 25 °C.

3.3.2. Tratamento térmico com uso de β -Glucanase e *sous vide*

Para o tratamento térmico de branqueamento foi utilizado a enzima β -Glucanase para ação sobre as glucanas, sendo adaptado da metodologia de Fukuda et. al. (2008) e associado com a técnica de *sous vide* de Doroški et al. (2022) (adaptado), com o objetivo de texturizar a parede celular e deixar mais exposta a proteína. Para a inativação foi realizado o tratamento térmico seguindo a metodologia de Buckow, Heinz e Knorr (2012).

3.4. Matérias-primas, insumos e coadjuvantes

Para as formulações dos delineamentos experimentais foram utilizados os seguintes ingredientes, insumos, coadjuvantes e matérias primas: Cogumelos *P. ostreatus* (Cogumelos do Japinha - Bom Sucesso/Brasil): Foram mantidos sob refrigeração (4 °C) até a realização dos experimentos com intervalo máximo de manipulação de 24 h após a colheita; Proteína Isolada de soja (PIS) 90 % (C2 Alimentos - Andradas/Brasil); Farinha de aveia integral - FA (Dr. Oetker, Porto Alegre, Brasil); Glutamina - Gt (Generics Labs, São Paulo/ Brasil); Goma Acácia - GA (arábica) (Nova Fórmula, Diadema/Brasil); enzima transglutaminase (TGase) (New Ingredients®, Bochum/Germany); enzima β -glucanase - β -G (Prodooze B, Mogi das Cruzes/Brasil); glutamato monossódico - GM (Ajinomoto®, São Paulo/Brasil); óleo de coco - OC (Copra, Sumaré/Brasil); óleo de soja - OS (Soya®, Ponta grossa/Brasil); tripolifosfato de sódio - TS (Synth®, Diadema/Brasil).

3.5. Elaboração de análogos de filé de peixe

A metodologia para preparo e montagem das formulações foi adaptada de Mazumder et al. (2023). Todas as amostras foram elaboradas seguindo as boas práticas de fabricação. Na Figura 6, é apresentado um fluxograma com todas as etapas realizadas para elaboração do análogo de filé de peixe.

O experimento foi conduzido com estipe de cogumelos *P. ostreatus*, estágio de maturação avançado, hiratake devido a testes conduzidos em que foi observado que o estipe libera menos líquidos durante o processamento em relação ao píleo, além de manter a cor mais clara após tratamento térmico. O fato de utilizar o hiratake está relacionado ao tamanho não comercial em relação ao shimeji, sendo assim, o presente estudo foi elaborado para utilizar o subproduto da colheita que são geralmente descartados.

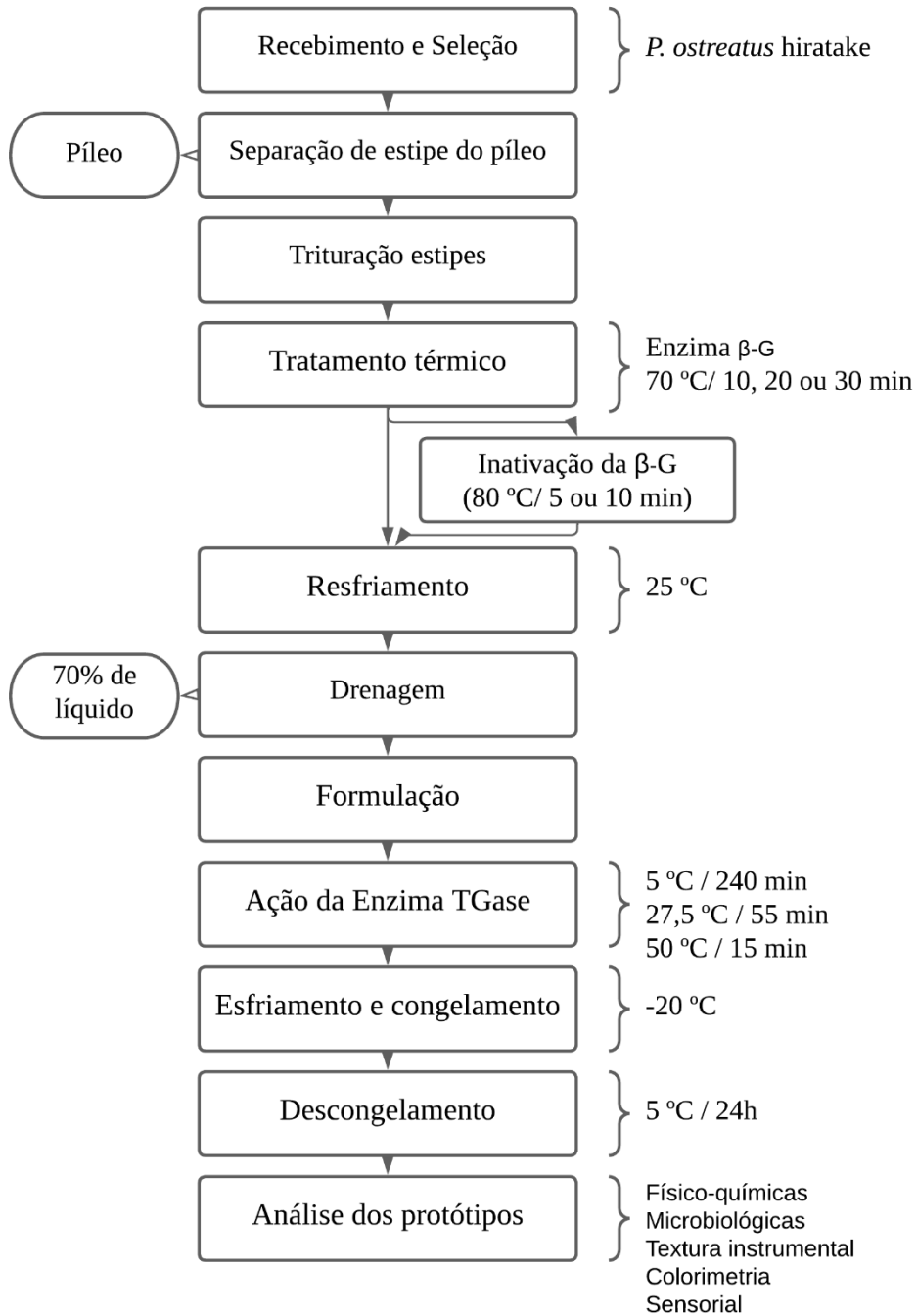
A primeira etapa foi a de recebimento e seleção, foi realizada a seleção dos cogumelos *P. ostreatus* hiratake, ou seja, os maduros, realizando-se limpeza mecânica com um pincel. A segunda etapa foi de separação dos píleos e estipes. Em seguida, os estipes foram triturados utilizando um mixer marca Walita, modelo RI1363 e armazenadas em sacos plásticos de fechos herméticos contendo 100 g. Foi adicionada a enzima β -glucanase (β -G) de acordo com o delineamento experimental Plackett e Burman (PB) (Tabela 4) para cada ensaio. Foi retirado o ar dos sacos plásticos, foram fechados e levados ao banho *sous vide*. Para o branqueamento e ação da β -G realizados simultaneamente, foi fixada a temperatura ótima de ação da β -G em 70 °C, adaptado de Fukuda et al. (2008), e foram variados os tempos (10, 20 ou 30 min) de acordo com o PB20. Após tratamentos térmicos, alguns ensaios foram levados para inativação térmica da β -G a 80 °C por 5 ou 10 min, adaptado de Buckow, Heinz e Knorr (2012), e todas as embalagens foram colocadas em banho de gelo até atingir 25 °C após os tratamentos térmicos.

Posteriormente, foi realizada a drenagem do líquido exsudado do processo de tratamento térmico. As massas de estipes tratadas e resfriadas foram colocadas em filtros de poliéster (organza), realizado prensagem manual de 70 % de líquidos exsudados da massa, ou seja, até obter 30 % da massa inicial. A quantidade drenada foi determinada pela pesagem inicial da massa de estipe subtraída da massa final.

Para realizar a formulação de cada ensaio utilizou-se como base de cálculo 100 g por molde em quadruplicata. Os ingredientes em pó foram pesados e misturados, sendo: enzima TGase, PIS, FA, Gt, GM, GA, FM e TS. Foram adicionados óleo de soja e/ou o óleo de coco ao estipe drenado e realizada uma homogeneização por 3 min com mixer. Posteriormente foi adicionado o mix dos ingredientes em pó e a massa foi homogeneizada por 5 min.

A matriz completa para o delineamento experimental Plackett e Burman (PB20) contendo as condições de formulação e processo de interesse para estudo das variáveis significativas para o desenvolvimento dos protótipos de análogo de filé de peixe a base de cogumelos encontra-se detalhada na Tabela 5.

Figura 6. Fluxograma de processamento de análogo de filé de peixe



β -G = β -glucanase; TGase = transglutaminase;

Tabela 4. Relação de valores codificados e reais das variáveis independentes do planejamento experimental Plackett-Burman 20

Variáveis		Valores reais dos níveis		
		-1	0	1
Conc. β -glucanase (%)	X1	0	0,3	0,6
Branqueamento c/ β -G (min)	X2	10	20	30
Conc. transglutaminase (%m/m)	X3	0,1	0,55	1
Binômio TGase (min/°C)	X4	15/50	55/27,5	240/5
Proteína soja (%m/m)	X5	5	7,5	10
Farinha aveia (%m/m)	X6	0	2,5	5
Glutamina (%m/m)	X7	0	1	2
Glutamato (%m/m)	X8	0	1	2
Goma acácia (%m/m)	X9	0	5	10
Fécula mandioca (%m/m)	X10	0	0,5	1
Óleo de coco (%m/m)	X11	0	0,5	1
Óleo de soja (%m/m)	X12	0	0,5	1
Tripolifosfato (%m/m)	X13	0	0,1	0,2
Inativação β -glucanase (min)	X14	0	5	10

Foi desenhado um PB20 com 20 ensaios e 3 pontos centrais. As variáveis independentes foram: 1) Concentração de β -Glucanase (% m/m), 2) tempo de ação da β -Glucanase (min), 3) Concentração da TGase (% m/m), 4) Temperatura (°C) / tempo (minutos) para ação da TGase, 5) PIS (% m/m), 6) FA (% m/m), 7) Gt (% m/m), 8) GM (% m/m), 9) GA (% m/m), 10) FM (% m/m), 11) OC (% m/m), 12) OS (% m/m), 13) TS (% m/m), 14) Tempo de inativação da β -Glucanase (min).

As variáveis dependentes foram 1) dureza (N), 2) elasticidade (mm), 3) coesividade (taxa), 4) gomosidade (N), 5) mastigabilidade (N/mm), 6) resiliência (taxa), parâmetros de cor 7) L*, 8) a*, 9) b*, 10) a_w, 11) pH e 12) densidade (g/mL). As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do *software Statistica 8.0* (Statsoft ®).

Tabela 5. Matriz de valores do PB20.

Trat.	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X13	X14
1	1	10	1,0	50/15	5	0	0	0	10	0	1	0	0,2	10
2	1	30	0,1	50/15	10	0	0	0	0	1	0	1	0,0	10
3	0	30	1,0	5/240	10	5	0	0	0	0	1	0	0,2	0
4	0	10	1,0	50/15	5	5	2	0	0	0	0	1	0,0	10
5	1	10	0,1	50/15	10	0	2	2	0	0	0	0	0,2	0
6	1	30	0,1	5/240	10	5	0	2	10	0	0	0	0,0	10
7	1	30	1,0	5/240	5	5	2	0	10	1	0	0	0,0	0
8	1	30	1,0	50/15	5	0	2	2	0	1	1	0	0,0	0
9	0	30	1,0	50/15	10	0	0	2	10	0	1	1	0,0	0
10	1	10	1,0	50/15	10	5	0	0	10	1	0	1	0,2	0
11	0	30	0,1	50/15	10	5	2	0	0	1	1	0	0,2	10
12	1	10	1,0	5/240	10	5	2	2	0	0	1	1	0,0	10
13	0	30	0,1	50/15	5	5	2	2	10	0	0	1	0,2	0
14	0	10	1,0	5/240	10	0	2	2	10	1	0	0	0,2	10
15	0	10	0,1	50/15	5	5	0	2	10	1	1	0	0,0	10
16	0	10	0,1	5/240	10	0	2	0	10	1	1	1	0,0	0
17	1	10	0,1	5/240	5	5	0	2	0	1	1	1	0,2	0
18	1	30	0,1	5/240	5	0	2	0	10	0	1	1	0,2	10
19	0	30	1,0	5/240	5	0	0	2	0	1	0	1	0,2	10
20	0	10	0,1	5/240	5	0	0	0	0	0	0	0	0,0	0
21	0	20	0,55	27,5/55	7,5	2,5	1	1	5	0,5	0,5	0,5	0,1	5
22	0	20	0,55	27,5/55	7,5	2,5	1	1	5	0,5	0,5	0,5	0,1	5
23	0	20	0,55	27,5/55	7,5	2,5	1	1	5	0,5	0,5	0,5	0,1	5

X1 = concentração de β -Glucanase (m/m); X2 = tempo de ação da β -Glucanase (min); X3 = Concentração da Tgase (m/m); X4 = temperatura ($^{\circ}$ C) / tempo (min) ação da Tgase; X5 = Proteína Isolada de soja (m/m); X6 = farinha de aveia (m/m); X7 = glutamina (m/m); X8 = glutamato monossódico (m/m); X9 = goma acácia (m/m); X10 = fécula de mandioca (m/m); X11 = óleo de soja (m/m); X12 = óleo de coco (m/m); X13 = tripolifosfato de sódio (m/m); X14 = tempo de inativação da β -Glucanase (min)

3.6. Análise de textura e cor instrumental do análogo de filé de peixe

3.6.1. Textura instrumental

Foi realizada a análise de perfil de textura com um texturômetro (TA.XT plus Texture Analyzer, Stable Micro Systems Ltd.), equipado com uma célula de carga de 5 kg. Os parâmetros utilizados foram semelhantes aos do trabalho de Bernardo et al. (2022). Foi utilizada a sonda cilíndrica P/75 mm de diâmetro, as amostras cortadas em cubos de 2,0 cm³, e foram comprimidas duas vezes a 50 % de sua espessura original a uma velocidade de pré-teste de 1 mm/s. O teste e pós-teste foi realizado com velocidade de 2 mm/s entre os ciclos de compressão, usando a probe a 30 mm de altura inicial. A firmeza foi obtida por análises da curva de força em função do tempo. A variável firmeza, expressa em Newton (N), foi registrada e a partir dela foram calculados os parâmetros de dureza, elasticidade, coesividade, gomosidade, mastigabilidade e resiliência pelo software do equipamento. Foram realizadas cinco repetições das análises para cada ensaio. Os resultados de perfil de textura foram comparados com os obtidos com amostras de filé de tilápia, utilizadas como padrão para os análogos de peixe.

3.6.2. Medição de cor

Para análise de cor, foi utilizado um colorímetro Konica Minolta CM-5 (Minolta, Osaka, Japão). Após calibração com padrão (placa branca), as amostras foram colocadas em placa transparente e realizada a análise em triplicata. Os resultados foram expressos de acordo com o sistema CIE LAB com referência ao iluminante D65 e um ângulo visual de 10°. Os seguintes parâmetros foram determinados: L*, a* e b*, em que L* define a luminosidade (L* = 0 - preto e L* = 100 - branco) e a* e b* são responsáveis pela cromaticidade (+a* vermelho e -a* verde; +b* amarelo e -b* azul) (CIE, 1986). Foram realizadas análises com filé de tilápia também para ter os parâmetros de cor do peixe como padrão.

3.7. Análise sensorial

As análises sensoriais foram realizadas após aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa (COEP) com seres humanos da UFLA (Parecer nº: 5.552.956 de 29/07/2022 e Certificado de Apresentação de Apreciação Ética - CAAE: 60509622.7.0000.5148) (ANEXO B). Os

participantes assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE) antes da análise sensorial. Todas as amostras servidas foram previamente analisadas microbiologicamente e foram servidas por estarem de acordo com o padrão para *E. coli* da IN 161/2022 da ANVISA. Foi realizada análise microbiológica para *E. coli* seguindo a metodologia da 992.30 (AOAC, 2000) utilizando o kit de teste da ColiComplete® da Merck. Os tubos foram examinados sob luz ultravioleta de onda longa (366 nm). Tubos fluorescentes indicam resultado positivo para *E. coli*. Todas as amostras servidas no teste sensorial tiveram resultado negativo para *E. coli*.

A análise sensorial foi realizada com 108 provadores voluntários não treinados, de ambos os sexos, frequentadores da Universidade Federal de Lavras com idade acima de 18 anos e consumidores de peixe. A análise sensorial foi realizada em cabines individuais no Laboratório de Análise Sensorial do Departamento de Ciências dos Alimentos (DCA) da UFLA com metodologias adaptadas de Mondragón-Bernal et al. (2011). As amostras previamente selecionadas do PB20, foram preparadas, descongeladas em refrigeração 24h antes dos testes, cortadas em cubos de 2 cm, colocadas em uma frigideira com óleo de soja a 180 °C e cada lado foi frito por 1:30 min. Em seguida foram retiradas, colocadas em folhas de papel absorvente e servidas a uma temperatura entre 40-45 °C.

Foram entregues aos participantes, fichas de avaliação sensorial (Anexo B) contendo cinco escalas hedônicas não estruturadas de 9 cm para testes afetivos de aparência, aroma, sabor, textura e impressão global para encontrar o quanto ou não os protótipos se assemelhavam com peixe frito nos aspectos avaliados ou ainda se lembravam algum peixe específico. A ficha continha também parte da metodologia CATA (*Check-All-That-Apply*) (JORGE et al., 2015) com alguns termos descritores encontrados na literatura associados a características sensoriais de peixe frito. Neste teste, os avaliadores foram questionados sobre quais atributos identificavam no filé análogo a peixe frito elaborado com cogumelos.

Cada provador recebeu 3 amostras codificadas com 3 números aleatórios (apresentação monádica) juntamente com a ficha de avaliação. As amostras foram servidas em copos descartáveis brancos de plástico apto para alimentos servidos quentes, talheres e guardanapos foram disponibilizados. Os provadores foram instruídos a beberem água para enxaguar o palato e mastigarem bolacha água-sal entre a degustação de amostras. As amostras selecionadas foram os tratamentos 6, 17 e o ponto central (PC) do PB20, suas respectivas formulações podem ser vistas na matriz de valores (Tabela 5). Os provadores foram informados antecipadamente sobre ingredientes usados nas formulações. Os resultados obtidos na análise sensorial foram

submetidos à análise de variância (ANOVA), e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5 % de significância, utilizando o software *Statistica* 8.0 (Statsoft®).

Foi realizado uma tabela nutricional com as amostras utilizadas na análise sensorial seguindo a regulação técnica RDC nº 429 (BRASIL, 2020).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Composição centesimal

Na Tabela 6 são apresentados os valores obtidos das análises centesimais realizadas com cogumelos inteiros e suas partes, píleo e estipe de *P. ostreatus* em estágio de maturação shimeji e hiratake. Os resultados foram calculados em matéria integral ou base úmida (b.u.).

Tabela 6. Valores de composição centesimal e físico-químicas do *P. ostreatus* shimeji e hiratake

Análises	Shimeji		Hiratake		<i>P. ostreatus</i>	Filé de tilápia
	Inteiro	Inteiro	Píleo	Estipe	[1]	[2]
Umidade (%)*	92,64 ± 0,11 ^a	92,66 ± 0,13 ^a	93,01 ± 0,91 ^a	92,17 ± 0,39 ^a	90,65	77,13
Extrato Etéreo (%)*	0,11 ± 0,02 ^b	0,05 ± 0,01 ^{ab}	0,03 ± 0,01 ^a	0,08 ± 0,04 ^{ab}	0,15	2,60
Proteína Bruta (%)*	2,07 ± 0,29 ^a	1,54 ± 0,07 ^{ab}	1,78 ± 0,29 ^a	1,18 ± 0,13 ^b	3,40	19,36
Fibra Bruta (%)*	0,25 ± 0,16 ^c	1,69 ± 0,22 ^{ab}	1,09 ± 0,41 ^a	1,76 ± 0,14 ^b	3,06	-
Cinzas (%)*	0,67 ± 0,02 ^c	0,46 ± 0,01 ^a	0,57 ± 0,04 ^b	0,43 ± 0,02 ^a	0,76	1,09
Fração Glicídica (%)*	4,26 ± 0,22 ^a	3,83 ± 0,51 ^a	3,52 ± 0,82 ^a	4,37 ± 0,67 ^a	1,98	-
pH	6,59 ± 0,07 ^a	6,44 ± 0,20 ^a	6,44 ± 0,20 ^a	6,42 ± 0,14 ^a	-	-
Acidez (% m/m)***	0,18 ± 0,01 ^a	0,14 ± 0,04 ^a	0,17 ± 0,06 ^a	0,14 ± 0,01 ^a	-	-
Aw	0,98 ± 0,00 ^a	0,98 ± 0,01 ^a	0,99 ± 0,00 ^a	0,99 ± 0,00 ^a	-	0,983

Legenda: * Em base de matéria integral; ** Fibra alimentar; Acidez titulável total em g de ácido cítrico/100g de cogumelo. Referências: [1] Bach et al. (2017); [2] Simões et al. (2007)

Neste estudo, a umidade variou entre 92,17 % (hiratake estipe) a 93,01 % (hiratake píleo) não havendo diferença significativa. Bach et al. (2017), avaliaram os principais constituintes químicos e bioquímicos de nove cogumelos comestíveis e encontraram umidade acima de 90,65 % para *P. ostreatus*. Pascual-Pineda et al. (2020) encontraram um teor de umidade de 91,80 %. A umidade se encontra em maior teor na maturação hiratake na porção

píleo em relação ao shimeji inteiro. A menor umidade na etapa de maturação hiratake estipe pode ser uma indicação que o cogumelo concentra mais compostos líquidos em seu chapéu para conferir proteção de incidência solar. Simões et al. (2007) encontraram 77,13 % de umidade em filés de tilápia. Esse teor pode variar entre 60 a 85 % em tilápias (OGAWA; MAIA, 1999), já que o teor de umidade é um indicador do conteúdo de proteína corporal e lipídios nos peixes, uma vez que com o aumento do peso corporal dos peixes a umidade tende a diminuir. Tal fator pode sofrer variações dentro da mesma espécie devido a alimentação, temperatura da água e mobilidade. Em uma formulação de análogo de peixe utilizando esse cogumelo como matéria-prima, percebe-se que é imprescindível realizar um considerável ajuste no teor de umidade por meio de técnicas de secagem ou drenagem de exsudado para se aproximar aos teores de um filé de peixe branco.

Os teores de extrato etéreo (lipídios) encontrados neste estudo foram baixos, como esperado para cogumelos, variando de 0,03 % (píleo do hiratake) a 0,11 % (shimeji inteiro) em b.u. Houve diferença significativa do píleo do hiratake e o shimeji inteiro dos demais resultados. Kalač (2009) encontrou variação de 2 a 10 %, em base seca (b.s.). Bach et al. (2017), encontraram 0,15 % em b.u. para a mesma espécie de cogumelo. Wang et al. (2018) encontraram níveis de lipídios que variaram de 0,10 g/100 g (estágio 1 de crescimento) a 0,12 g/100 g (estágio 2) no estipe de cogumelo *A. bisporus* e de 0,10 g/100 g (estágio 4) a 0,20 g/100 g (estágio 1) no píleo. Alimentos com baixo teor lipídico são importantes para dietas saudáveis e com restrição de calorias. Além disso, a maior concentração de ácidos graxos encontrados nos cogumelos é insaturada, entre eles o essencial linoleico, ômega 6 (COHEN et al., 2014). Simões et al. (2007) encontraram teor de 2,60 % de lipídios em tilápia resultado maior que o encontrado nos cogumelos deste estudo conforme o esperado devido as diferenças das características físicas, organolépticas e metabólicas entre um animal e um fungo.

A quantidade de proteínas encontradas variaram entre 1,18 % (hiratake estipe) e 2,07 % (shimeji inteiro), havendo diferença significativa entre a estipe do hiratake dos demais. Nos cogumelos avaliados por Bach et al. (2017), para *P. ostreatus* o teor obtido para proteínas foi 3,40 %. Valores semelhantes foram relatados por Cohen et al. (2014). Wang et al. (2018) concluíram em seu trabalho que a proteína bruta e o carboidrato total foram os principais componentes dos corpos frutíferos do cogumelo *Agaricus bisporus*. Os níveis de proteína bruta variaram de 3,83 g/100 g a 5,56 g/100 g no estipe de cogumelo e 4,37 g/100 g a 6,18 g/100 g no píleo de cogumelo. Os maiores níveis de proteína bruta foram encontrados no estipe e no píleo dos cogumelos colhidos no estágio de crescimento 1 (menor tamanho). Segundo Raya et

al. (2014), o teor de proteína dos cogumelos pode variar de acordo com diversos fatores, como variedade/tipo de cogumelo, composição do meio de cultivo, época de colheita, técnica de manejo e condições dos substratos. Simões et al. (2007) encontraram 19,36 % de proteína em filés de tilápia. Como os cogumelos utilizados neste trabalho obtiveram valores inferiores as referências encontradas para filé de peixe, um ajuste no teor de proteína na formulação dos análogos de peixe a base de cogumelos deverá ser realizado para aproximar a quantidade fornecida por um filé de peixe de água doce como a tilápia, por exemplo, por meio da adição de fontes proteicas vegetais como a proteína isolada de soja.

Foi encontrado teores de fibra total entre 0,25 % (shimeji) e 1,76 % (hiratake estipe) não havendo diferença significativa ($p > 0,05$) somente para o hiratake inteiro em relação ao píleo e estipe. Bach et al. (2017) encontraram 3,06 % de fibras totais em matéria integral, que foi considerado elevado, podendo ser explicado através do meio de cultivo e substrato utilizado. Segundo Rop; Mlcek e Jurikova (2009), a variação no teor de fibras pode estar também relacionada principalmente com fatores genéticos, que irão determinar a quantidade e o tipo de sacarídeos presentes nas paredes celulares fúngicas. Conforme observado por Bach et al. (2017), para o teor de fibra alimentar total, a quantidade de β -glucanas foi maior para os cogumelos dos gêneros *Pleurotus*, *Lentinula* e *Flammulina*. As β -glucanas são um dos principais componentes da parede celular fúngica e reconhecidos como potentes estimuladores imunológicos em células humanas.

Houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre cinzas para o shimeji (0,67 %), píleo do hiratake (0,58 %) para o hiratake inteiro (0,46 %) e estipe (0,43 %). Bach et al. (2017) encontraram teor de cinzas para a espécie *P. ostreatus* de 0,76 %. Wang et al. (2018) encontraram cinzas que variaram de 0,83 g/100 g a 1,51 g/100 g no estipe de cogumelo *A. bisporus* e de 0,94 g/100 g a 1,47 g/100 g no píleo. Sturion e Ranzani (2000), estudaram onze amostras de basidiomicetos. *P. ostreatus*, o *F. velutipes*, o *L. edodes* e o *A. brasiliensis* eles concluíram que esses cogumelos podem ser classificados como alimentos de baixo teor de cinzas, e principalmente do mineral sódio (<40 mg). Simões et al. (2007) encontraram 1,09 % em seus estudos. Segundo Ogawa e Maia (1999) o teor de cinzas em tilápia pode variar de 1-2 %. A determinação de cinzas fornece uma indicação do teor de minerais na amostra. Em uma formulação de análogo de peixe, a utilização do *P. ostreatus* juntamente com outros ingredientes que contenham maiores teores de minerais em sua composição pode ajustar o teor de cinzas totais para mais próximo de um peixe.

A fração glicídica ou carboidratos totais correspondem ao extrato livre de nitrogênio estando também excluída a fração lipídica. O teor encontrado no presente estudo variou de 3,52 % (píleo do hiratake) a 4,37 % (estipe do hiratake), mas não houve diferença significativa entre eles. Bach et al. (2017) encontraram 1,98 %. A fração sólida dos cogumelos é composta principalmente por carboidratos (principalmente fibras alimentares) e proteínas. Wang et al. (2018) encontraram níveis totais de carboidratos que variaram de 2,45 g/100 g a 3,22 g/100 g no estipe de cogumelo *A. bisporus* e de 1,59 g/100 g a 2,56 g/100 g no píleo. Os carboidratos encontrados nos cogumelos são principalmente polissacarídeos que constituem a parede celular. As paredes celulares contêm uma mistura de componentes fibrilares que incluem quitina e os polissacarídeos β -D-glucanas e mananas. Estes componentes são carboidratos não digeríveis que são resistentes às enzimas humanas e podem ser considerados como uma fonte de fibra alimentar (CHEUNG, 2013; MUKHOPADHYAY; GUHA, 2015).

Os valores encontrados para pH neste trabalho foram maiores para shimeji (6,59) do que para o hiratake inteiro, píleo e estipe (6,44, 6,44 e 6,42 respectivamente), porém não houve diferença significativa a 95 %. Fidanza et al (2010) e Boonsiriwit, et al (2021), acharam para *A. bisporus* pH de 6,6 e 6,8, respectivamente, nos cogumelos frescos antes de serem processados e estocados para seus estudos. A carne de peixe geralmente tem o pH muito alto no período *post mortem* (>6,0). A maioria dos peixes contém pouco carboidrato no tecido muscular (<0,5 %) logo, pequenas quantidades de ácido láctico são produzidas no *post mortem* diminuindo o pH para próximo ao ponto isoelétrico das proteínas, em torno de pH 5,2 (OGAWA; MAIA, 1999). Isso justifica a diferença entre pH de um cogumelo com de uma carne. Valores de pH mais próximos de 7 pode indicar um cogumelo com um sabor mais neutro, que poderia ser adequado para uma ampla variedade de preparações na indústria.

A acidez titulável afere a concentração total de acidez em alimentos e tem influência no sabor, cor, estabilidade microbiana e qualidade geral destes (TYL et al., 2017). Os resultados da determinação de acidez titulável total variou entre 0,18 g/100 g (shimeji) e 0,14 g/100 g (hiratake inteiro e estipe), porém não houve diferença significativa. Valores semelhantes foram encontrados por Modolo e Coelho (2021) em cogumelo *A. bisporus in natura* com média de 0,15 g/ 100 g de ácido cítrico, e após armazenamento em conserva variou entre 0,18 a 0,25 g/ 100 g de ácido cítrico. Os cogumelos podem secretar compostos ácidos ou alcalinos em sua matriz celular durante o crescimento. À medida que o cogumelo amadurece ocorre uma maior produção de ácidos orgânicos, como o ácido láctico ou o ácido acético, que podem ser liberados

durante o metabolismo do cogumelo. Esses ácidos podem contribuir para a diminuição do pH no estágio de maturação mais elevado e aumento da acidez (PAVANELLO; RIBEIRO, 2022).

Não houve diferença significativa ($p < 0,05$) para a a_w . Pascual-Pineda et al. (2020), realizaram análise de a_w para *P. ostreatus* frescos e encontraram o valor de 0,994. A a_w é uma propriedade que reflete a qualidade e estabilidade de um alimento. De acordo com Kim et al. (2016) esta é uma medida da quantidade de água não ligada disponível em um produto alimentício, que propicia o crescimento de micro-organismos. De modo geral, micro-organismos necessitam, no mínimo, 0,60 de A_w para seu crescimento, enquanto que o mínimo de atividade de água requerido para o crescimento da maioria das bactérias é de cerca de 0,87. Bactérias halofílicas requerem 0,75 de A_w e para a produção de micotoxinas por bolores é necessário 0,80 de A_w (BEUCHAT et al., 2013). Simões et al. (2007) encontraram a_w de 0,983 em tilápia indicando que a presença de água disponível intensifica a atividade catalítica dos metais, portanto, o risco de oxidação aumenta à medida que atividade de água aumenta, tornam a carne de peixe um produto altamente perecível (OGAWA; MAIA, 1999).

Como os valores médios encontrados da composição centesimal e físico-química do *P. ostreatus* do estipe estágio hiratake foram satisfatórios, tendo menor teor de umidade e pH; e maior teor de fibra, esta porção foi selecionada devido a ser considerado um subproduto por não atender a padrões comerciais em termos de dimensões, como forma ou tamanho, assim é possível agregar valor e diminuir os resíduos de produção.

4.2. Avaliação da influência de luz ultravioleta (UV) na inativação atividade enzimática de *P. ostreatus*

Na Tabela 7, estão os resultados dos tratamentos com cogumelos maturação hiratake submetidos à luz UV.

Foram observadas oscilações da atividade enzimática durante cada tempo de exposição na irradiação UV, tanto para PPO e PPO quanto para o píleo e estipe do cogumelo. Tais oscilações nas atividades enzimáticas podem ser observadas nas Figuras 7 e 8 com comparação dos resultados encontrados no píleo e no estipe.

Pela Figura 7, observou-se que não houve diminuição da atividade enzimática de PPO com o aumento do tempo de exposição à luz UV, tanto para o píleo, como para o estipe. Para o píleo, a maior atividade da PPO foi no T3 (98 U.E/g); e a menor foi no T4 (63 U.E/g). As mais baixas atividades foram encontradas no píleo não irradiado e no irradiado durante 40 min.

No estipe as atividades mais baixas de PPO ocorreram no tratamento sem irradiação e o com 40 min de irradiação.

Tabela 7. Resultados de Atividade enzimática da PPO e POD para os tratamentos de píleo e estipe com irradiação com luz UV

Atividade de PPO (U.E/g)						
Tratamento	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Píleo	65 ± 8 ^a	78 ± 2 ^b	98 ± 3 ^c	63 ± 4 ^a	77 ± 1 ^b	67 ± 3 ^{ab}
Estipe	53 ± 3 ^a	66 ± 3 ^b	70 ± 3 ^b	47 ± 6 ^a	52 ± 6 ^a	48 ± 0 ^a

Atividade de POD (U.E/g)						
Tratamento	T1	T2	T3	T4	T5	T6
Píleo	67 ± 9 ^a	105 ± 6 ^b	175 ± 17 ^c	60 ± 3 ^a	82 ± 10 ^{ab}	77 ± 15 ^{ab}
Estipe	21 ± 3 ^a	81 ± 3 ^c	120 ± 14 ^d	63 ± 8 ^{ab}	51 ± 14 ^b	56 ± 4 ^{ab}

T1 = Controle (sem exposição UV); T2 = 20 min; T3 = 30 min; T4 = 40 min; T5 = 50 min e T6 = 60 min de exposição de UV.

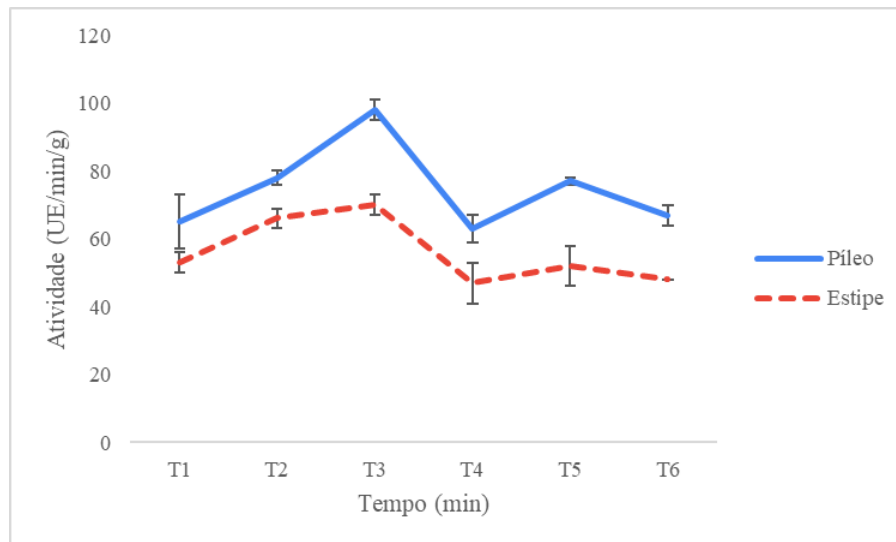
Lei et. al. (2018) detectaram aumentos e quedas da atividade de PPO entre casca, píleo, estipe e lamelas do cogumelo *A. bisporus*. Ocorreu aumento da PPO na casca e píleo durante a estocagem por 21 dias a 4 °C. O aumento da atividade de PPO com tratamento UV-C foi de 24 U.g⁻¹ em relação ao grupo controle que foi de 11 U.g⁻¹ para casca e cerca de 50 U.g⁻¹ no píleo para as mesmas condições.

Já no estipe e lamelas, ocorreram reduções em períodos de estocagem de 14 dias da atividade de PPO de mais de 17 U.g⁻¹ nas amostras tratadas com UV-C. Mudanças semelhantes na atividade da PPO foram observadas no estipe e nas lamelas A atividade da PPO aumentou durante o armazenamento por 21 dias a 4°C, e a magnitude alterada da atividade da PPO no estipe (60 U.g⁻¹) foi maior do que no píleo e na lamela (10 U.g⁻¹).

Em comparação com o controle, a atividade da PPO mostrou-se menor no estipe e na lamela após o tratamento com UV-C. Isso pode ser devido à inibição da expressão do gene PPO após irradiação de UV-C. Esses resultados sobre a atividade da enzima PPO no píleo, lamelas e estipe de cogumelos tratados com UV-C estão de acordo com os relatados anteriormente por Falguera et al. (2012) que sugeriram que uma redução de 58,7 % na atividade da enzima PPO após irradiação ultravioleta contendo 12 U/ml in vitro de *A. bisporus* foi alcançada nos primeiros 90 min, e a atividade da enzima PPO foi completamente inativada após 35 min de tratamento. Concentrações de fenólicos (GHB, GDHB e tirosina) nos tecidos de *A. bisporus*

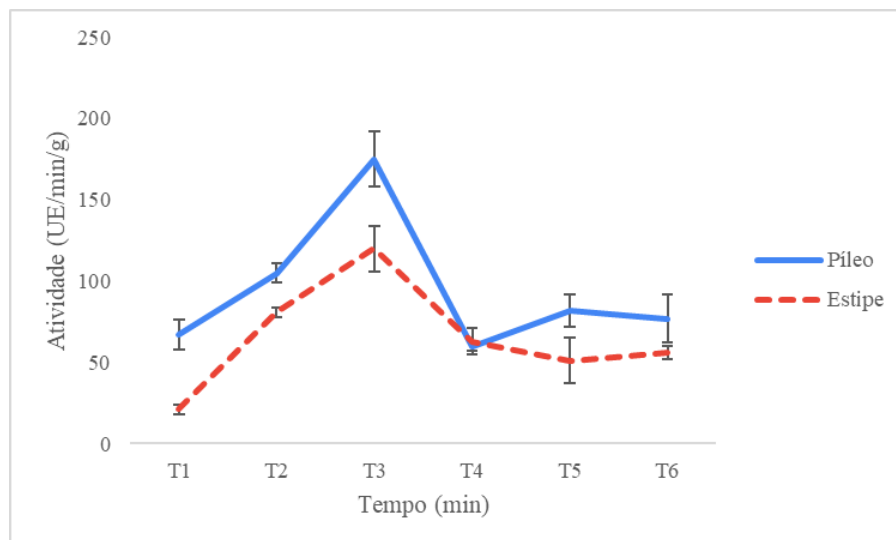
(incluindo píleo, estipe e lamelas) aumentaram após o tratamento com UV-C (WU et al., 2016), o que provavelmente se deve a ativação de algumas enzimas no metabolismo dos fenilpropanóides e inibição da atividade da PPO pela irradiação UV-C, o que foi consistente.

Figura 7. Variação da atividade da PPO no píleo e no estipe do cogumelo *P. ostreatus* com o tempo de exposição à luz UV



A atividade de PPO para a amostra tratada com UV-C foi maior do que o controle porque a luz UV-C pode causar danos nos tecidos externos dos cogumelos (GUAN; FAN; YAN, 2013) acarretando um estresse.

Figura 8. Variação da atividade da POD no píleo e no estipe do cogumelo *P. ostreatus* com o tempo de exposição à luz UV



T1 = controle; T2 = 20 min; T3 = 30 min; T4 = 40 min; T5 = 50 min; e T6 = 60 min.

Na Figura 8, podem ser observadas as variações das atividades de POD com o tempo de exposição à luz UV para pílco e estipe de *P. ostreatus*. No pílco, as atividades enzimáticas mais baixas foram detectadas nos tratamentos T1 e no T4 (67 e 60 U.E/g.) e a mais alta ocorreu no T3 (175 U.E/g.).

A atividade enzimática do estipe foi no geral mais baixa que no pílco, sendo que no tratamento sem irradiação e determinou-se a mais baixa de todas (21 U.E/g) e o T3 ocorreu a mais alta (120 U.E/g).

Há pouca informação sobre a resposta do cogumelo à aplicação de UV-C para avaliar o comportamento da atividade da POD. Sabe-se que o estresse UV produz danos nos tecidos vegetais por induzir o estresse oxidativo que pode levar à peroxidação lipídica, desnaturação de proteínas, oxidação de carboidratos e danos ao DNA. As plantas respondem a esse estresse induzindo enzimas que desempenham um papel na eliminação de espécies reativas de oxigênio (SPRINGOB et al., 2003).

JIANG et al (2010), aplicaram luz UV-C (4 kJ/m²) em *L. edodes* e testaram atividades enzimáticas em condições de armazenamento. Observaram que o tratamento aumentou as atividades das enzimas antioxidantes da catalase, superóxido dismutase, ascorbato peroxidase e na glutatona redutase ao longo do período de armazenamento.

O sistema antioxidante desempenha um papel crucial no processo de amadurecimento. Componentes enzimáticos, juntamente com os antioxidantes de baixo peso molecular, eliminam H₂O₂ às custas de NADPH (fosfato de dinucleótido de nicotinamida e adenina) ou NADH (nicotinamida adenina dinucleotídeo) (FOYER e HALLIWELL, 1976). O tratamento UV-C pode induzir um aumento nas atividades enzimáticas.

Aguilar, Garvín e Ibarz (2018), testaram se a irradiação UV visível inativava a ação da POD em suco de maçãs. A enzima não foi totalmente eliminada para nenhuma variedade e temperatura após 120 min, embora o valor tenha diminuído entre 20 e 60 % na maioria dos casos. Portanto, a inativação enzimática pode ser atribuída a processos fotoquímicos.

Estudos feitos por Adetuyi, Karigidi e Akintimehin, 2020 e Alothman, Bhat e Karim, 2009, indicaram que a aplicação de baixas doses de UV-C pode induzir a formação de fitoalexinas como mecanismo de defesa e gerar maior produção de fitoquímicos. Isso pode explicar o efeito oscilatório da atividade enzimática ao longo do tempo.

A inativação da PPO e POD é uma etapa importante para evitar a deterioração e a perda de qualidade com mudanças indesejáveis na cor, textura e sabor dos alimentos. Quando a polifenoloxidase é ativada, ocorre uma reação química que leva à formação de compostos escuros, como melaninas e quinonas na presença de oxigênio (CHENG et al., 2013).

4.3. Delineamento experimental PB20 para formulação e processamento de análogo à filé de peixe à base de cogumelos.

As respostas do PB20 obtidas para os protótipos do análogo de filé de peixe cru e frito (Figura 9), respectivamente, foram perfil de textura (dureza, elasticidade, coesividade, gomosidade, mastigabilidade, resiliência), padrão de luminosidade e cromaticidade (L^* , a^* e b^*) e parâmetros físico-químicos (a_w , pH e densidade) e podem ser vistas na Tabela 8 e 9.

Figura 9. Protótipos de análogo de filé de peixe fritos.



Tabela 8. Respostas do PB20 obtidas do protótipo do análogo de filé de peixe cru comparado com parâmetros de tilápia crua

Matriz de repostas do P-B 20 - Cru												
Trat.	Dur	Ela	Coe	Gom	Mas	Res	L*	a*	b*	a _w	pH	Den
1	208	0,36	0,29	58	20	0,09	53	5,2	20,9	0,939	6,8	1,0
2	241	0,51	0,42	101	49	0,21	58	5,9	22,5	0,918	6,9	1,0
3	508	0,56	0,44	195	105	0,22	60	5,9	22,3	0,944	6,7	1,0
4	151	0,44	0,32	45	18	0,16	62	5,8	24,0	0,887	6,8	1,0
5	350	0,40	0,35	139	66	0,17	61	5,3	20,9	0,948	6,7	1,0
6	541	0,38	0,28	149	56	0,07	53	5,8	21,0	0,939	6,8	1,0
7	555	0,48	0,32	175	82	0,09	57	4,9	20,5	0,909	6,9	1,0
8	223	0,48	0,31	71	36	0,19	64	6,0	25,1	0,951	7,1	1,0
9	243	0,32	0,26	62	20	0,08	56	6,4	26,3	0,877	6,9	0,9
10	280	0,38	0,31	87	34	0,09	54	5,3	22,5	0,948	6,7	1,0
11	281	0,48	0,40	112	54	0,20	59	5,1	19,8	0,944	7,1	1,0
12	212	0,47	0,40	82	35	0,19	59	5,0	20,0	0,928	7,1	1,0
13	534	0,41	0,27	142	58	0,06	63	4,2	20,4	0,926	6,9	1,0
14	228	0,29	0,29	65	19	0,09	51	5,0	19,5	0,931	6,7	1,0
15	516	0,44	0,30	154	69	0,09	57	4,2	21,7	0,900	6,8	1,0
16	473	0,40	0,33	158	63	0,10	59	5,5	23,1	0,920	6,8	1,0
17	742	0,45	0,30	198	98	0,08	66	5,4	24,3	0,930	6,8	1,0
18	245	0,30	0,28	70	22	0,09	62	4,4	20,2	0,896	6,9	1,0
19	313	0,49	0,37	113	54	0,16	62	4,9	22,2	0,839	7,0	1,0
20	266	0,52	0,39	93	42	0,23	62	4,8	20,7	0,975	6,8	1,0
21	777	0,32	0,21	135	54	0,17	61	5,3	23,4	0,963	6,6	1,0
22	722	0,32	0,22	155	42	0,07	54	5,3	21,2	0,951	6,9	1,0
23	749	0,29	0,22	192	54	0,05	61	6,4	22,3	0,949	6,7	1,0
Tilápia	2060	0,49	0,41	799	390	0,15	54	3,5	11,6	0,980	6,4	1,1

Dur = Dureza; Ela = Elasticidade; Coe = Coesividade; Coe = Coesividade; Gom = Gomosidade; Mas = Mastigabilidade; Res = Resiliência; Atividade de água = a_w; Den = Densidade.

Tabela 9. Respostas do PB20 obtidas do protótipo do análogo de filé de peixe frito comparado com parâmetros de tilápia frita

Matriz de repostas do P-B 20 - Frito												
Trat.	Dur	Ela	Coe	Gom	Mas	Res	L*	a*	b*	a _w	pH	Den
1	234	0,32	0,27	64	21	0,1	43	7	17	0,9	6,5	0,9
2	321	0,40	0,33	105	41	0,1	48	8	21	0,9	6,7	1,0
3	363	0,41	0,32	115	46	0,1	52	7	21	0,8	6,7	0,9
4	402	0,39	0,31	126	50	0,1	43	10	21	0,8	6,9	0,9
5	220	0,49	0,38	82	40	0,2	50	6	20	0,9	7,0	0,9
6	629	0,35	0,26	164	58	0,1	45	7	19	0,8	6,5	1,0
7	381	0,23	0,23	90	22	0,1	46	6	16	0,8	7,1	0,9
8	205	0,36	0,28	52	18	0,1	44	8	21	0,8	7,1	1,0
9	373	0,36	0,29	107	38	0,1	43	9	24	0,8	6,8	1,0
10	372	0,29	0,25	93	28	0,1	37	7	14	0,7	6,6	0,9
11	283	0,36	0,27	75	25	0,1	52	6	18	0,9	7,0	1,0
12	403	0,33	0,26	105	36	0,1	48	5	15	0,8	7,1	0,9
13	559	0,27	0,22	124	33	0,1	50	8	20	0,9	6,8	1,0
14	291	0,32	0,31	91	30	0,1	43	6	15	0,7	7,1	0,9
15	233	0,37	0,30	68	26	0,1	49	6	18	0,9	6,8	1,0
16	276	0,32	0,27	74	26	0,1	52	6	20	0,7	7,1	1,0
17	725	0,31	0,25	181	58	0,1	42	7	13	0,9	6,9	1,0
18	165	0,30	0,26	42	13	0,1	49	6	17	0,8	6,8	1,0
19	168	0,33	0,29	51	18	0,1	56	6	21	0,7	6,9	1,0
20	155	0,37	0,32	49	19	0,2	43	9	16	0,9	7,1	1,0
21	482	0,33	0,27	99	41	0,1	52	8	22	0,8	7,1	1,0
22	417	0,32	0,25	140	32	0,1	45	7	19	0,8	7,0	1,0
23	375	0,34	0,26	165	37	0,1	48	6	17	0,8	6,9	0,9
Tilápia	1507	0,57	0,37	560	318	0,1	40	14	21	1,0	6,6	1,0

Dur = Dureza; Ela = Elasticidade; Coe = Coesividade; Gom = Gomosidade; Mas = Mastigabilidade; Res = Resiliência; a_w = Atividade de água; Den = Densidade.

Todas as caracterizações foram analisadas também em amostras de tilápia frita como padrão de comparação.

A dureza é a força necessária para produzir certa deformação. Sensorialmente é a força requerida para compressão do alimento entre os dentes molares. O parâmetro de dureza do análogo ficou abaixo da tilápia tanto crua quanto frita. Verificou-se que os valores de dureza variaram entre 151 N (tratamento 4) a 777 N (tratamento 21) sendo este último o mais próximo da tilápia crua (2060 N) e nos análogos a filé de peixe frito variaram entre 155 N (tratamento 20) a 725 N (tratamento 17), valor mais próximo ao do filé de tilápia frita (1507 N). Pelos resultados, verifica-se que os valores de dureza dos análogos ficaram bem abaixo do valor de filé de peixe.

Elasticidade é a distância que a amostra recupera após a primeira compressão (mm), ou seja, é definida pela razão entre a distância percorrida na área do segundo ciclo de compressão A2 pela distância percorrida na área do primeiro ciclo de compressão A1. Para este parâmetro, os resultados obtidos para os análogos de peixe cru variaram entre 0,29 mm (tratamentos 14 e 23) e 0,56 mm (tratamento 3) sendo este último acima do filé cru (0,49 mm) e os fritos ficaram abaixo do filé de tilápia, variando entre 0,23 mm (tratamento 7) a 0,49 mm (tratamento 5), valor mais próximo ao do filé (0,57 mm). Um alto valor de elasticidade indica que o material testado é quebrado em alguns fragmentos grandes durante a primeira compressão TPA. Enquanto isso, um baixo valor de elasticidade indica que o material é destruído em muitos fragmentos pequenos. Lee et al., 2022, detectaram que o valor de elasticidade no desenvolvimento de análogo de carne diminuiu com o conteúdo de proteína isolada de arroz (IPA) em relação a isolada de soja. Isso implica que a capacidade de gelificação do PIS é melhor do que a IPA.

A coesividade é a relação calculada pela razão da segunda área de compressão pela primeira área de compressão, sendo assim, os valores obtidos para os análogos a filé cru em relação a esse parâmetro, variaram entre 0,21 (tratamento 21) e 0,44 (tratamento 3), valores menores e maiores que da tilápia crua (0,41). E para os análogos de peixe frito variaram de 0,22 (tratamento 13) e 0,38 (tratamento 5), sendo este último tratamento acima da coesividade da tilápia frita (0,37). Lee et al., 2022, observaram que a coesividade dos análogos melhorou com uso de PIS em relação a proteína texturizada de soja (PTS) por formarem interações proteína-proteína intermoleculares mais fortes.

A gomosidade é a força necessária para desintegrar a massa do alimento até que atinja o ponto de engolir. Neste parâmetro todas as amostras de análogo de peixe ficaram abaixo do filé de tilápia crua (799 N) e frita (560 N), variando entre 45 N (tratamento 4) e 198 N

(tratamento 17) para análogos crus e 42 N (tratamento 18) e 181 N (tratamento 17) para análogos fritos. A menor gomosidade pode estar relacionado ao fato da formação de géis do análogo devido ao desdobramento de proteínas (causado por elevação de temperatura, a variações de pH ou a certos solutos por exemplo), que produz aumento na fluidez do semigel que pode separar algumas redes proteicas já formadas.

A mastigabilidade é a energia (trabalho) requerida para mastigar um alimento sólido até a deglutição. A mastigabilidade do análogo cru variou entre 18 N/mm (tratamento 4) e 105 N/mm (tratamento 3), tendo valores bem abaixo dos valores de filé de tilápia crua (390 N/mm). Para o análogo frito variou entre 13 N/mm (tratamento 18) e 58 N/mm (tratamento 17), também tendo mais baixos valores médios do filé de tilápia frita (318 N/mm). Esses valores mostram que os análogos de peixe são menos elásticos e necessitam de menos mastigação para ser deglutido do que os filés de tilápia.

A resiliência mede a resposta da massa após a compressão quando a força de compressão é interrompida e é determinada do trabalho de retraimento dividido pelo trabalho de compressão. Esse parâmetro variou entre 0,05 (tratamento 23) e 0,22 (tratamento 3) para análogos crus compreendendo o valor do filé de tilápia crua (0,15). Já para os análogos fritos variaram de 0,06 (tratamentos 7, 13 e 18) e 0,17 (tratamento 5), sendo este último maior que o valor do filé de tilápia (0,11). Os resultados demonstram que a recuperabilidade estrutural que mimetiza a velocidade da mastigação humana são similares tanto dos análogos crus quanto dos fritos em relação aos resultados médios dos filés de tilápia.

Nos estudos realizados por Yang et al. (2021), observaram que o aumento da proporção de fritura aumentou a dureza, a gomosidade e mastigabilidade significativamente. Outro aspecto que pode aumentar a dureza é o tipo de proteína. De acordo com Yuliarti, Kovis e Yi (2021), maiores teores de isolados de proteína de ervilha (até 17 % b.s.) aumentaram a dureza e mastigabilidade de análogos de carne. Esses autores atribuíram o aumento notável na resistência estrutural a uma rede mais extensa de ligações cruzadas de proteínas. É uma característica comum do análogo de carne à base de proteína vegetal que ao passar por algum tipo de pressão a conformação das estruturas fibrosas à base de proteína/proteína é apertada à medida que a suculência e a retenção de umidade diminuem (SHA; XIONG, 2020).

No desenvolvimento de análogo de carne moída tipo hambúrguer com cogumelo *Flammulina velutipes* e TGase, ZOU et al. (2023), observaram que a presença do cogumelo fez com que a microestrutura do hambúrguer ficasse frouxa, com grandes orifícios e que as formulações de TGase (6-8U/g), diminuiu significativamente o tamanho dos buracos na

microestrutura e induziu a formar uma microestrutura uniforme e compacta. Eles justificam que a enzima consumiu e diminuiu conteúdo de grupos de aminoácidos livres e proteínas solúveis, e induziu a formação de novos polímeros de proteínas com alto peso molecular nos resultados de eletroforese (SDS-PAGE). A reticulação covalente catalisada pela TGase ajudou a formar uma matriz de gel mais forte no hambúrguer, levando à formação de hambúrguer com maior dureza, adesividade, mastigabilidade, capacidade de retenção de água e pontuações sensoriais (ZOU et al. 2023)

Portanto, os parâmetros de textura, em especial dureza, gomosidade, mastigabilidade dos análogos foram significativamente menores em comparação com os parâmetros do filé de tilápia, o que era esperado devido ao fenômeno de desnaturação das proteínas musculares, que elevou a dureza no sistema cárneo (ISMAIL; HWANG; JOO, 2019) não ocorrendo da mesma forma no análogo.

Na medição da cor dos alimentos, o espaço da cor $L^* a^* b^*$, é um dos mais utilizados devido à distribuição uniforme das cores, e por que é perceptivelmente uniforme, isto é, a distância euclidiana entre duas cores diferentes correspondem aproximadamente à diferença da cor percebida pelo olho humano (LEÓN et al, 2006).

Neste estudo os valores de L^* encontrados para o análogo variaram de 37 (tratamento 10) a 56 (tratamento 19) e para o filé de tilápia o foi 40. Quanto maior o valor de L^* , mais clara é a amostra (CIE, 1986), portanto, a luminosidade dos análogos foi similar à do filé de peixe. Os resultados para parâmetro cromático a^* variaram de 5 (tratamento 12) a 10 (tratamento 4), sendo 14 para o filé de tilápia. Valores positivos de a^* demonstram que o produto tende a cor avermelhada (CIE, 1986), sendo assim, mesmo abaixo do filé de tilápia os valores ficaram muito próximos do parâmetro. Os resultados para cromático b^* variou de 13 (tratamento 17) a 24 (tratamento 9), sendo o valor médio da tilápia de 21. O plano b^* positivo indica que o produto tem tons amarelados (CIE, 1986), portanto, os resultados também mostraram que estão próximos ao padrão de tilápia. Mazumder et al. (2023) desenvolveram uma salsicha emulsificada à base de cogumelos e grãos de bico. Encontraram valores aproximados a 88 (L^*), 3 (a^*) e 6 (b^*) no tratamento com cocção e sem corante à base de beterraba. Muitas vezes é difícil imitar a mudança de cor que ocorre durante o cozimento em carnes. Yang et al. (2021), observaram que o aumento da proporção de fritura aumentou a^* , b^* significativamente. Geralmente, durante o processo de fritura, os alimentos sofrem alterações físicas e químicas, como caramelizar e a reação de Maillard. Essas mudanças afetam significativamente a cor dos alimentos fritos (YANG et al., 2021). Portanto, é necessário utilizar ingredientes ou corantes

de grau alimentício, seja natural ou artificial e que também seja estável ao calor durante o cozimento ou fritura. Ajustar a temperatura e o tempo de fritura também pode ser uma medida para alcançar os parâmetros de cor mais próximos a de um peixe frito.

Devido aos parâmetros de dureza, gomosidade e mastigabilidade dos protótipos dos tratamentos 6, 17 e PC apresentarem valores próximos aos do filé de tilápia frita, esses tratamentos foram escolhidos a serem levados para a análise sensorial.

4.4. Análise dos efeitos das variáveis no PB20 para desenvolvimento de filés análogos dos à peixe a base de cogumelos

Os efeitos significativos ($p < 0,05$), destacados em negrito, das 14 variáveis estudadas no PB20 sobre as 12 respostas encontram-se na Tabela 10.

Para a textura foi observado que a FA teve efeito significativo ($p < 0,05$) positivo para dureza, isso significa que dentro da faixa de estudo de 0-5 % quanto maior a porcentagem adicionada de FA na formulação maior será a dureza do análogo de peixe a base de cogumelo. Como o valor de dureza de tilápia frita (utilizada como padrão) é de 1507 N, significa que a formulação poderia ser enriquecida com mais FA para aumentar a dureza dos análogos e se aproximar mais aos valores de filé de peixe. Outros ingredientes como PIS, Gt, GM, GA, FM, OC, OS e TS não mostraram efeito significativo, por tanto, esses ingredientes variáveis poderiam ser utilizados no menor nível da formulação. Zou et al. (2023) observaram que a adição de FA melhorou a textura do análogo de hambúrguer em porcentagens mais altas de proteína de ervilha, porém esta proteína apresentou menor dureza.

Na elasticidade, a PIS e o tempo/temperatura de ação da TGase tiveram efeito significativo ($p < 0,05$) positivo enquanto a GA teve efeito negativo. Em análogos a elasticidade está positivamente correlacionada com a concentração de proteína (WEE et al., 2018), ou seja, se diminui a concentração de proteína, a elasticidade média também diminui (KALEDA et al., 2021) de forma isolada, porém esse resultado pode ser alterado na presença de goma. Isso significa que em concentrações mais altas de goma, a ligação de hidrogênio durante a interação (água-goma) aumenta a absorção de água, o que resulta em uma emulsão goma/proteína de soja mais fraca e uma textura mais macia (SANTANA et al., 2013), resultando em mais elasticidade na massa.

Tabela 10. Efeitos das variáveis independentes sobre as respostas de textura e físico-químicas

Efeitos das variáveis independentes sobre as respostas de textura																				
Dureza			Elasticidade			Coesividade			Gomosidade			Mastigabilidade			Resiliência					
Ef	Er	p	Ef	Er	p	Ef	Er	p	Ef	Er	p	Ef	Er	p	Ef	Er	p			
Interce	338,0	31,5	0,00	0,34	0,01	0,00	0,28	0,01	0,0	0,0	0,0	98,7	8	0,0	36	3	0,0	0,10	0,00	0,0
Curvatr	174,0	174,4	0,35	-0,03	0,05	0,57	-0,05	0,04	0,2	0,2	0,2	71,2	45	0,2	1	18	1,0	-0,03	0,02	0,1
X1	55,4	63,0	0,41	-0,01	0,02	0,50	-0,01	0,01	0,4	0,4	1,0	-0,8	16	1,0	-1	7	0,9	-0,01	0,01	0,1
X2	13,6	63,0	0,84	-0,01	0,02	0,44	-0,02	0,01	0,2	0,2	0,3	18,8	16	0,3	5	7	0,4	-0,01	0,01	0,3
X3	-37,4	63,0	0,57	-0,02	0,02	0,28	-0,01	0,01	0,7	0,7	0,9	-2,5	16	0,9	-2	7	0,8	0,00	0,01	0,7
X4	-35,2	63,0	0,59	0,03	0,02	0,09	0,01	0,01	0,4	0,4	0,9	3,2	16	0,9	4	7	0,5	0,01	0,01	0,1
X5	30,4	63,0	0,64	0,04	0,02	0,06	0,02	0,01	0,2	0,2	0,1	33,1	16	0,1	17	7	0,0	0,01	0,01	0,4
X6	194,2	63,0	0,02	-0,03	0,02	0,17	-0,03	0,01	0,0	0,0	0,1	38,0	16	0,1	9	7	0,2	-0,02	0,01	0,0
X7	-38,8	63,0	0,56	-0,01	0,02	0,44	-0,01	0,01	0,5	0,5	0,6	-8,8	16	0,6	-4	7	0,6	-0,01	0,01	0,3
X8	85,3	63,0	0,22	0,01	0,02	0,58	0,00	0,01	0,9	0,9	0,6	8,7	16	0,6	3	7	0,6	0,00	0,01	0,7
X9	26,7	63,0	0,68	-0,06	0,02	0,01	-0,04	0,01	0,0	0,0	0,6	-7,9	16	0,6	-11	7	0,1	-0,04	0,01	0,0
X10	-24,8	63,0	0,71	-0,03	0,02	0,12	-0,01	0,01	0,4	0,4	0,4	-16,1	16	0,4	-10	7	0,2	-0,01	0,01	0,4
X11	-23,9	63,0	0,72	0,00	0,02	1,00	-0,01	0,01	0,4	0,4	0,7	-6,6	16	0,7	-1	7	0,9	-0,01	0,01	0,3
X12	76,9	63,0	0,26	-0,03	0,02	0,14	-0,02	0,01	0,2	0,2	0,6	-9,8	16	0,6	-8	7	0,3	-0,02	0,01	0,1
X13	0,0	63,0	1,00	-0,01	0,02	0,65	0,00	0,01	0,8	0,8	0,7	6,8	16	0,7	3	7	0,6	-0,01	0,01	0,4
X14	-50,0	63,0	0,45	0,01	0,02	0,74	0,01	0,01	0,7	0,7	0,3	-18,4	16	0,3	-7	7	0,3	-0,01	0,01	0,5

X1 = concentração de β -Glucanase (m/m); X2 = tempo de ação da β -Glucanase (min); X3 = Concentração da Tgase (m/m); X4 = temperatura (°C) / tempo (min) ação da Tgase; X5 = Proteína Isolada de soja (m/m); X6 = farinha de aveia (m/m); X7 = glutamina (m/m); X8 = glutamato monossódico (m/m); X9 = goma acácia (m/m); X10 = fécula de mandioca (m/m); X11 = óleo de soja (m/m); X12 = óleo de coco (m/m); X13 = tripolifosfato de sódio (m/m); X14 = tempo de inativação da β -Glucanase (min); Ef = efeito; Er = erro puro; p = p-valor.

Efeitos das variáveis independentes sobre as respostas físico-químicas

	L*			a*			b*			a _w			pH			Densidade		
	Ef	Er	p	Ef	Er	p	Ef	Er	p	Ef	Er	p	Ef	Er	p	Ef	Er	p
Interc	46,8	1,1	0,00	6,9	0,2	0,00	18,32	0,5	0,00	0,81	0,01	0,00	6,87	0,03	0,00	0,95	0,00	0,00
Curva	3,4	6,3	0,61	0,5	1,3	0,72	2,26	2,9	0,46	-0,01	0,05	0,82	0,28	0,14	0,09	0,02	0,01	0,26
X1	-3,4	2,3	0,19	-0,4	0,5	0,44	-2,10	1,0	0,09	0,01	0,02	0,58	-0,11	0,05	0,08	0,01	0,00	0,04
X2	3,5	2,3	0,17	0,1	0,5	0,78	2,57	1,0	0,04	0,01	0,02	0,80	-0,06	0,05	0,26	0,01	0,00	0,12
X3	-2,5	2,3	0,32	0,3	0,5	0,57	0,47	1,0	0,67	-0,06	0,02	0,02	0,03	0,05	0,61	0,00	0,00	0,75
X4	-1,7	2,3	0,49	0,8	0,5	0,14	2,18	1,0	0,08	0,04	0,02	0,06	-0,11	0,05	0,07	0,00	0,00	0,60
X5	0,4	2,3	0,86	-0,8	0,5	0,15	0,52	1,0	0,64	-0,04	0,02	0,09	-0,03	0,05	0,57	0,00	0,00	0,37
X6	-0,9	2,3	0,70	-0,2	0,5	0,62	-1,74	1,0	0,14	0,02	0,02	0,33	-0,07	0,05	0,19	0,00	0,00	0,50
X7	1,7	2,3	0,47	-0,5	0,5	0,28	-0,15	1,0	0,89	-0,04	0,02	0,10	0,26	0,05	0,00	0,01	0,00	0,30
X8	0,5	2,3	0,83	-0,6	0,5	0,23	0,41	1,0	0,71	-0,01	0,02	0,77	0,06	0,05	0,27	0,00	0,00	0,81
X9	-2,2	2,3	0,37	-0,4	0,5	0,37	-0,80	1,0	0,47	-0,04	0,02	0,07	-0,16	0,05	0,02	0,00	0,00	0,48
X10	0,4	2,3	0,86	-1,0	0,5	0,07	-1,24	1,0	0,28	-0,04	0,02	0,09	0,12	0,05	0,06	0,02	0,00	0,02
X11	1,1	2,3	0,63	-0,6	0,5	0,27	0,14	1,0	0,90	0,01	0,02	0,80	0,00	0,05	0,99	-0,02	0,00	0,01
X12	0,4	2,3	0,87	0,4	0,5	0,42	0,60	1,0	0,59	-0,02	0,02	0,29	-0,05	0,05	0,39	-0,02	0,00	0,01
X13	1,2	2,3	0,60	-0,9	0,5	0,09	-1,56	1,0	0,18	0,01	0,02	0,55	-0,08	0,05	0,18	-0,01	0,00	0,33
X14	1,6	2,3	0,50	-0,4	0,5	0,40	-0,14	1,0	0,90	-0,01	0,02	0,58	-0,08	0,05	0,16	0,00	0,00	0,50

X1 = concentração de β -Glucanase (m/m); X2 = tempo de ação da β -Glucanase (min); X3 = Concentração da Tgase (m/m); X4 = temperatura (°C) / tempo (min) ação da Tgase; X5 = Proteína Isolada de soja (m/m); X6 = farinha de aveia (m/m); X7 = glutamina (m/m); X8 = glutamato monossódico (m/m); X9 = goma acácia (m/m); X10 = fécula de mandioca (m/m); X11 = óleo de soja (m/m); X12 = óleo de coco (m/m); X13 = tripolifosfato de sódio (m/m); X14 = tempo de inativação da β -Glucanase (min); Ef = efeito; Er = erro puro; p = p-valor.

Em relação à coesividade, apenas a farinha de aveia (FA) e a goma (GA) exerceram efeitos significativos e negativos, mostrando que o aumento no teor desses dois ingredientes diminui a elasticidade do análogo. Já na gomosidade, as variáveis que tiveram efeitos positivos significativos foram a PIS e a FA. Na mastigabilidade somente o PIS teve efeito significativo positivo. À medida que o teor de proteína aumenta, mais proteínas estão disponíveis para reticulação, resultando em uma estrutura mais firme (ZHANG et al., 2018) tanto para mastigabilidade quanto dureza e gomosidade. Kaleda et al. (2021), observaram que à medida

que aumentou o teor de proteína de aveia na mistura com proteína de ervilha para análogo extrusado, aumentou a coesividade, justificando que a estrutura interna tridimensional em análogos é mantida por interações hidrofóbicas e estabilizada por pontes de hidrogênio e dissulfeto. Em relação a resiliência a FA, GA e OS causaram efeitos significativos negativos na formulação. A resiliência refere-se a quão bem uma amostra se recupera da deformação em termos de velocidade e força, enquanto a coesividade é uma medida da força das ligações internas dentro da matriz e a extensão da deformação que pode ser suportada antes da ruptura (DOBSON, et al., 2022). Os amidos forneceram grandes quantidades de resiliência e coesão à formulações de análogos. Grandes valores de coesão e resiliência mostram que as ligações que mantêm a matriz unida são mais fortes, isso porque a maior resiliência pode estar relacionada à menor capacidade de retenção de água e suspeita de forte reticulação interna, criando uma rede forte que não é facilmente deformada. Valores baixos de coesividade e resiliência, como os observados com altas concentrações de proteína, resultam em ligações internas mais fracas e, portanto, maiores graus de deformação (JOSHI et al., 2014).

Em relação aos parâmetros de cor nenhuma variável causou efeitos significativos para luminosidade (L^*). A FM e o TS causaram efeitos negativos para a^* . Para o parâmetro b^* , a concentração de β -Glucanase teve efeito negativo, enquanto o tempo de ação da β -Glucanase e o binômio tempo/ temperatura de ação da TGase exerceram efeitos positivos. Em relação a cor os valores ideais são valores intermediários, sendo o mais importante L^* . Geralmente, durante o processo de fritura, os alimentos sofrem alterações físicas e químicas, como caramelizar e a reação de Maillard. Essas mudanças afetam significativamente a cor de alimentos fritos (YANG et al., 2021)

Nos parâmetros físico-químicos, para a a_w , o binômio tempo/ temperatura de ação da TGase (0,0437) exerceu efeito positivo, enquanto concentração de TGase (-0,0579), PIS (-0,0387), Gt (-0,0381), GA (-0,0417) e FM (-0,0385) exerceram efeitos negativos. Para pH do análogo, a concentração de β -G exerceu efeito negativo (-0,105), assim como o binômio Temperatura/tempo (-0,1124). E finalmente para densidade, OC (-0,0162) e OS (-0,019) apresentaram efeito negativo, enquanto a concentração de β -Glucanase (0,012) e a FM (0,015) causaram efeito positivo.

A a_w é um parâmetro de qualidade essencial usado para avaliar se os alimentos fritos são seguros e estáveis (LI et al., 2020; SU et al., 2018). A atividade dos análogos do tratamento variou entre 0,69 (tratamento 14 e 16) e 0,91 (trat. 20) sendo que o valor médio da tilápia frita foi 0,98. Portanto, os protótipos apresentaram atividade de água inferior ao do filé de tilápia.

Existe uma correlação positiva entre o teor de umidade e a_w (YANG et al., 2021). Alimentos com a_w entre 0,700 e 0,850 são considerados alimentos de umidade intermediária e o crescimento de patógenos bacterianos pode ter sido inibido nas amostras dentro dessa faixa citada (YANG et al., 2021). Os tratamentos que ficaram acima de 0,85 poderiam ser microbiologicamente instáveis à temperatura ambiente. A a_w pode ser reduzida aumentando a temperatura e o tempo de fritura. Outro fator observado foi o efeito negativo da enzima TGase na a_w . Zou et al. (2023) encontraram resultados semelhantes em seu estudo, indicando que o tratamento com TGase melhorou a umidade e suculência do hambúrguer à base de cogumelos. Uma diminuição do teor de TGase poderia diminuir a a_w melhorando os valores desse parâmetro.

O pH do análogo variou entre 6,5 (tratamentos 1 e 6) e 7,1 (tratamentos 7, 8, 11, 12, 14, 16, 20 e PC). O valor médio do pH do filé foi de 6,6. Stephan et al. (2018), verificaram que a adição de proteínas vegetais como PIS aumentou o pH da formulação de salsicha vegana e vegetariana com *P. sapidus* em relação à amostra controle. Eles justificaram que, com o passar do tempo, açúcares e proteínas são metabolizados por vários microrganismos, e o aumento das concentrações de ácidos orgânicos provoca uma diminuição do pH (ZOU et al., 2023).

A densidade dos protótipos variou de 0,93 g/mL (tratamentos 5 e 10) a 0,99 g/mL (tratamento 19), sendo a densidade determinada do filé de tilápia foi 0,95 g/mL. Mazlan et al. (2020) encontrou densidade de 1,39 g/mL no desenvolvimento de análogo de carne extrusada composta por *P. sajor-caju*, proteína de soja, óleo de palma, farinha de trigo, lecitina de soja e metabissulfito de sódio. No estudo foi observado que a densidade aparente do extrudado feito de proteínas de soja e cogumelo ostra foi menor do que a do extrudado adicionado de intensificador de sabor.

4.5. Análise sensorial

Para realizar a análise sensorial, foi realizada anteriormente uma análise microbiológica de *E. coli* das amostras. O resultado obtido foi ausência para *E. coli*/g (Figura 10), o que demonstra um bom controle de qualidade com boas práticas de fabricação (BPF) desde a produção do cogumelo, dos ingredientes até o processamento do análogo.

Figura 10. Resultado da análise de *E.coli*

A análise sensorial foi realizada com 108 provadores não treinados, sendo 82% de dieta onívora e pescetariana. Na Tabela 11 encontram-se os teores dos ingredientes utilizados na formulação das amostras selecionadas para análise sensorial.

Tabela 11. Teor dos ingredientes e tempos das amostras usadas na análise sensorial

Tratam PB20	[C] β -G (%)	Tempo ação β -G (min)	[C] TGASE (%)	Temp/tempo TGASE (°C/min)	PIS (%)	FA (%)	Gt (%)
6	0,6	30	0,1	5/240	10	5	0
17	0,6	10	0,1	5/240	5	5	0
PC	0,3	20	0,55	27,5/55	7,5	2,5	1

Tratam PB20	GM (%)	GA (%)	FM (%)	OC (%)	OS (%)	TS (%)	Inativação da β -G a 80 °C(min)
6	2	10	0	0	0	0	10
17	2	0	1	1	1	0,2	0
PC	1	5	0,5	0,5	0,5	0,1	5

[C] β -G = Concentração de β -glucanase; [C] TGASE = concentração de transglutaminase; Temp/tempo TGASE = binômio de ação da enzima (temperatura/tempo); PIS = proteína isolada de soja; FA = farinha de aveia; Gt = glutamina; GM = glutamato monossódico; GA = goma acácia; FM = fécula de mandioca; OC = óleo de coco; OS = óleo de soja; TS = tripolifosfato de sódio; PC = ponto central.

Na Tabela 12 são apresentados os resultados dos provadores para aparência, textura, aroma e sabor e impressão global das amostras.

Dentre os atributos, somente para o aroma não houve diferença significativa a 5% de significância entre os tratamentos. O tratamento 17 foi o que obteve maiores notas para aparência (5,5 e 5,4 %), textura (4,5 e 4,6 %), aroma (3,5 e 3,6 %), sabor (3,0 e 3,6 %) e impressão global (4,0 e 3,9 %) tanto para todos os provadores quanto para dieta onívora e pescetariana respectivamente. A comparação de médias resultou nas mesmas diferenças significativas para os tratamentos em todos os atributos.

Tabela 12. Resultados da análise sensorial afetiva

Resultados da escala não estruturada de 9 cm média das respostas (%) todos os provadores										
Tratamento	Aparência		Textura		Aroma		Sabor		Impressão Global	
6	3,1 ± 2,3	^a	3,4 ± 2,3	^a	3,1 ± 2,4	^a	2,0 ± 2,0	^a	2,9 ± 2,2	^a
17	5,5 ± 2,3	^c	4,5 ± 2,6	^b	3,5 ± 2,3	^a	3,0 ± 2,4	^b	4,0 ± 2,6	^b
PC	4,3 ± 2,7	^b	3,3 ± 2,4	^a	3,3 ± 2,3	^a	2,0 ± 1,9	^a	3,0 ± 2,4	^a
Resultado da escala não estruturada de 9 cm média de provadores onívoros e pescetarianos										
6	3,2 ± 2,4	^a	3,5 ± 2,3	^a	3,1 ± 2,4	^a	1,9 ± 2,0	^a	2,8 ± 2,1	^a
17	5,4 ± 2,3	^c	4,6 ± 2,5	^b	3,6 ± 2,2	^a	3,6 ± 2,3	^b	3,9 ± 2,5	^b
PC	4,2 ± 2,8	^b	3,3 ± 2,5	^a	3,2 ± 2,4	^a	1,8 ± 1,9	^a	2,7 ± 2,4	^a

PC = ponto central

Em sua formulação o tratamento 17 foi o único que não continha GA, possuía maiores teores de OC, OS, TS, FA e menor teor de PIS. Quanto à aparência, maior teor de FA, TS que são ingredientes mais esbranquiçados, os óleos darem mais brilho e menor de PIS favoreceu a luminosidade e aparência a ficar mais próxima de um peixe frito em relação a outras amostras. O sabor teve os menores resultados tanto para a todos os provadores (2 a 3 %) quanto para os provadores onívoros e pescetarianos (1,8 a 3,6 %), o que confirma a importância do sabor para a apreciação do análogo. Em relação a textura, a farinha de aveia pode ter auxiliado na textura mais fibrosa e firmeza agradando mais os avaliadores. Atributos como mastigabilidade, elasticidade e coesão são atributos muito mais complexos e podem ter relação com atributos sensoriais. Mais medições físicas podem ser necessárias para explicar a percepção sensorial dos provadores relacionando o perfil de textura instrumental com o sensorial.

Na avaliação do CATA os resultados podem ser vistos na Figura 11. Para aparência os atributos mais citados entre os provadores para o protótipo do tratamento 6 foram “crosta dourada” (59,3 %), “queimada” (34,3 %), “presença de lascas” (34,3 %) e “cinzento” (29,6 %). Para o protótipo do tratamento 17 foi “crosta dourada” (80,6 %), “filé branco” (64,8 %) e “presença de lascas” (52,8 %) e para o protótipo do PC foi “crosta dourada” (77,8 %), “cinzento” (38,9 %) e “filé branco” (38 %). Com a fritura, o alimento ganha uma crocância na crosta externa e emoliência no centro em virtude da evaporação da água e migração do óleo de fritura para dentro do alimento (SALVADOR, 2015). Peixes de carne branca, como escamudo do Alasca, são preferidos principalmente na produção de croquetes e produtos surimi (BORAN e KÖSE, 2007). O interesse desse estudo é que o análogo se assemelhe a um filé de peixe e

quando frito, tenha a crosta dourada, interior branco e pareça um músculo miotomal. Diante dessas considerações, o tratamento 17 foi o que teve melhor avaliação.

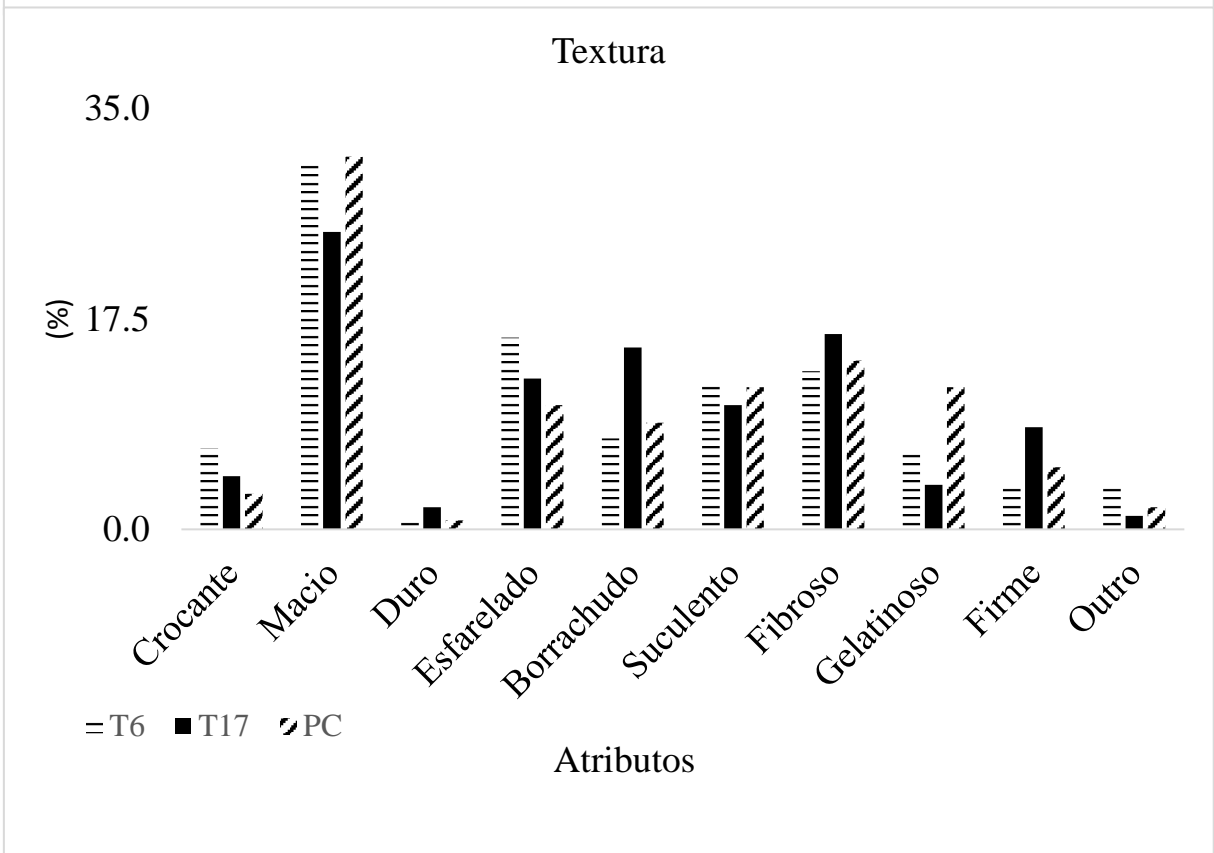
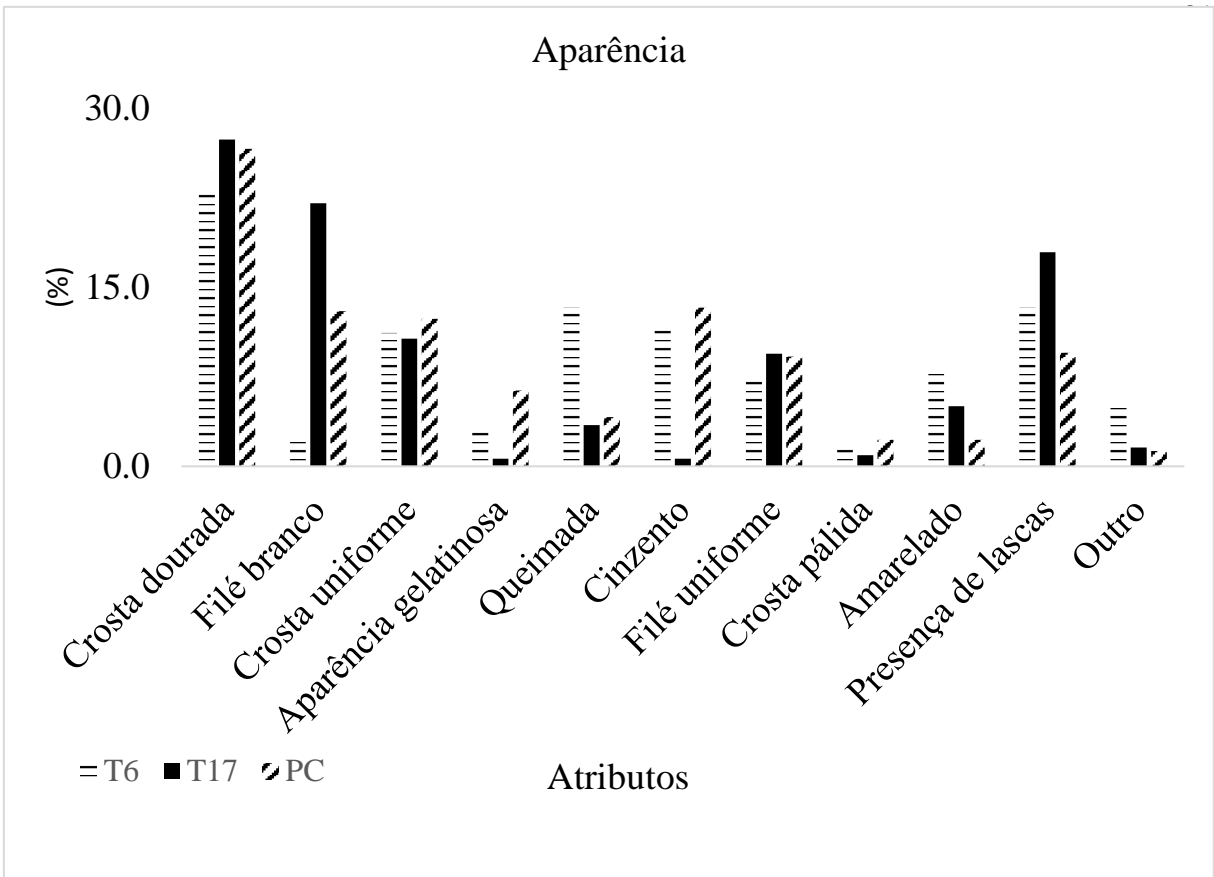
A avaliação do CATA para textura demonstrou que os avaliadores acharam as três amostras macias e fibrosas, mudando apenas a ordem. “Macio” (70,4 %), “esfarelado” (37 %) e “fibroso” (30,6 %) para tratamento 6; “macio” (24,7 %), “fibroso” (16,2 %) e “borrachudo” (15,1 %) para o 17; e “macio” (31%), “fibroso” (14 %) e tanto “suculento” quanto “gelatinoso” (11 %) para o PC. A textura é um dos atributos mais importantes que indicam qualidade em peixes e produtos derivados (CHENG; ZHANG; ADHIKARI, 2013). De acordo com Albert et al. (2012) essa textura contrastante é uma característica importante e desejável para os consumidores. Os croquetes de peixe frito têm uma textura estaladiça por fora e uma textura macia por dentro, semelhante a outros alimentos empanados e fritos. Essa textura característica é formada com uma combinação de alta temperatura, absorção de óleo e perda de água devido à fritura (SOTO-JOVER et al., 2016). A textura fibrosa é um parâmetro interessante que pode se assemelhar a os miótomos da musculatura do peixe, mas maciez não é ideal uma vez que o peixe frito costuma ter textura mais tenra. Suculência é uma característica positiva pois indica presença de umidade e oleosidade na amostra. Borrachudo e gelatinoso não são ideais devido ser características mais intrínsecas ao cogumelo e não a peixe. Diante da avaliação dos julgadores a amostra 17 foi a que teve diferença significativa ($p < 0,05$) sendo a maior nota.

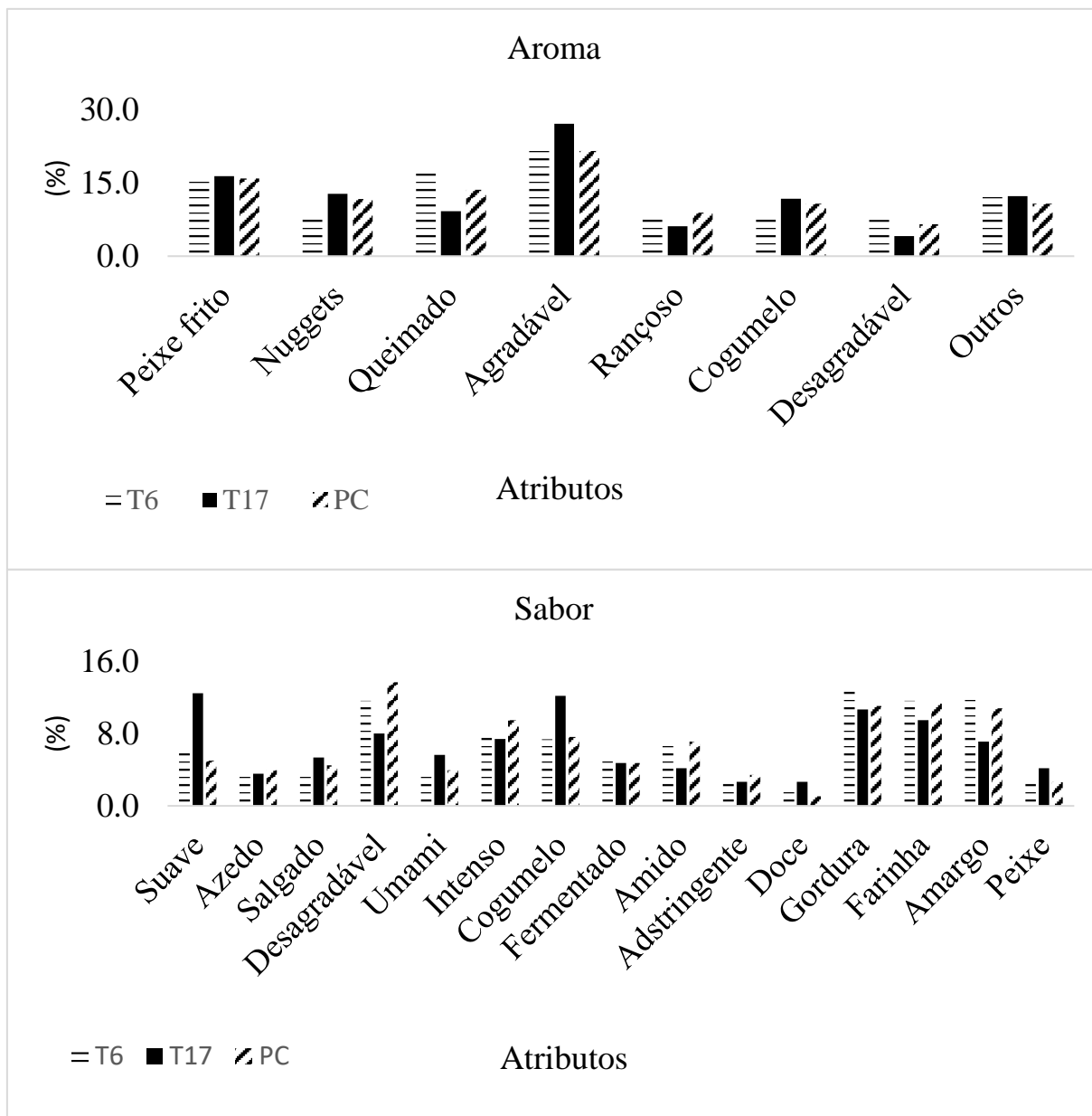
Em relação ao CATA para aroma, as três amostras tiveram como mais citados “aroma agradável” na ordem decrescente: tratamento 17 (49,1 %), PC (42,6 %) e amostra 6 (38,9 %). Para o trat. 6, o segundo descritor mais citado foi “aroma de queimado” (29,6 %) e o terceiro “aroma de peixe frito” (27,8 %). Para ensaio 17 foi “aroma de peixe frito” (29,6 %) e “nuggets” (23,1 %) e para o PC foram “aroma de peixe frito” (31,5 %) e “queimado” (29,6 %). Os principais odores desagradáveis de isolados de proteína de soja normais e sem lipoxigenase são provenientes do hexanal e o nonanal (LI et al., 2023). A amostra 6 foi a que teve maior PIS em sua formulação (10 %), no entanto foi a que obteve menor dureza na análise instrumental e teve maiores citações de “macio” (70,4 %) e “esfarelado” (37 %) no atributo textura pelos provadores. Siegwein et al. (2011), descobriram em seu estudo que o PIS diminuiu a dureza, a coesividade e a gomosidade em géis de confeitaria à base de amido de uva, demonstrando potencial como modificador de textura. A diminuição da dureza pode ter resultado da ruptura direta da rede de amido ou a proteína de soja hidratada pode ter agido como um plastificante macromolecular e, assim, diminuindo a rigidez da rede de amido (VITTADINI; VODOVOTZ,

2003). Aroma agradável, de peixe e nuggets são os parâmetros de interesse para o análogo de peixe frito, sendo o tratamento 17 o que teve três avaliações consecutivas desses atributos.

A avaliação do CATA para o sabor demonstrou que o “sabor de gordura” estava mais presente nas três amostras sendo citado em 1º lugar no trat. 6 (41,7 %), 3º lugar no PC (38,9 %) e trat. 17 (33,3 %). Na amostra 6 o segundo descritor citado foi “amargo” (38,9 %) seguido das citações igualmente de sabor “desagradável” e “farinha” (ambos com 38 %). Na amostra 17, em primeiro lugar foi o sabor “suave” (38,9 %) e segundo foi “de cogumelo” (38 %) e na amostra do PC, sabor “desagradável” ficou com 48,1 % como mais citado e sabor de “farinha” em segundo com 39,8 %. A fritura em óleo de soja pode produzir compostos de sabor desejáveis ou indesejáveis que podem afetar os produtos finais (CHOE; MIN, 2007). O teor de óleo nos alimentos fritos depende do equilíbrio entre a drenagem de umidade e a sucção de óleo impulsionada pela porosidade (BOUCHON et al., 2001), isso porque no processo de fritura, a água se transforma em vapor e migra do núcleo do alimento para a camada externa. A migração da água pode levar a alterações na microestrutura do alimento e à formação de canais porosos (ZHANG et al., 2020), fazendo que o alimento absorva mais óleo. É claramente demonstrado que a fritura afetou negativamente os análogos, bem como mascarou aromas não dominantes de outros ingredientes da formulação. Apesar de a maior avaliação para sabor ter sido para a amostra 17, a nota foi baixa (3,0) na escala de 9 cm e deve ocorrer ajustes na formulação e processamento para diminuir o sabor de gordura e de cogumelo.

Figura 11. Gráficos com a porcentagem dos atributos marcados na avaliação CATA





Observou-se que a adição de cogumelo na preparação de análogo de peixe pode melhorar sua aparência, textura e propriedades sensoriais. Isso pode estar relacionado com o alto teor de proteína e a estrutura fibrosa natural do cogumelo, o que ajuda a formar uma boa matriz de gel e estrutura fibrosa (YUAN et al., 2023) no análogo.

Mazumder et al. (2023) realizaram análise sensorial em seu análogo de carne moída feito com cogumelo *P. sajor-cajur*. Os resultados mostraram que a aceitabilidade geral da formulação base está na faixa de "Gostar Ligeiramente". Isso não é surpreendente, uma vez que este é um novo tipo de alimento e muitos consumidores rejeitam alimentos quando experimentam pela primeira vez (MAZUMDER et al., 2023). Essa menor aceitação pode estar atrelada à neofobia alimentar, uma condição na qual os consumidores duvidam e resistem a novos alimentos, levando à tendência ao consumo regular dos mesmos tipos de alimentos (MUHAMMAD et al., 2016).

As diferenças entre os análogos de peixe em termos de qualidade sensorial com um peixe frito são devido às características morfológicas e organolépticas únicas que cada matéria-prima possui quanto a sua composição. Os resultados norteiam os passos para otimização dos ingredientes da formulação tal como melhorias nas técnicas de processamento que podem auxiliar a se aproximar das características de um filé de peixe.

Foi montada uma tabela nutricional (Tabela 13) com as amostras dos tratamentos 6, 17 e PC selecionadas para a análise sensorial.

Tabela 13. Tabela nutricional dos tratamentos análogos a filé de peixe.

Tabela Nutricional (Quantidade por 100 g)			
	Tratamento 6	Tratamento 17	Tratamento PC
Energia (Kcal)	81,52	75,40	74,22
Carboidratos (g)	12,02	7,23	5,81
Proteínas (g)	8,62	5,62	7,18
Gorduras totais (g)	92,27	1,95	0,98
Gorduras saturadas (g)	84,65	0,91	0,44
Gorduras monoinsaturadas (g)	0	0	0
Gorduras Poliinsaturadas (g)	0	0	0
Gorduras <i>trans</i>	0	0	0
Fibra alimentar (g)	1,86	1,86	1,84
Sódio (mg)	46,16	26,49	36,52

Os cálculos do valor energético de gorduras trans, mono e poliinsaturadas não foram calculados. A amostra 6 foi a que teve maior teor calórico (81,52 Kcal), carboidratos (12,02 g), proteína (8,62 g), gorduras totais (92,27 g), saturadas (84,65 g) e sódio (46,16 mg). O tratamento 6 e 17 tiveram a mesma quantidade de fibra alimentar (1,86 g) sendo maior que do tratamento PC (1,84 g). Esses valores refletem a formulação de cada tratamento, onde o maior teor de proteína está relacionado aos teores de PIS + FA, seguindo a ordem decrescente tratamento 6, PC e 17. Alimentos *plant-based* podem apresentar um maior teor de carboidratos, fibras e açúcares (principalmente em alimentos à base de cereais) do que os alimentos de origem animal devido a fonte de origem. Assim, os alimentos vegetais podem ser de natureza diferente, com composição de nutrientes e efeitos variados na saúde. Na revisão realizada por Rodríguez-Martín et. al. (2023), foi observado que patês *plant-based* foram significativamente mais ricos em carboidratos ($p < 0,001$) do que em patês de origem animal, mas não em açúcares ou fibras. Embora ambos os tipos de produtos tivessem um teor médio de gorduras semelhante. A média da quantidade de proteínas também diferiu significativamente, sendo que este o patê de origem

animal apresentou maior teor desse nutriente ($p < 0,001$), a quantidade de sal total também pareceu ser maior no patê animal em comparação à alternativa vegetal ($p = 0,006$). Ambos os produtos tiveram contribuição calórica semelhante. Segundo Rodríguez-Martín et. al. (2023), a “carne” *plant-based* pareceu fornecer uma quantidade semelhante de energia que as outras carnes animais, e quase a mesma quantidade de proteínas. No entanto, a composição dos nutrientes diferiu significativamente entre si. Em comparação com as carnes bovinas, suínas ou de frango, as alternativas de carne análogas eram mais ricas em carboidratos e açúcares totais ($p < 0,001$). Além disso, as alternativas de carne tinham um teor médio mais baixo de gorduras em comparação com hambúrgueres ou salsichas de porco ($p < 0,001$), as carnes também careciam de fibras conforme esperado. Rodríguez-Martín et. al. (2023) observaram também que nas “alternativas análogas à carne” e “alternativas ao patê”, o ingrediente mais utilizado foi a soja (em 55% destes produtos alimentares), seguida do trigo ou glúten de trigo (14%) e dos ovos (6%). Os aditivos utilizados nesses produtos foram espessantes e estabilizantes como metilcelulose (13%), goma xantana (14%) e outras gomas. Nas “alternativas ao queijo” *plant-based*, constatou-se que 52% deste alimento continha óleo de coco como ingrediente principal. O amido foi outro ingrediente importante em 67% dos produtos. Amidos modificados também foram utilizados como principal aditivo neste produto alimentício. Com foco nas “alternativas à carne” *plant-based*, os ingredientes comuns eram soja (em 72% desses produtos), trigo (22%), farinha de ervilha e grão de bico (20%) e ovos (8%). Em relação às “alternativas de patê” *plant-based*, as gorduras mais utilizadas como ingredientes foram o óleo de girassol (61%), um dos quais era o alto teor de oleico, o azeite (28%) e o azeite virgem extra (20%). Alimentos análogos à carne apresentam uma composição nutricional mais saudável em termos de gorduras e fibras, mas ainda inferiores em fornecer proteínas nos mesmos níveis que uma carne de origem animal.

5. CONCLUSÃO

O cogumelo de *P. ostreatus* possui composição centesimal e físico-química que precisa ser enriquecida e para ser utilizado em formulações de desenvolvimentos de produtos análogos a proteínas animais. Os cogumelos em estágio de maturação hiratake possuem 92 % de umidade, 1,48 % de proteína, 0,02 % de lipídio, 0,41 % fibra total, 0,58% de cinzas, 5,43 % de carboidratos totais em matéria integral. Um valor de pH de 6,54, acidez titulável de 0,14% e 0,98 de a_w . Outras possibilidades de pré-tratamentos e formulações devem ser testadas para melhorar as características de textura e nutricional dos análogos de peixe. A variável que

mostrou o maior efeito em textura como dureza foi a FA, na elasticidade foi PIS, gomosidade foram PIS e FA, e mastigabilidade o PIS. Na cor a variável FM e TS teve efeito no parâmetro a^* diminuindo sua cromaticidade. No parâmetro b^* o tempo de ação da β -G e o binômio tempo/temperatura da TGase aumentaram sua cromaticidade enquanto a concentração de β -G diminuiu. Não houve efeitos na luminosidade (L^*). Quanto aos parâmetros físico-químicos a a_w teve como variável positiva o binômio tempo/temperatura da ação da TGase, o pH foi afetado negativamente pela concentração da β -G e binômio da TGase, e a densidade teve efeito positivo pela FM e diminuída pelos OS e OC. Os resultados do perfil de textura e cor demonstram que é necessário otimizar a formulação a fim de aumentar parâmetros como dureza, gomosidade e mastigabilidade para se aproximar mais de um filé de peixe, assim como ajustes no processo de fritura para aproximar a luminosidade e cromaticidade do produto. A análise sensorial mostrou que dentre as três amostras (6, 17 e PC) selecionadas para a avaliação, o tratamento 17 composto por TGase (0,1 %) PIS (5 %), FA (5 %), GM (2 %), FM (1 %), OC (1 %), OS (1 %), TS (0,2 %), β -G (0,6 %) foi a que obteve melhor aceitação na análise sensorial para aparência, textura, sabor e impressão global, além de obter descritores positivos de forma geral na avaliação CATA. Porém o processamento e a formulação precisam de melhorias principalmente no aroma e sabor para se assemelhar a um filé de peixe. O ensaio 17 também foi o que teve maiores resultados no perfil de textura instrumental na dureza, gomosidade e mastigabilidade, se aproximando dentre todos os tratamentos do filé de tilápia, mas que ainda estão muito abaixo dos valores de um peixe e podem ser melhorados.

6. SUGESTÕES DE TRABALHOS FUTUROS

Diante de todas análises elaboradas desse protótipo foi possível coletar informações importantes para a melhoria do análogo de filé de peixe. Em relação a composição centesimal e físico-química, foi observado que há necessidade de aumentar teores e proteínas de outras fontes vegetais sendo sugerido o grão de bico, os lipídios através de adição ácido graxo poli insaturados como ômega 3 provenientes de algas e diminuir a umidade e atividade de água para minimizar riscos microbiológicos e melhorar a estabilidade da formulação. É de importância realizar estudos mais aprofundados quanto a pré-tratamentos que podem inativar de forma eficaz a atividade da PPO e POD sem grandes alterações na cor e sabor do cogumelo. Na elaboração do análogo é interessante reavaliar a sequência das etapas de processamento e teores dos ingredientes através de mais testes partindo dos melhores resultados encontrados nesta

pesquisa e realizando uma otimização estatística com um DCCR. Alguns ingredientes também poderiam ser alterados na formulação, como a goma acácia pela goma xantana e carragena que tem características mais termolábeis e podem trazer melhores resultados no perfil de textura como por exemplo aumentando a dureza, gomosidade e mastigabilidade. A inclusão de farinha de trigo poderia ser benéfica devido a sua formação de glúten formando uma rede de gel mais coesa causando menos esfarelamento. No processamento poderia ser utilizado um “purê” de estipe com granulometria mais fina que seja adicionado ao estipe triturado dando diferenças de textura na massa que possam se assemelhar a um tecido conjuntivo de peixe. Quanto à análise sensorial do próximo análogo poderia ser acrescentada uma metodologia de análise descritiva quantitativa (ADQ) com grupo de foco para treinar provadores e estreitar as informações referente ao análogo. Os resultados norteiam os passos para otimização dos ingredientes da formulação tal como melhorias nas técnicas de processamento que podem auxiliar a se aproximar das características de um filé de peixe.

REFERÊNCIAS

- ADETUYI, F. O.; KARIGIDI, K. O.; AKINTIMEHIN, E. S. Effect of postharvest UV-C treatments on the bioactive components, antioxidant and inhibitory properties of *clerodendrum volubile* leaves. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 19, n. 1, p.7-13, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jssas.2018.03.005>>. Acesso em: 21 mai. 2022.
- AGUILAR, K; GARVÍN, A; IBARZ, A. Effect of UV–Vis processing on enzymatic activity and the physicochemical properties of peach juices from different varieties. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 48, p. 83-89, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.ifset.2018.05.005>>. Acesso em: 17 mai. 2022.
- AHHMED, A. M. et al. Dependence of microbial transglutaminase on meat type in myofibrillar proteins cross-linking. **Food Chemistry**, v. 112, p. 354-361, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.05.078>>. Acesso em: 20 fev. 2022.
- AHMAD, A. et al. Beta glucan: a valuable functional ingredient in foods. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 52, n. 3, p. 201-212, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1080/10408398.2010.499806>>. Acesso em: 17 mar. 2022.
- AISALA, H. et al. Linking volatile and non-volatile compounds to sensory profiles and consumer liking of wild edible Nordic mushrooms. **Food Chemistry**, v. 304, p. 125403, 2020. Disponível em: <<https://www-sciencedirect.ez26.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0308814619315171>>. Acesso em: 30 jun. 2023.
- AISALA, H. et al. Sensory properties of Nordic edible mushrooms. **Food Research International**, v. 109, p. 526– 536, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996918303430>>. Acesso em: 01 jun. 2023.
- ALBERT, A. et al. Comparison between temporal dominance of sensations (TDS) and key-attribute sensory profiling for evaluating solid food with contrasting textural layers: Fish sticks. **Food Quality and Preference**, v. 24, n. 1, p. 111–118, 2012. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950329311002163>>. Acesso em: 03 jul. 2023.
- ALI, M. Z.; HOSSAIN, M. A.; MAZID, M. A. Effect of mixed feeding schedules with varying dietary protein levels on the growth of sutchi catfish, *Pangasius hypophthalmus* (Sauvage) with silver carp, *Hypophthalmichthys molitrix* (Valenciennes) in ponds. **Aquaculture Research**, v. 36 n. 7, p. 627-34, 2005. Disponível em: <<https://onlinelibrary-wiley.ez26.periodicos.capes.gov.br/doi/full/10.1111/j.1365-2109.2005.01262.x>>. Acesso em: 12 fev. 2022.
- ALOTHMAN, M.; BHAT, R.; KARIM, A. UV Radiation- induced changes of antioxidant capacity of fresh-cut tropical fruits. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 10, p. 512-516, 2009. Disponível em: <<https://www->

sciencedirect.ez26.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S1466856409000320?via%3Dihub>. Acesso em: 13 set. 2022.

ALVES, S. S. Adição de glutamina mais ácido glutâmico em dietas para porcas lactantes e ou leitões na creche. 2013. 46 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, MG. Disponível em: <<https://www.locus.ufv.br/bitstream/123456789/5791/1/texto%20completo.pdf>>. Acesso em: 04 set. 2023.

ANDERSON, D. M. W.; HOWLETT, J.F.; McNAB, C. G. A. The amino acid composition of the proteinaceous component of gum Arabic (*Acacia Senegal* (L.) Willd.). **Food Additives & Contaminants**, v. 2, n. 3, p. 159-164, 1985. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/02652038509373539>>. Acesso em: 01 dez. 2022.

ANDRÉS-BELLO, A.; GARCÍA-SEGOVIA, P.; MARTÍNEZ-MONZÓ, J. Vacuum frying process of gilthead sea bream (*Sparus aurata*) fillets. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 11, n. 4, p. 630– 636, 2010. Disponível em: <<https://doi-org.ez26.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.ifset.2>>. Acesso em: 13 mai. 2023.

ARAMOUNI, F.; DESCHENES, K. Methods for developing new food products: an instructional guide. **DeStech Publications**, 378 p., 2015. Disponível em: <<https://www.destechpub.com/wp-content/uploads/2015/01/Methods-for-Developing-New-Food-Products-preview.pdf>> Acesso em: 08 jul. 2023

ARIZA, M. T. et al. Bioaccessibility and potential bioavailability of phenolic compounds from achenes as a new target for strawberry breeding programs. **Food Chemistry**, v. 248, p. 155–165, 2018. Disponível em: <<https://www-sciencedirect.ez26.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0308814617319246>>. Acesso em: 06 ago. 2022.

ARVANITOYANNIS, I. S.; TSITSIKA, E. V.; PANAGIOTAKI, P. Implementation of quality control methods (physico-chemical, microbiological and sensory) in conjunction with multivariate analysis towards fish authenticity. **Food Science and Technology**, v. 40, n. 3, p. 237-263, 2005. Disponível em: <<https://ifst-onlinelibrary-wiley.ez26.periodicos.capes.gov.br/doi/epdf/10.1111/j.1365-2621.2004.00917.x>>. Acesso em: 08 mai. 2023.

ASSIS, M. T. Q. M. Avaliação físico-química de filés de peito de frango adicionados de sal, tripolifosfato de sódio e proteína isolada de soja. 2009. 73 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, SC. Disponível em: <<https://repositorio.ufsc.br/bitstream/handle/123456789/92991/275625.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 03 set. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **Análise sensorial dos alimentos e bebidas: terminologia**. 1993. 8 p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of the Association of Official Analytical Chemists**. 16. ed. Arlington: Association of Official Analytical Chemists, 2005.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS - AOAC. **Official Methods of Analysis**; Edited by Sidney Williams. 16 ed. Arlington, 1997. 1141p.

ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS - AOAC. **Official Methods of Analysis**; Method. ColiComplete (AOAC Official Method 992.30—modified).

BACH, F. et al. Edible mushrooms: a potential source of essential amino acids, glucans and minerals. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 52, n. 11, p. 2382–2392, 2017. Disponível em: <<https://ifst-onlinelibrary-wiley.ez26.periodicos.capes.gov.br/doi/full/10.1111/ijfs.13522>>. Acesso em: 04 mar. 2022.

BAGAGLI, M. P. **Produção de transglutaminase de *Streptomyces sp.* P20, caracterização e aplicação da enzima bruta**. 2009. 113 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, SP.

BAINY, E. M. et al. Physical changes of tilapia fish burger during frozen storage. **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 33, p.155-160, 2015. Disponível em: <<https://doi.org/10.5380/cep.v33i2.47171>>. Acesso em: 24 jan. 2023.

BELTRÁN, Y. et al. Composición micoquímica y actividad antioxidante de la seta *Pleurotus ostreatus* en diferentes estados de crecimiento. **Acta Biológica Colombiana**, v. 26, n. 1, p. 89–98, 2021. Disponível em: <<https://revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol/article/view/84519>>. Acesso em: 07 jul. 2021.

BELUHAN, S.; RANOGAJEC, A. Chemical composition and non-volatile components of Croatian wild edible mushrooms. **Food Chemistry**, v. 124, n. 3, p. 1076–1082, 2011. Disponível em: <<https://www-sciencedirect.ez26.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0308814610009350?via%3Dihub>>. Acesso em: 13 mar. 2021.

BERNARDO, Y. A. A. et al. Texture Profile Analysis: How Parameter Settings Affect the Instrumental Texture Characteristics of Fish Fillets Stored Under Refrigeration?. **Food Analytical Methods**, v. 15, n. 1, p. 144–156, 2022. Disponível em: <<https://doi-org.ez26.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s12161-021-02095-0>>. Acesso em: 01 mar. 2023.

BEUCHAT, L. R. et al. Low–Water Activity Foods: Increased Concern as Vehicles of Foodborne Pathogens. **Journal of Food Protection**, v. 76, n. 1, pp. 150-172, 2013. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0362028X23052997>>. Acesso em: 10 jul. 2023.

BOONSIRIWIT, A. et al. Effect of Moisture-controlled Packaging Treatment with Acid-modified Expanded Vermiculite–calcium Chloride on the Quality of Fresh Mushrooms (*Agaricus Bisporus*) during Low-temperature Storage. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 102, n. 7, p. 3029-037, 2021. Disponível em: <<https://onlinelibrary-wiley.ez26.periodicos.capes.gov.br/doi/full/10.1002/jsfa.11644>>. Acesso em: 10 jul. 2023.

BORAN, M.; KÖSE, Storage Properties of Three Types of Fried Whiting Balls at Refrigerated Temperatures. **Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences**, v. 7, n. 1, p. 65-70, 2007. Disponível em: <<https://www.trjfas.org/abstract.php?id=314>>. Acesso em: 10 jun. 2023.

BOUCHON, P. et al. Oil distribution in fried potatoes monitored by infrared microspectroscopy. **Journal of Food Science**, v. 66, n. 7, p. 918– 923, 2001. Disponível em: <<https://ift-onlinelibrary-wiley.ez26.periodicos.capes.gov.br/doi/abs/10.1111/j.1365-2621.2001.tb08212.x>>. Acesso em: 03 jul. 2023.

BRANDT, M. A.; SKINNER, E. Z.; COLEMAN, J. A. Texture profile method. **Journal of Food Science**, v. 28, n. 4, p. 404–409, 1963. Disponível em: <<https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1963.tb00218.x>>. Acesso em: 12 mai. 2023.

BRASIL, Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), Resolução RDC nº 205, de 14 de novembro de 2006. Aprova o “Regulamento Técnico sobre enzimas e preparações enzimáticas para uso na produção de alimentos destinados ao consumo humano” anexo, **Diário Oficial da União**, 14 de nov. de 2006.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Método do Índice de Qualidade (MIQ) para a Avaliação Sensorial da Qualidade de Pescado. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Embrapa Agroindústria de Alimentos**. Rio de Janeiro, 2011. ISSN 1516-8247. Acesso em 03 set. 2022.

BRASIL, Diretoria Colegiada da ANVISA. Resolução da Diretoria Colegiada - RDC nº 429, de 8 de outubro de 2020. Dispõe sobre a rotulagem nutricional dos alimentos embalados. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 195 ed. 106 p. 09 out. 2020. Seção 1. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-de-diretoria-colegiada-rdc-n-429-de-8-de-outubro-de-2020-282070599>>. Acesso em: 16 ago. 2023.

BRENNAN, M.; PORT, G. L.; GORMLEY, R. Postharvest treatment with citric acid or hydrogen peroxide to extend the shelf life of fresh sliced mushrooms. **Food Science and Technology**, v. 33, n. 4, p. 285–289, 2000. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643800906571>>. Acesso em: 12 nov. 2021.

BROWN, G.; GORDON, S. Fungal β -Glucans and Mammalian Immunity. **Immunity**, v. 19, p. 311–315, 2003. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1074761303002334>>. Acesso em: 22 set 2020.

BUCKOW, R.; HEINZ, V.; KNORR, D. Effect of High Hydrostatic Pressure-Temperature Combinations on the Activity of β -Glucanase from Barley Malt. **Journal of the Institute of Brewing**, v. 111, n. 3, p.282-289, 2012. Disponível em: <<https://doi-org.ez26.periodicos.capes.gov.br/10.1002/j.2050-0416.2005.tb00684.x>>. Acesso em: 09 out. 2022.

BUREY, P. et al. Confectionary gels: a review of formulation, rheological, and structural aspects. **International Journal of Food Properties**, v. 12, n. 1, p. 176– 210, 2009. Disponível em:

<<https://www.tandfonline.com/doi/ref/10.1080/10942910802223404?scroll=top&role=tab>>. Acesso em: 14 jul. 2021.

CAMPOS, A. D.; SILVEIRA, E. M. L. Metodologia para determinação de peroxidase e da polifenoloxidase em plantas. **Comunicado Técnico EMBRAPA**, **87**, Pelotas, RS, p. 1-3, 2003. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/31616/1/comunicado87.pdf>>. Acesso em: 03 set. 2022.

CANTO, A. C. V. C. S. et al. Color attributes and oxidative stability of longissimus lumborum and psoas major muscles from Nellore bulls. **Meat Science**, v. 121, p.19-26, 2016. Disponível em: <<https://www-sciencedirect.ez26.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0309174016301528>>. Acesso em: 04 jul. 2023.

CARVALHO, A. V. et al. Caracterização tecnológica de extrusados de terceira geração à base de farinhas de mandioca e pupunha. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, n. 4, p. 995–1003, 2010. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cagro/a/RyKgrVsqPv9Z7qShnV4KDD/?lang=pt>>. Acesso em: 15 jul. 2023.

CARVALHO, C. S. M. et al. Mineral composition of substrates based on banana waste during the *Pleurotus ostreatus* cultivation. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 81, n. 3, p. 272-281, 2014. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/aib/a/vVPbByK5WBdrVbvGwhLvFVP/abstract/?lang=en#>>. Acesso em: 22 dez. 2022.

CHENG, J. et al. Texture and structure measurements and analyses for evaluation of fish and fillet freshness quality: a review. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 13, p. 52-61, 2013. Disponível em: <<https://ift-onlinelibrary-wiley.ez26.periodicos.capes.gov.br/doi/full/10.1111/1541-4337.12043>>. Acesso em: 08 jul. 2023.

CHENG, X.; ZHANG, M.; ADHIKARI, B. The inactivation kinetics of polyphenol oxidase in mushroom (*Agaricus bisporus*) during thermal and thermosonic treatments. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 20, n. 2, p. 674-679, 2013. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1350417712002180>>. Acesso em: 08 jan. 2023.

CHEUNG, P. C. K. Mini-review on edible mushrooms as source of dietary fiber: Preparation and health benefits. **Food Science and Human Wellness**, v. 2, n. 3–4, p. 162–166, 2013. Disponível em: <<https://www-sciencedirect.ez26.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S2213453013000426?via%3Dihub>>. Acesso em: 10 jul. 2023.

CHIRINANG, P.; INTARAPICHET, K. O. Amino acids and antioxidant properties of the oyster mushrooms, *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus sajor-caju*. **ScienceAsia : Journal of the Science Society of Thailand**, v. 35, n. 4, p. 326, 2009. Disponível em: <https://www.scienceasia.org/2009.35.n4/scias35_326.pdf>. Acesso em: 17 jul. 2023.

CHO, I. H. et al. Differentiation of aroma characteristics of pine-mushrooms (*Tricholoma matsutake* Sing.) of different grades using gas chromatography–olfactometry and sensory analysis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 6, p. 2323-2328, 2007. Disponível em: <<https://pubs-acsc-org.ez26.periodicos.capes.gov.br/doi/full/10.1021/jf062702z>>. Acesso em: 02 ago. 2022.

CHOE, E.; MIN, D. B. Chemistry of deep-fat frying oils. **Journal of Food Science**, v. 72, n. 5, p. 77–86, 2007. Disponível em: <<https://ift-onlinelibrary-wiley.ez26.periodicos.capes.gov.br/doi/full/10.1111/j.1750-3841.2007.00352.x>>. Acesso em: 10 jul. 2023.

CHU, H. S. S.; O'KEEFE, S. F.; KUHN, D. D. Evaluation of Lipid Quality and Fatty Acid Composition of Tilapia, *Oreochromis Spp.*, Fillets Available in US Supermarkets. **ACS Food Science & Technology**, v. 1, n. 11, p. 2069-2075, 2021. Disponível em: <<https://pubs-acsc-org.ez26.periodicos.capes.gov.br/doi/full/10.1021/acscfoodscitech.1c00291>>. Acesso em: 20 mar. 2023.

CIVILLE, G. V.; SZCZESNIAK, A. S. Guidelines to training a texture profile panel. **Journal of Texture Studies**, v. 4, p. 204-223. 1973. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Gail-Civille/publication/229702012_Guidelines_to_Training_a_Texture_Profile_Panel/links/5c6c1ceb92851c1c9dedd43a/Guidelines-to-Training-a-Texture-Profile-Panel.pdf>. Acesso em: 25 set. 2022.

COHEN, N., COHEN, J., ASATIANI, M. D., VARSHNEY, V. K., YU, H. T., YANG, Y. C., LI, Y. H., MAU, J. L., WASSER, S. P. Chemical composition and nutritional and medicinal value of fruit bodies and submerged cultured mycelia of culinary-medicinal higher Basidiomycetes mushrooms. **International journal of medicinal mushrooms**, v. 16, p. 273-291, 2014. Disponível em: <<https://doi.org/10.1615/intjmedmushr.80>>. Acesso em 17 jul. 2023.

COMMISSION INTERNATIONALE DE L'ÉCLAIRAGE – CIE. Colorimetry. 2.ed. Vienna: CIE Publication, 1986. 74p.

DAMODARAN, et al. **Química de Alimentos de Fennema**. 4ed. Porto Alegre: Artmed, 2010. 900 p.

DIAS, E. S. Cultivo de cogumelos no Brasil: desafios e potencialidades. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 4, p. 795-803, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1413-70542010000400001>>. Acesso em: 04 ago. 2023.

DIAZ, J. M. R. et al. Fibrous meat analogues containing oat fiber concentrate and pea protein isolate: Mechanical and physicochemical characterization. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 77, 102954 p., 2022. Disponível em: <<https://www-sciencedirect.ez26.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S146685642200039X?via%3Dihub>>. Acesso em: 12 fev. 2023.

DIMITRAKOPOULOU, M. A. et al. Effect of salt and transglutaminase (TG) level and processing conditions on quality characteristics of phosphate-free, cooked, restructured pork shoulder. **Meat Science**, v. 70, n. 4, p.743-749, 2005. Disponível em: <<https://www->

sciencedirect.ez26.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0309174005001130>. Acesso em: 09 mai. 2022.

DMYTRÓW, I. et al. Storage stability of fermented milk with probiotic monoculture and transglutaminase. **Czech Journal of Food Sciences**, v. 37, n. 5, p. 332–337, 2019. Disponível em: <<https://www-cabdirect.ez26.periodicos.capes.gov.br/cabdirect/FullTextPDF/2019/20193491818.pdf>>. Acesso em: 15 ago. 2022.

DOBSON, S. et al. Synergistic interactions between pea protein isolate and rapid-swelling starch. **Food Hydrocolloids**, v. 142, p. 108753, 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2023.108753>>. Acesso em: 13 jul. 2023

DÓREA, E. S. Suplementação de glutamina e glutamato em dietas com baixo nível de lisina digestível para leitões desmamados. 2022. 71 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Departamento de Zootecnia, Viçosa, MG. Disponível em: <<https://www.locus.ufv.br/handle/123456789/30909>>. Acesso em: 05 set. 2023.

DOROŠKI, A. et al. How do sous-vide treatment and herb spices addition improve sensory acceptance and antimicrobial attributes of organic oyster mushrooms (*Pleurotus ostreatus*). **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 46, n. 11, 13 p., 2022. Disponível em: <<https://ifst-onlinelibrary-wiley.ez26.periodicos.capes.gov.br/doi/epdf/10.1111/jfpp.17142>>. Acesso em: 27 nov. 2022.

EGEA, M. B.; LOBATO, L. P. A desidratação osmótica como pré-tratamento para frutas e hortaliças. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 73, n. 4, p. 316–324, 2015. Disponível em: <<https://periodicos.saude.sp.gov.br/RIAL/article/view/33370>>. Acesso em: 16 jul. 2022.

EIRA, A. F. Fungos Comestíveis. In: ESPOSITO, E.; AZEVEDO, J. L. In: **Fungos: uma introdução à biologia, bioquímica e biotecnologia**. 2 ed. Caxias do Sul: EDUCS, 2010. 638 p.

FALGUERA, V. et al. Inactivation of polyphenol oxidase by ultraviolet irradiation: protective effect of melanins. **Journal of Food Engineering**, v. 110, p. 305-309, 2012. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0260877411001907>>. Acesso em: 12 jul. 2023.

FARIAS, J. M. **Processamento de Pescado**. 2011. Curso Técnico em Agroindústria. Escola Estadual de Educação Profissional - EEEP. 69 p. Governo do Ceará. Disponível em: <https://www.seduc.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/37/2011/01/agroindustria_processamento_de_pescado.pdf>. Acesso em: 19 ago. 2022.

FIDANZA, M. A. et al. Analysis of Fresh Mushroom Compost. **HortTechnology**, v. 20, n. 2, p. 449-453, 2010. Disponível em: <<https://doi.org/10.21273/HORTTECH.20.2.449>>. Acesso em: 07 jun. 2023.

FIorentini, M.; Kinchla, A. J.; Nolden, A. A. Role of Sensory Evaluation in Consumer Acceptance of Plant-Based Meat Analogs and Meat Extenders: A Scoping Review.

Foods, v. 9, n. 9, p. 1334, 2020. Disponível em: < <https://doi.org/10.3390/foods9091334>>. Acesso em: 19 jan. 2023.

FLEURI, L. F.; SATO, H. H. β -1,3 Glucanases e Quitinases: aplicação na lise de leveduras e inibição de fungos. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 32, n. 4, p. 1224-231, 2008. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cagro/a/YgSFLhGvcPTsTycNcMX68VD/?lang=pt>>. Acesso em: 04 mai. 2023.

FORTEA, M. I. et al. Kinetic characterisation and thermal inactivation study of polyphenol oxidase and peroxidase from table grape (Crimson Seedless). **Food Chemistry**, v. 113, n. 4, p. 1008–1014, 2009. Disponível em: <<https://doi-org.ez26.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.foodchem.2008.08.053>>. Acesso em: 17 mai. 2023.

FOYER, C. H.; HALLIWELL, B. The presence of glutathione and glutathione reductase in chloroplast: a proposed role in ascorbic acid metabolism. **Planta**, v. 133, n. 1, p. 21-25, 1976. Disponível em: <<https://link-springer-com.ez26.periodicos.capes.gov.br/article/10.1007/BF00386001>>. Acesso em: 17 jun. 2023.

FUJIMAKI, M. et al. Studies on Flavor Components in Soybean. **Agricultural and Biological Chemistry**, v. 29, n. 9, p. 855-63, 1965. Disponível em: <<https://academic-oup-com.ez26.periodicos.capes.gov.br/bbb/article-abstract/29/9/855/5976632?redirectedFrom=fulltext>>. Acesso em: 08 mai. 2023.

FUKUDA, K. et al. Purification and characterization of a novel exo-beta-1,3-1,6-glucanase from the fruiting body of the edible mushroom Enoki (*Flammulina velutipes*). **Bioscience, biotechnology, and biochemistry**, v. 72, n. 12, p. 3107–3113, 2008. Disponível em: <<https://academic-oup-com.ez26.periodicos.capes.gov.br/bbb/article/72/12/3107/5941055>>. Acesso em: 16 jul. 2023.

FURLANI, R. P. Z.; GODOY, H. T. Valor nutricional de cogumelos comestíveis. **Food Science and Technology**, v. 27, n. 1, p.154–157, 2005. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S0101-20612007000100027>>. Acesso em: 24 mar. 2021.

GAMARRA-CASTILLO, O.; ECHEVERRY-MONTAÑA, N.; MARBELLO-SANTRICH, A.; HERNÁNDEZ-CARRIÓN, M.; RESTREPO, S. Meat Substitute Development from Fungal Protein (*Aspergillus oryzae*). **Foods**, v. 11, 2940, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/foods11192940>>. Acesso em: 07 ago 2023.

GASPAR, A. L. C.; GÓES-FAVONI, S. P. Action of Microbial Transglutaminase (MTGase) in the Modification of Food Proteins: A Review. **Food Chemistry**, v. 171, p. 315-22, 2015. Disponível em: <<https://www-scienceirect.ez26.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0308814614013867>>. Acesso em: 01 jul. 2023.

GFI-Crosser, N. The GFI State of the Industry Reports show alternative proteins are poised to flourish post COVID19. 2020. Disponível em: <<https://gfi.org/blog/state-of-the-industry-2020/>>. Acesso em: 06 mar. 2022.

GFI. O Consumidor Brasileiro e o Mercado Plant-based. São Paulo, 2022, 91 p. Disponível em: < Pesquisa-de-Consumidor-GFI-Brasil.pdf> Acesso em: 17 abr. 2023.

GÓMEZ, I.; IBAÑEZ, F. C.; BERIAIN, M. J. Physicochemical and Sensory Properties of Sous Vide Meat and Meat Analog Products Marinated and Cooked at Different Temperature-time Combinations. **International Journal of Food Properties**, v. 22, n. 1, p. 1693-1708, 2019. Disponível em: <<https://www-tandfonline.ez26.periodicos.capes.gov.br/doi/full/10.1080/10942912.2019.1666869>>. Acesso em: 04 mai. 2023.

GONZALEZ, A. et al. Edible Mushrooms as a Novel Protein Source for Functional Foods. **Food & Function**, v. 11, n. 9, p. 7400-7414, 2020. Disponível em: <<https://pubs-rsc-org.ez26.periodicos.capes.gov.br/en/results?DOI=10.1039/d0fo01746a>>. Acesso em: 28 dez. 2022.

GRASSO, A. C. et al. Older consumers' readiness to accept alternative, more sustainable protein sources in the European Union. **Nutrients**, v. 11, n. 8, p. 1904, 2019. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2072-6643/11/8/1904>>. Acesso em: 27 dez. 2022.

GROSSHAUSER, S.; SCHIEBERLE, P. Characterization of the key odorants in pan-fried white mushrooms (*Agaricus bisporus* L.) by means of molecular sensory science: comparison with the raw mushroom tissue. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 61, n.16, p. 3804-3813, 2013. Disponível em: <<https://pubs-acsc-org.ez26.periodicos.capes.gov.br/doi/full/10.1021/jf4006752>>. Acesso em: 01 ago. 2022.

GUAN, W.; FAN, X.; YAN, R. Effect of combination of ultraviolet light and hydrogen peroxide on inactivation of Escherichia coli O157: H7, native microbial loads, and quality of button mushrooms. **Food Control**, v. 34, n. 2, p. 554–559, 2013. Disponível em: <<https://www-scienceirect.ez26.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0956713513002764?via%3Dihub>>. Acesso em: 04 jun. 2023.

GULERIA, P.; KUMARI, S.; DANGI, N. B–glucan: health benefits and role in food industry- a review. **International Journal of Enhanced Research In Science Technology & Engineering**, v. 4, n. 8, p. 3-7, 2015. Disponível em: <[b-glucan-Health-Benefits-and-Role-in-Food-Industry-A-Review.pdf](#)>. Acesso em 10 jul. 2023.

GUO, H. et al. Effects of electron-beam irradiation on volatile flavor compounds of salmon fillets by the molecular sensory science technique. **Journal of Food Science**, v. 86, n. 1, p. 184–193, 2021. Disponível em: <<https://ift-onlinelibrary-wiley.ez26.periodicos.capes.gov.br/doi/full/10.1111/1750-3841.15541>>. Acesso em: 27 dez. 2022.

GÜRGEN, A.; YILDIZ, S. Artificial neural network approach for protection of the color of dried golden and pink oyster mushrooms with pretreatments. **Color Research and Application**, v. 44, n. 6, p. 1006–1016, 2019. Disponível em: <<https://onlinelibrary-wiley.ez26.periodicos.capes.gov.br/doi/full/10.1002/col.22428>>. Acesso em: 02 mar. 2023.

HEO, S.; JEON, S.; LEE, S. Utilization of *Lentinus edodes* mushroom β -glucan to enhance the functional properties of gluten-free rice noodles. **LWT - Food Science and Technology**, v. 55, n. 2, p. 627–631, 2014. Disponível em:

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643813003459>>. Acesso em: 02 jul. 2023.

HERNÁNDEZ, A. et al. Study of the Dose of Thyme Essential Oil in Feed to Prolong the Shelf Life of Gilthead Seabream (*Sparus Aurata*). **Aquaculture Nutrition**, v. 21, n. 5, p. 740-749, 2015. Disponível em: <<https://onlinelibrary-wiley.ez26.periodicos.capes.gov.br/doi/full/10.1111/anu.12196>>. Acesso em: 17 mai. 2023.

HU, X.; MCCLEMENTS, D. J. Development of Plant-Based Adipose Tissue Analogs: Freeze-Thaw and Cooking Stability of High Internal Phase Emulsions and Gelled Emulsions. **Foods**, v. 11, n. 24, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/foods11243996>>. Acesso em: 31 ago. 2023.

HUANG, T. et al. Comparison of gelling properties and flow behaviors of microbial transglutaminase (MTGase) and pectin modified fish gelatin. **Journal of Texture Studies**, v. 50, n. 5, p. 400–409, 2019. Disponível em: <<https://onlinelibrary-wiley.ez26.periodicos.capes.gov.br/doi/full/10.1111/jtxs.12405>>. Acesso em: 20 fev. 2023.

HUANG, T. et al. Comparison of Gelling Properties and Flow Behaviors of Microbial Transglutaminase (MTGase) and Pectin Modified Fish Gelatin. **Journal of Texture Studies**, v. 50, n. 5, p. 400–409, 2019. Disponível em: <<https://onlinelibrary-wiley.ez26.periodicos.capes.gov.br/doi/full/10.1111/jtxs.12405>>. Acesso em: 15 abr. 2021.

HUANG, T. et al. Comparison of Rheological Behaviors and Nanostructure of Bighead Carp Scales Gelatin Modified by Different Modification Methods. **Journal of Food Science and Technology**, v. 54, n. 5, p. 1256–1265, 2017. Disponível em: <<https://link-springer-com.ez26.periodicos.capes.gov.br/article/10.1007/s13197-017-2511-1>>. Acesso em: 15 abr. 2021.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ (IAL). Métodos físico-químicos para análise de alimentos. São Paulo: **Instituto Adolfo Lutz**, 2008. 1020 p.

ISMAIL, I.; HWANG, Y. H.; JOO, S. T. Interventions of two-stage thermal sous-vide cooking on the toughness of beef semitendinosus. **Meat Science**, v. 157, p. 107882, 2019. Disponível em: <<https://www-sciencedirect.ez26.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0309174019302499>>. Acesso em: 17 jul. 2023.

ISMAYA, W. T. et al. Crystal structure of *Agaricus bisporus* mushroom tyrosinase: Identity of the tetramer subunits and interaction with tropolone. **Biochemistry**, v. 50, n. 24, p. 5477–5486, 2011. Disponível em: <<https://doi-org.ez26.periodicos.capes.gov.br/10.1021/bi200395t>>. Acesso em: 10 mar. 2023.

JAWORSKA, G.; BERNAŚ, E. Comparison of Amino Acid Content in Canned *Pleurotus Ostreatus* and *Agaricus Bisporus* Mushrooms. **Journal of Fruit and Ornamental Plant Research**, v. 74, n.1, p. 107-115, 2011. Disponível em: <<https://sciendo.com/article/10.2478/v10032-011-0009-3>>. Acesso em: 15 mai. 2023.

JIANG, T. et al. Influence of UV-C treatment on antioxidant capacity, antioxidant enzyme activity and texture of postharvest shiitake (*Lentinus Edodes*) mushrooms during storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 56, n. 3, p. 209–215, 2010. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0925521410000256?via%3Dihub>>. Acesso em: 08 set. 2022.

JORGE, C. E. et al. Application of a check-all-that-apply question for evaluating and characterizing meat products. **Meat Science**, v. 100, n.1, p. 124-133. Disponível em: <Application of a check-all-that-apply question for evaluating and characterizing meat products - ScienceDirect (capes.gov.br)> Acesso em: 03 jul 2023.

JOSIANI, J. da S.; PIMENTEL, T. C.; KLOSOSKI, S. J. Comparative Study of the Physicochemical and Technological Properties of Native and Fermented Cassava Starch. **Revista Ciências Exatas e Naturais**, v. 17, n. 2, p. 261-274, 2015. Disponível em: <https://revistas.unicentro.br/index.php/RECEN/article/viewFile/3602/pdf_1>. Acesso em: 03 set. 2023.

JOSHI, M. et al. Rheological and microstructural characteristics of lentil starch/lentil protein composite pastes and gels. **Food Hydrocolloids**, v. 35, p. 226–237, 2014. Disponível em: <<https://www-sciencedirect.ez26.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0268005X13001756?via%3Dihub>>. Acesso em: 16 jul. 2023.

JOSHI, V. K.; KUMAR, S. Meat Analogues: Plant based alternatives to meat products- A review. **International Journal of Food Fermentation and Technology**, v. 5, p. 107-119, 2015. Disponível em: <<http://ndpublisher.in/admin/issues/IJFFTV5N2b.pdf>>. Acesso em: 08 abr. 2023.

KALÁČ, P. Chemical Composition and Nutritional Value of European Species of Wild Growing Mushrooms: A Review. **Food Chemistry**, v. 113, p. 9-16, 2009. Disponível em: <<https://www-sciencedirect.ez26.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0308814608009229?via%3Dihub>>. Acesso em: 25 mai. 2023.

KALEDA, A. et al. Physicochemical, textural, and sensorial properties of fibrous meat analogs from oat-pea protein blends extruded at different moistures, temperatures, and screw speeds. **Future Foods : a Dedicated Journal for Sustainability in Food Science**, v. 4, p. 100092, 2021. Disponível em: <<https://www-sciencedirect.ez26.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S2666833521000824?via%3Dihub>>. Acesso em: 15 jul. 2023.

KAMANI, M. H. et al. Partial and total replacement of meat by plant-based proteins in chicken sausage: Evaluation of mechanical, physico-chemical and sensory characteristics. **Journal of Food Science and Technology**, v. 56, n. 5, p. 2660-2669, 2019. Disponível em: <<https://link-springer-com.ez26.periodicos.capes.gov.br/article/10.1007/s13197-019-03754-1>>. Acesso em: 13 abr. 2023.

KAO, P. F. et al. Structural Characterization and Antioxidative Activity of Low-Molecular-Weights Beta-1,3-Glucan from the Residue of Extracted *Ganoderma Lucidum* Fruiting

Bodies. **Journal of Biomedicine & Biotechnology**, v. 2012, p. 673764-8, 2012. Disponível em: <<https://www.hindawi.com/journals/bmri/2012/673764/>>. Acesso em: 27 jan. 2023.

KAWAI, M. et al. Gustatory sensation of L- and D-amino acids in humans. **Amino Acids**, v. 43, p. 2349–2358, 2012. Disponível em: <<https://doi-org.ez26.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s00726-012-1315-x>>. Acesso em: 01 mai. 2023.

KIM, C. et al. Evaluation of Microbial Loads on Dried and Fresh Shiitake Mushrooms (*Lentinula edodes*) as Obtained from Internet and Local Retail Markets, Respectively. **Food Safety**, v. 4, n. 2, p. 45–51, 2016. Disponível em: <<https://www-ncbi-nlm.nih.ez26.periodicos.capes.gov.br/pmc/articles/PMC6989162/>>. Acesso em: 09 abr. 2023.

KIM, S. et al. Effect of *Pleurotus eryngii* Mushroom β -Glucan on Quality Characteristics of Common Wheat Pasta. **Journal of Food Science**, v. 81, n. 4, p. C835–C840, 2016. Disponível em: <<https://ift-onlinelibrary-wiley.ez26.periodicos.capes.gov.br/doi/full/10.1111/1750-3841.13249>>. Acesso em 18 mai. 2023.

KIM, T. K. et al. Drying-Induced Restructured Jerky Analog Developed Using a Combination of Edible Insect Protein and Textured Vegetable Protein. **Food Chemistry**, 373.Pt B, 131519, 2022. Disponível em: <<https://www-sciencedirect.ez26.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0308814621025255>>. Acesso em: 04 dez. 2022.

KIM, Y. W. et al. Anti-diabetic activity of beta-glucans and their enzymatically hydrolyzed oligosaccharides from *Agaricus blazei*. **Biotechnology Letters**, v. 27, n. 7, p. 483–487, 2005. Disponível em: <<https://link-springer-com.ez26.periodicos.capes.gov.br/article/10.1007/s10529-005-2225-8>>. Acesso em: 01 nov. 2022.

KO, H. J. et al. Meat Analog Production through Artificial Muscle Fiber Insertion Using Coaxial Nozzle-assisted Three-dimensional Food Printing. **Food Hydrocolloids**, v. 120, 106898 p., 2021. Disponível em: <<https://www-sciencedirect.ez26.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0268005X21003143?via%3Dihub>>. Acesso em: 30 ago. 2022.

KULAWIK, P. et al. Nutritional Composition of Frozen Fillets from Pangasius Catfish (*Pangasius hypophthalmus*) and Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Import to European Countries. **Annals of Animal Science**, v. 16, n. 3, p. 931–950, 2016. Disponível em: <<https://sciendo.com/article/10.1515/aoas-2016-0012>>. Acesso em: 13 mai. 2022.

KUMAR, P. et al. Meat Analogues: Health Promising Sustainable Meat Substitutes. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 57, n. 5, p. 923-932, 2017. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25898027/>>. Acesso em: 24 set. 2022.

LEE, J. S. et al. Physico-chemical Characteristics of Rice Protein-based Novel Textured Vegetable Proteins as Meat Analogues Produced by Low-moisture Extrusion Cooking Technology. **Food Science & Technology**, v. 157, 113056 p., 2022. Disponível em: <<https://www->

sciencedirect.ez26.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S002364382102209X?via%3Dihub>. Acesso em: 16 jun. 2023.

LEI, J. et al. Effects of UV-C treatment on browning and the expression of polyphenol oxidase (PPO) genes in different tissues of *Agaricus bisporus* during cold storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 139, p. 99-105, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2017.11.022>>. Acesso em: 24 jun. 2023.

LEÓN, K. et al. Color measurement in L*a*b* units from RGB digital images. **Food research international**, v.39, p. 1084–1091, 2006. Disponível em: <<https://www-sciencedirect.ez26.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0963996906000470?via%3Dihub>>. Acesso em: 18 jun. 2023.

LESPINARD, A. R. et al. Experimental determination and modelling of size variation, heat transfer and quality indexes during mushroom blanching. **Journal of Food Engineering**, v. 92, n. 1, p. 8–17, 2009. Disponível em: <<https://www-sciencedirect.ez26.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0260877408005098?via%3Dihub>>. Acesso em: 12 out. 2022.

LI, F. et al. Spent mushroom substrates affect soil humus composition, microbial biomass and functional diversity in Paddy fields. **Applied soil ecology**, v. 149, p. 103489, 2020. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0929139319311655>>. Acesso em: 09 ago 2023.

LI, P. et al. Effect of multistage process on the quality, water and oil distribution and microstructure of French fries. **Food Research International**, v. 137, 109229 p., 2020. Disponível em: <<https://www-sciencedirect.ez26.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0963996920302544>>. Acesso em: 10 jul. 2023.

LI, W. et al. Non-volatile Taste Components of Several Cultivated Mushrooms. **Food Chemistry**, v. 143, p. 427-31, 2014. Disponível em: <<https://www-sciencedirect.ez26.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0308814613010753>>. Acesso em: 01 set. 2022.

LI, X. et al. Characterization of the Major Odor-Active Off-Flavor Compounds in Normal and Lipoxigenase-Lacking Soy Protein Isolates by Sensory-Directed Flavor Analysis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 71, n. 21, p. 8129-8139, 2023. Disponível em: <<https://pubs-acsc-org.ez26.periodicos.capes.gov.br/doi/full/10.1021/acs.jafc.3c00793>>. Acesso em: 06 jun. 2023.

LILLFORD, P. J. Texture and breakdown in the mouth: An industrial research approach. **Journal of Texture Studies**, v. 49, n. 2, p. 213–218, 2018. Disponível em: <<https://onlinelibrary-wiley.ez26.periodicos.capes.gov.br/doi/full/10.1111/jtxs.12279>>. Acesso em: 30 nov. 2022.

LIM, S. H.; LEE, Y. H.; KANG, H. W. Efficient Recovery of Lignocellulolytic Enzymes of Spent Mushroom Compost from Oyster Mushrooms, *Pleurotus spp.*, and Potential Use in Dye

Decolorization. **Mycobiology**, v. 41, n. 4, p. 214-220, 2013. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3905125>>. Acesso em: 18 jun. 2023.

LIN, Q.; SANG, M.; JIN, H.; HUANG, D.; ZHANG, Y.; HAN, J.; YE, A. Protein digestibility of textured wheat protein (TWP)-based meat analogs: (II) Effects of sodium tripolyphosphate, **Food Research International**, v. 173, n. 1, 2023, ISSN 0963-9969. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0963996923008256>>. Acesso em: 02 set. 2023.

LIN, Z. 2004. Grass (JUNCAO). In: MushWorld (Ed.). Mushroom Growers Handbook 1. **Oyster Mushroom Cultivation**. Chapter 5:Substrate, pg. 101-107.

LIU, Y. et al. Effects of Bacillus subtilis transglutaminase treatment on the functional properties of whey protein. **LWT**, v. 116, p. 108559, 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643819309016?via%3Dihub>>. Acesso em: 30 nov. 2022.

LLAURADÓ-MAURY, G. et al. Differential induction pattern towards classically activated macrophages in response to an Immunomodulatory extract from *Pleurotus ostreatus* mycelium. **Journal of Fungi (Basel)**, v. 7, n. 3, p. 206, 2021. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2309-608X/7/3/206>>. Acesso em: 05 abr. 2023.

LOPKULKIAERT, W.; PRAPATSORNWATTANA, K.; RUNGSARDTHONG, V. Effects of sodium bicarbonate containing traces of citric acid in combination with sodium chloride on yield and some properties of white shrimp (*Penaeus vannamei*) frozen by shelf freezing, air-blast and cryogenic freezing. **LWT - Food Science and Technology**, v. 42, p. 768-776, 2009. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S002364380800248X?via%3Dihub>>. Acesso em: 13 set. 2022.

MAITY, G. N. et al. Structural Studies of a Water Insoluble β -glucan from *Pleurotus Djamor* and Its Cytotoxic Effect against PA1, Ovarian Carcinoma Cells. **Carbohydrate Polymers**, v.222, p.114990, 2019. Disponível em: <<https://www-sciencedirect.ez26.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0144861719306502>>. Acesso em: 4 jan. 2023;

MÄKELÄ, N.; BRINCK, O.; SONTAG-STROHM, T. Viscosity of β -glucan from oat products at the intestinal phase of the gastrointestinal model. **Food Hydrocolloids**, v. 100, p. 105422, 2020. Disponível em: <<https://www-sciencedirect.ez26.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0268005X19320636?via%3Dihub>>. Acesso em: 11 fev. 2022.

MANJARI, A.; CHANDRA, R. Effect of different essential oils on enzymatic activity of oyster mushroom (*Pleurotus florida*). **Current Science**, v. 121, n. 10, p. 1357, 2021. Disponível em: <<https://www.currentscience.ac.in/Volumes/121/10/1357.pdf>>. Acesso em: 12 jan. 2023.

MANZI, P.; PIZZOFERRATO, L. Beta-glucans in Edible Mushrooms. **Food Chemistry**, v. 68, n.3, p. 315-318, 2000. Disponível em: <<https://www->

sciencedirect.ez26.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0308814699001971?via%3Dihub>. Acesso em: 07 jan. 2023.

MAZLAN, M. M. et al. Physical and microstructure properties of oyster mushroom-soy protein meat analog via single-screw extrusion. **Foods**, v. 9, n. 8, p. 1023, 2020. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2304-8158/9/8/1023>>. Acesso em: 16 jul. 2023.

MAZUMDER, M. A. R. et al. Mushroom-Legume-Based Minced Meat: Physico-Chemical and Sensory Properties. **Foods**, v. 12, n.11, p. 2094, 2023. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/foods12112094>>. Acesso em: 02 fev. 2023.

MCCLEMENTS, D. J. **Meat and Nutrition: The Next Food Revolution**. Cham: Springer Nature Switzerland, April 2023. DOI: 10.1007/978-3-031-23961-8. ISBN : 978-3-031-23963-2.

MILES, P. G.; CHANG, S. T. **Mushroom biology: concise basics and current developments**. Singapore: World Scientific, 1997. 194 p. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cr/a/BbCCmX6SXThVhn8H7htyWvp/>>. Acesso em: 12 jan. 2023.

MODOLO, M. U.; COELHO, V. S. Redução do uso de sulfito na cadeia de produção de cogumelo champignon. Monografia (Graduação) - Instituto Federal do Espírito Santo, Departamento de Ciência e Tecnologia de Alimentos. 74 f. 2021. Disponível em: <https://repositorio.ifes.edu.br/bitstream/handle/123456789/987/TCC_Reduc%C3%A7%C3%A3o_Sulfito_Produ%C3%A7%C3%A3o_Cogumelo_Champignon.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 28 ago. 2023.

MONDRAGÓN-BERNAL, O. L.; RODRIGUES, M. I.; BOLINI, A. M. H.; MAUGERI, F. F. Formulação e avaliação sensorial de um produto simbiótico. In: Susana Marta Isay Saad; Adriano Gomes de Assis; José Assis Fonseca Faria. (Org.). **Probióticos e Prebióticos em Alimentos. Fundamentos e Aplicações Tecnológicas**. 1ed. São paulo: Editora Varela, 2011, v. 1, p. 649-669.

MOSCA, A. C.; CHEN, J. Food-saliva interactions: Mechanisms and implications. **Trends in Food Science and Technology**, v. 66, p. 125–134, 2017. Disponível em: <<https://www-sciencedirect.ez26.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0924224417300092?via%3Dihub>>. Acesso em: 28 nov. 2022.

MUHAMMAD, R. et al. Psychological Factors on Food Neophobia among the Young Culinarian in Malaysia: Novel Food Preferences. **Procedia - Social and Behavioral Sciences**, v. 222, p. 358–366, 2016. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042816302555>>. Acesso em: 15 jul. 2023.

MUKHOPADHYAY, R.; GUHA, A. K. A comprehensive analysis of the nutritional quality of edible mushroom *Pleurotus sajor-caju* grown in deproteinized whey medium. **LWT - Food Science and Technology**, v. 61, n. 2, p. 339–345, 2015. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643814008445>>. Acesso em: 28 jun. 2023.

NAKAMURA, A. et al. Emulsifying properties of soybean soluble polysaccharide. **Food Hydrocolloids**, v. 18, n. 5, p. 795-803, 2004. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X0300211X>>. Acesso em: 13 mai. 2022.

NELSON, G. et al. An amino-acid taste receptor. **Nature**, v. 416, n. 6877, p. 199–202, 2002. Disponível em: <<https://www-nature.ez26.periodicos.capes.gov.br/articles/nature726#citeas>>. Acesso em: 05 nov. 2021.

NIEGO, A.G.; RAPIOR, S.; THONGKLANG, N.; RASPÉ, O.; JAIDEE, W.; LUMYOUNG, S.; HYDE, K. D. Macrofungi as a nutraceutical source:promising bioactive compounds and market value. **Journal of Fungi** , v. 7, n. 5, p. 397, 2021. Disponível em: < doi: 10.3390/jof7050397>. Acesso em: 09 ago 2023.

OGAWA, M.; MAIA, E. L. Manual de pesca: ciência e tecnologia do pescado. São Paulo: **Varela**, v.1, 1999, 430 p.

OLIVEIRA, L. A. de.; MOTTA, J. da S.; JESUS, J. L. de.; SASAKI, F. F. C.; VIANA, E. de S. Processamento de aipim e mandioca-brava. EMBRAPA, 64 p. ISBN 978-85-7035-944-5, Brasília, 2019. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/208034/1/CARTILHA-AIPIM-Luciana-AINFO.pdf>>. Acesso em: 30 ago. 2023

PALANISAMY, M. et al. Influence of iota carrageenan addition on the properties of soya protein meat analogues. **LWT**, v. 87, p. 546–552, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0023643817307041?via%3Dihub>>. Acesso em: 05 jan. 2023.

PARLAPANI, F. F. et al. The dynamics of *Pseudomonas* and volatilome during the spoilage of gutted sea bream stored at 2 °C. **Food Control**, v. 55, p. 257-265, 2015. Disponível em: <<https://www-sciencedirect.ez26.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0956713515001474?via%3Dihub>>. Acesso em: 07. jan. 2023.

PARLAPANI, F. F. et al. Microbiological spoilage and investigation of volatiles profile during storage of sea bream fillets under various conditions. **International Journal of Food Microbiology**, v. 189, p. 153-163, 2014. Disponível em: <<https://www-sciencedirect.ez26.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0168160514003973>>. Acesso em: 07. jan. 2023.

PASCUA, Y.; FOEGEDING, E. A. Food structure: Roles of mechanical properties and oral processing in determining sensory texture of soft materials. **Current Opinion in Colloid and Interface Science**, v. 18, n. 4, p. 324–333, 2013. Disponível em: <<https://www-sciencedirect.ez26.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S1359029413000484?via%3Dihub>>. Acesso em: 22 ago. 2022.

PASCUAL-PINEDA, L. A. et al. Effect of water activity on the stability of freeze-dried oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) powder. **Drying Technology**, 2020, p. 1–14. Disponível em:

<<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07373937.2020.1739064?journalCode=ldrt20>>. Acesso em: 14 jul. 2023.

PAVANELLO, G. P.; RIBEIRO, C. B. Use of *Pleurotus ostreatus* extracts as a natural antioxidant in biodiesel. **Brazilian Journal of Development**. Curitiba, v. 8, n. 9, p. 63604-63622, 2022. Disponível em: <<https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/52383>>. Acesso em: 24 jun. 2023.

PELLEGRINO, R. M. et al. Lipidomic profiling of *Pleurotus ostreatus* by LC/MS Q-TOF analysis. **Food Research International**, v. 156, p. 111335, 2022. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.111335>>. Acesso em: 24 ago. 2022.

PEÑA, M. M. de La.; WELTI-CHANES, J.; MARTÍN-BELLOSO, O. Novel Technologies to Improve Food Safety and Quality. **Current Opinion in Food Science**, v. 30, p. 1-7, 2019. Disponível em: <<https://doi-org.ez26.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.cofs.2018.10.009>>. Acesso em: 7 out. 2022.

PENG, J.; ZHU, K. X.; GUO, X. N.; ZHOU, H. M. The impact of phosphates on the fibrous structure formation of textured wheat gluten. **Food Hydrocolloids**, v. 119, 2021, ISSN 0268-005X. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0268005X21002605>>. Acesso em: 01 set. 2023.

PHAT, C.; MOON, B.; LEE, C. Evaluation of umami taste in mushroom extracts by chemical analysis, sensory evaluation, and an electronic tongue system. **Food Chemistry**, v. 192, p. 1068-1077, 2016. Disponível em: <<https://www-sciencedirect.ez26.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0308814615011462>>. Acesso em: 15 mar. 2023.

PISKOV, S. et al. A comparative study on the structural properties and lipid profile of mushroom (*Pleurotus ostreatus*) powder obtained by different drying methods. **Agriculture**, v. 12, n. 10, p. 1590, 2022. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2077-0472/12/10/1590>>. Acesso em: 04 nov. 2023.

POST, M. J. An alternative animal protein source: cultured beef. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 1328, n. 1, p. 29-33, 2014. Disponível em: <<https://nyaspubs-onlinelibrary-wiley.ez26.periodicos.capes.gov.br/doi/full/10.1111/nyas.12569>>. Acesso em: 28 nov. 2021.

PRABU, E. et al. Optimizing amino acid balance in fish meal-free diets for GIFT strain of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) by deletion method. **Aquaculture nutrition**, v. 27, n. 4, p. 1031-1041, 2021. Disponível em: <<https://onlinelibrary-wiley.ez26.periodicos.capes.gov.br/doi/full/10.1111/anu.13244>>. Acesso em: 15 jul. 2023.

QUEIRÓS, R. P. et al. Impact of pH on the high-pressure inactivation of microbial transglutaminase. **Food Research International**, v. 115, p. 73-82, 2019. Disponível em: <<https://www-sciencedirect.ez26.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0963996918306082>>. Acesso em: 01 dez. 2021.

RAYA, M.; SHALABY, M.; HAFEZ, S. HAMOUDA, A. Chemical composition and nutritional potential of some mushroom varieties cultivated in Egypt. **Journal of Food and Dairy Sciences**, v. 5, p. 421-434, 2014. Acesso em: <[10.21608/jfds.2014.52999](https://doi.org/10.21608/jfds.2014.52999)>. Disponível em 16 jul. 2023

REBOUÇAS, L. O. S. et al. Qualidade física e sensorial da tilápia (*Oreochromis Niloticus*) cultivada em ambiente de água doce e salgada. **Boletim de indústria animal** v. 74, n. 2, p. 116-121, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.17523/bia.v74n2p116>>. Acesso em: 20 abr. 2022.

REIPURTH, M. et al. Barriers and facilitators towards adopting a more plant-based diet in a sample of danish consumers. **Food Quality and Preference**, v. 73, p. 288–292, 2019. Disponível em: <<https://www-sciencedirect.ez26.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0950329318304348?via%3Dihub>>. Acesso em: 01 mai. 2023.

REN, L. et al. Antibacterial and antioxidant activities of aqueous extracts of eight edible mushrooms. **Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre**, v. 3, n. 2, p. 41–51, 2014. Disponível em: <<https://www-sciencedirect.ez26.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S2212619814000047?via%3Dihub>>. Acesso em: 15 dez. 2022.

RHEE, K. C. **Functionality of soy proteins**. In: NS Hettiarachchy, GR Ziegler, editors. Protein functionality in food systems. Marcel Dekker, 1994, New York . p 319.

RODRIGUES, A. T. et al. Ideal profile of essential amino acids for nile tilapia (*Oreochromis Niloticus*) in the finishing growth phase. **Aquaculture Research**, v. 51, n. 11, p. 4724-735, 2020. Disponível em: <<https://onlinelibrary-wiley.ez26.periodicos.capes.gov.br/doi/full/10.1111/are.14819>>. Acesso em: 14 jul. 2023.

RODRÍGUEZ-MARTÍN, N. M.; CÓRDOBA, P.; SARRIÁ, B.; VERARDO, V.; PEDROCHE, J.; ALCALÁ-SANTIAGO, Á.; GARCÍA-VILLANOVA, B.; MOLINA-MONTES, E. Characterizing Meat- and Milk/Dairy-like Vegetarian Foods and Their Counterparts Based on Nutrient Profiling and Food Labels. **Foods**, v.12, n. 6, p. 1151, 2023. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2304-8158/12/6/1151>>. Acesso em: 29 ago 2023.

ROP, O.; MLCEK, J.; JURIKOVA, T. Beta-glucans in higher fungi and their health effects. **Nutrition Reviews**, v. 67, p. 624–631, 2009. Disponível em: <<https://academic-oup-com.ez26.periodicos.capes.gov.br/nutritionreviews/article/67/11/624/1850752>>. Acesso em: 01 set. 2022.

ROSSI, G. C.; LIMA, P. P.; HAKVOORT, D. M. R. Atividade de peroxidases (ec 1.11.1.7) e teor de prolina em feijoeiro *phaseolus vulgaris L.* cultivado em condições de salinidade. **Scientia Agricola**, v. 54, n. 3, p. 123-127, 1997. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/sa/a/CFNJLdFgXr6Bp3fRkpmkBJR/?lang=pt>>. Acesso em: 19 nov. 2022.

ROTOLO-PUKKILA, M., YANG, B., HOPIA, A. The effect of cooking on umami compounds in wild and cultivated mushrooms. **Food Chemistry**, v. 278, p. 56–66, 2019. Disponível em: <<https://www->

sciencedirect.ez26.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0308814618319824>. Acesso em: 30 out. 2022.

RUIZ-HERRERA, J. (1956). **Parede celular fúngica: estrutura, síntese e conjunto**. Boca Raton, Ann Arbor, Londres: CRC press.

SALVADOR, L. N. **Influence of protein and polysaccharide based coatings on moisture loss, fat up-take, texture and color development applied in coated potato strips during deep-fat frying**. 2015. 117 f. Master thesis (Master of Science) - Department of Bioresource Engineering McGill University Montreal, Quebec, Canada, 2015.

SAMPELS, S. The effects of processing technologies and preparation on the final quality of fish products. **Trends in Food Science & Technology**, v. 44, n. 2, p. 131–146, 2015. Disponível em: <<https://www-sciencedirect.ez26.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0924224415000965?via%3Dihub>>. Acesso em: 14 mar. 2023.

SÁNCHEZ, J. E. V.; ROYSE, D. J. 2001. **La biología y el cultivo de *Pleurotus spp.*** ECOSUR, Chiapas, México, 290 p.

SANTANA, A. A. et al. Microencapsulation of babassu coconut milk. **Food Science and Technology**, v. 33, n. 4, p. 737–744, 2013. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cta/a/mGwXxX5mFpCwv8FCqzJK5Hd/?lang=en>>. Acesso em 12 jul 2023

SAPERS, G. et al. Enzymatic browning control in minimally processed mushrooms. **Journal of Food Science**, v. 59, p. 1042– 1047, 1994. Disponível em: <<https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2621.1994.tb08185.x>>. Acesso em: 02 out. 2022.

SARY, C. et al. Effect of clove (*Eugenia caryophyllus*) and cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum*) essential oils in Nile tilapia diets on performance, antioxidant power and lipid oxidation in fillets. **Aquaculture research**, v. 50, n. 2, p. 673–679, 2019. Disponível em: <<https://onlinelibrary-wiley.ez26.periodicos.capes.gov.br/doi/full/10.1111/are.13944>>. Acesso em: 02 fev. 2023.

SCOTT, W. J. Water relations of food spoilage microorganisms. **Advances in Food Research**, v. 7, p. 83–127, 1957. Disponível em: <<https://www-sciencedirect.ez26.periodicos.capes.gov.br/science/article/abs/pii/S0065262808602475?via%3Dihub>>. Acesso em: 20 dez. 2021.

SERRANO, A.; COFRADES, S.; COLMENERO, F. J. Transglutaminase as binding agent in fresh restructured beef steak with added walnuts. **Food Chemistry**, v. 85, n. 3, p.423-429, 2004. Disponível em: <<https://www-sciencedirect.ez26.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0308814603003716?via%3Dihub>>. Acesso em: 13 mar. 2021.

SHA, L.; XIONG, Y. L. Plant protein-based alternatives of reconstructed meat: Science, technology, and challenges. **Trends in Food Science & Technology**, v. 102, p. 51-61, 2020. Disponível em: <<https://www->

sciencedirect.ez26.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0924224420304830?via%3Dihub>. Acesso em: 12 jul. 2023.

SHEARER, K. D. Factors affecting the proximate composition of cultured fishes with emphasis on salmonids. **Aquaculture**, v. 119, n. 1, p. 63-88, 1994. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/0044-8486\(94\)90444-8](https://doi.org/10.1016/0044-8486(94)90444-8)>. Acesso em: 15 dez. 2022.

SHEIKHA, A. F. E.; HU, D. M. How to trace the geographic origin of mushrooms? **Trends in Food Science & Technology**, v. 78, p. 292-303, 2018. Disponível em: <<https://www-sciencedirect.ez26.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0924224418302103?via%3Dihub>>. Acesso em: 07 set. 2021.

SHINWARI, K. J.; RAO, P. S. Enzyme inactivation and its kinetics in a reduced-calorie sapodilla (*Manilkara zapota L.*) jam processed by thermal-assisted high hydrostatic pressure. **Food and Bioproducts Processing**. v. 126, p. 305–316, 2021. Disponível em: <<https://doi-org.ez26.periodicos.capes.gov.br/10.1016/J.FBP.2021.01.013>>. Acesso em: 7 out. 2022.

SIEGWEIN, A.; VODOVOTZ, Y.; FISHER, E. Concentration of Soy Protein Isolate Affects Starch-Based Confections' Texture, Sensory, and Storage Properties. **Journal of food science**. v. 76, p. E422-8, 2011. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/51467167_Concentration_of_Soy_Protein_Isolate_Affects_Starch-Based_Confections'_Texture_Sensory_and_Storage_Properties> Acesso em: 15 jul. 2023

SILVA, A. S. C. da. Parâmetros industriais para produção de *Pleurotus ostreatus*. Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Rio Claro, p. 136, 2016. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/138088/silva_asc_me_rcla.pdf?sequence=3&isAllowed=y>. Acesso em: 31 ago 2023.

SILVA, F. V. M.; SULAIMAN, A. Polyphenoloxidase in fruit and vegetables: Inactivation by thermal and non-thermal processes. **Encyclopedia of Food Chemistry, Elsevier Inc**, p. 287–301, 2019. Disponível em: <<https://doi-org.ez26.periodicos.capes.gov.br/10.1016/B978-0-08-100596-5.21636-3>>. Acesso em: 07 nov. 2022.

SIMÕES, M. R. et al. Composição físico-química, microbiológica e rendimento do filé de tilápia tailandesa (*Oreochromis niloticus*). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 27, n. 3, p. 608–613, 2007. Disponível em: <<https://www.scielo.br/j/cta/a/M4K7968WpH5Qz3qfvnsvyFC/?format=pdf>>. Acesso em: 04 mar. 2022.

SINGH, C. B. et al. Sous vide processed ready-to-cook seerfish steaks: Process optimization by response surface methodology and its quality evaluation. **LWT**, v. 74, p. 62– 69, 2016. Disponível em: <<https://doi-org.ez26.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.lwt>>. Acesso em: 06 jan. 2023.

SOTO-JOVER, S. et al. Texture, oil adsorption and safety of the European style croquettes manufactured at industrial scale. **Food Engineering Reviews**, v. 8, n. 2, p. 181-200, 2016. Disponível em: <<https://link-springer->

com.ez26.periodicos.capes.gov.br/article/10.1007/s12393-015-9130-2>. Acesso em: 05 jul. 2023.

SPRINGOB, J. et al. Recent advances in the biosynthesis and accumulation of anthocyanins. **ChemInform**, v. 20, p. 288-303, 2003. Disponível em: <<https://onlinelibrary-wiley.ez26.periodicos.capes.gov.br/doi/full/10.1002/chin.200338265>>. Acesso em: 12 jul. 2023.

STEFFEN, G. P. K.; STEFFEN, R. B.; HANDTE, V. G.; COSTA, A. F. P.; PIAIA, A.; MORAIS, R. M. de. Circular divulgação técnica: **produção de cogumelos comestíveis em substratos orgânicos**. Governo do Estado do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2020, Departamento de Diagnóstico e Pesquisa Agropecuária. Disponível em: <<https://www.agricultura.rs.gov.br/upload/arquivos/202106/11094745-n-3-2020-producao-de-cogumelos-comestiveis-em-substratos-organicos.pdf>>. Acesso em: 8 ago 2023.

STEPHAN, A. et al. Edible mushroom mycelia of *Pleurotus sapidus* as novel protein sources in a vegan boiled sausage analog system: functionality and sensory tests in comparison to commercial proteins and meat sausages. **European Food Research & Technology**, v. 244, n. 5, p. 913–924, 2018. Disponível em: <<https://doi-org.ez26.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s00217-017-3012-1>>. Acesso em: 07 nov. 2021.

STURION, G. L.; RANZANI, de C. M. R. T. Composição em minerais de cogumelos comestíveis cultivados no Brasil - *Pleurotus spp* e outras espécies desidratadas. **ALAN**, v. 50, n. 1, p. 102-108, 2000. Disponível em: <http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0004-06222000000100015&lng=es&nrm=iso>. Acesso em: 10 jul. 2023.

SU, Y. et al. Enhancement of water removing and the quality of fried purple-fleshed sweet potato in the vacuum frying by combined power ultrasound and microwave technology. **Ultrasonics Sonochemistry**, v. 44, p. 368– 379, 2018. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1350417718303262>>. Acesso em: 28 jun. 2023.

SUN, Y. L. V, F.; TIAN, J.; YE, X. q.; CHEN, J.; SUN, P. Domestic cooking methods affect nutrient, phytochemicals, and flavor content in mushroom soup. **Food Sci Nutr**, v. 7, n. 6, p. 1969-1975, 2019. Disponível em: <<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/fsn3.996>>. Acesso em: 27 ago 2023.

SUN, X. D.; ARNTFIELD, S. D. Gelation properties of salt-extracted pea protein isolate catalyzed by microbial transglutaminase cross-linking. **Food Hydrocolloids**, v. 25, n. 1, p. 25–31, 2011. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0268005X10000937>>. Acesso em: 15 mar. 2021.

SZCZESNIAK, A. S. Texture is a sensory property. *Food Quality and Preference*, v. 13, n. 4, p. 215–225, 2002. Disponível em: <<https://www-sciencedirect.ez26.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0950329301000398?via%3Dihub>>. Acesso em: 19 set. 2022.

SZENDERÁK, J.; FRÓNA, D.; RÁKOS, M. Consumer Acceptance of Plant-Based Meat Substitutes: A Narrative Review. **Foods**, v. 11, n. 9, p. 1274, 2022. Disponível em: <<https://www.mdpi.com/2304-8158/11/9/1274>>. Acesso em: 3 abr. 2022.

TAO, Y.; ZHANG, L.; CHEUNG, P. C. K. Physicochemical properties and antitumor activities of water-soluble native and sulfated hyperbranched mushroom polysaccharides. **Carbohydrate Research**, v. 341, n. 13, p. 2261–2269, 2006. Disponível em: <<https://www.sciencedirect.ez26.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0008621506002825>>. Acesso em: 22 dez. 2022.

THE INTERNATIONAL FOOD INFORMATION COUNCIL (IFIC). **Food and Health Survey**. Foundation: Washington, DC, USA, 2019. Disponível em: <<https://foodinsight.org/2019-food-and-health-survey/>>. Acesso em 27 mar. 2023.

TROLLER, J. A.; Trend in research related to the influence of "water activity" on) microorganisms in food. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 53, p. 1142-1146, 1987. Disponível em: <https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-4899-0664-9_17>. Acesso em: 27 jul. 2023.

TSIKRIKA, K. et al. Effect of Ultrasound on the Activity of Mushroom (*Agaricus bisporus*) Polyphenol Oxidase and Observation of Structural Changes Using Time-resolved Fluorescence. **Food and Bioprocess Technology**, v. 15, p. 656–668, 2022. Disponível em: <<https://doi-org.ez26.periodicos.capes.gov.br/10.1007/s11947-022-02777-5>>. Acesso em: 21 jul. 2022.

TYL, C.; SADLER, G. D. pH and Titratable Acidity. In: **Food Analysis**. NIELSEN, S. Fifth Edition. Springer, pp. 391-402, 2017.

UNITED NATIONS, UN. Global Population Growth and Sustainable Development; UN DESA, United Nations Department of Economic and Social Affairs, United Nations Publication: New York, NY, USA, 2019; Disponível em: <<https://desapublications.un.org/file/649/download>>. Acesso em: 01 jul. 2023.

USDA. Basic Report: 15261, Fish, tilapia, raw. **Food Data Central**; USDA Agricultural Research Service: 2015.

VIOQUE, J. et al. Production and uses of protein concentrates and isolates. **Grasas y Aceites**, v. 52, n. 2, p. 127–131, 2001. Disponível em: <<https://grasasyaceites.revistas.csic.es/index.php/grasasyaceites/article/view/384>>. Acesso em: 18 jul. 2023.

VITTADINI, E.; VODOVOTZ, Y. Changes in the physicochemical properties of wheat- and soy-containing breads during storage as studied by thermal analyses. **Journal of Food Science**, v. 68, n. 6, p. 2022–2027, 2003. Disponível em: <<https://ift-onlinelibrary-wiley.ez26.periodicos.capes.gov.br/doi/abs/10.1111/j.1365-2621.2003.tb07012.x>>. Acesso em: 04 jul. 2023.

WANG, J.; LI, W.; LI, Z.; WU, W.; TANG, X. Analysis and Evaluation of the Characteristic Taste Components in Portobello Mushroom. **Journal of Food Science**, v. 83, n. 6, p. 1542–1551, 2018. Disponível em: <<https://ift-onlinelibrary->

wiley.ez26.periodicos.capes.gov.br/doi/full/10.1111/1750-3841.14165>. Acesso em: 05 set. 2023.

WANG, Q.; CHU, L.; KOU, L. UV-C treatment maintains quality and delays senescence of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). **Sci Horti**, v.225, p. 380–385, 2017. Disponível em: <<https://doi-org.ez26.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.scienta.20>>. Acesso em: 25 ago. 2023

WASSER, S. P. Medicinal mushrooms as a source of antitumor and immunomodulating polysaccharides. **Applied Microbiology and Biotechnology**, v. 60, n. 3, p. 258–274, 2002. Disponível em: <<https://link-springer-com.ez26.periodicos.capes.gov.br/article/10.1007/s00253-002-1076-7>>. Acesso em: 14 nov. 2022.

WEE, M. S. M. et al. Correlation of Instrumental Texture Properties from Textural Profile Analysis (TPA) with Eating Behaviours and Macronutrient Composition for a Wide Range of Solid Foods. **Food & Function**, v. 9, n. 10, p. 5301–5312, 2018. Disponível em: <<https://pubs-rsc-org.ez26.periodicos.capes.gov.br/en/results?DOI=10.1039/c8fo00791h>>. Acesso em: 14 jul. 2023.

WORRASINCHAI, S. et al. β - Glucan prepared from spent brewer's yeast as a fat replacer in mayonnaise. **Food Hydrocolloids**, v. 20, n. 1, p. 68–78, 2006. Disponível em: <<https://www-sciencedirect.ez26.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0268005X05000494?via%3Dihub>>. Acesso em: 24 out. 2022.

WU, X.; GUAN, W.; YAN, R.; LEI, J.; XU, L.; WANG, Z. Effects of UV-C on antioxidant activity, total phenolics and main phenolic compounds of the melanin biosynthesis pathway in different tissues of button mushroom. *Postharvest Biol Technol*, v. 118, p. 51–58, 2016. Disponível em: <<https://doi-org.ez26.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.postha>>. Acesso em 23 ago 2023.

YANG, Y. et al. Effect of ratio of oil to sample on the quality of fried fish (*Pseudorasbora parva*). **Food processing and Preservation**, Journal of Food Processing and Preservation, v. 45, n. 9, p.e15712, 2021. Disponível em: <<https://doi-org.ez26.periodicos.capes.gov.br/10.1111/jfpp.15712>>. Acesso em: 29 set. 2022.

YOON, J. H. et al. Decontamination of *Listeria monocytogenes* in king oyster mushrooms (*Pleurotus eryngii*) by combined treatments with organic acids, nisin, and ultrasound. **LWT**, v. 144, p. 111207, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111207>>. Acesso em: 30 jan 2022.

YULIARTI, O.; KOVIS, T. J. K.; YI, N.J. Structuring the meat analogue by using plant-based derived composites. **Journal of Food Engineering**, v. 288, p. 110138, 2021. Disponível em: <<https://www-sciencedirect.ez26.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0260877420302363?via%3Dihub>>. Acesso em: 10 jul. 2023.

ZEKOVIĆ, D. B. et al. Natural and Modified (1→3)- β -D-Glucans in Health Promotion and Disease Alleviation. **Critical Reviews in Biotechnology**, v. 25, n. 4, p. 205–230, 2005. Disponível em: <<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/16419618/>>. Acesso em: 04 out. 2022.

ZHANG, H. et al. Characterization and comparison of key aroma compounds in raw and dry porcini mushroom (*Boletus edulis*) by aroma extract dilution analysis, quantitation and aroma recombination experiments. **Food Chemistry**, v. 258, p. 260-268, 2018. Disponível em: <<https://www-sciencedirect.ez26.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0308814618304886>>. Acesso em: 30 abr. 2021.

ZHANG, J. et al. Effect of Pore Characteristics on Oil Absorption Behavior during Frying of Potato Chips. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 66, p. 102508, 2020. Disponível em: <<https://www-sciencedirect.ez26.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S1466856420304549?via%3Dihub>>. Acesso em: 14 jul. 2023.

ZHANG, J. et al. Texturisation Behaviour of Peanut–Soy Bean/Wheat Protein Mixtures during High Moisture Extrusion Cooking. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 53, n. 11, p. 2535–2541, 2018. Disponível em: <<https://ifst-onlinelibrary-wiley.ez26.periodicos.capes.gov.br/doi/full/10.1111/ijfs.13847>>. Acesso em: 14 jul. 2023.

ZHU, W.; HU, J.; LI, Y.; YANG, B.; GUAN, Y.; XU, C.; CHEN, F.; CHI, J.; BAO, Y. Comparative Proteomic Analysis of *Pleurotus ostreatus* Reveals Great Metabolic Differences in the Cap and Stipe Development and the Potential Role of Ca²⁺ in the Primordium Differentiation. **Int. J. Mol. Sci.** 2019, v. 20, 6317. Disponível em: <<https://doi.org/10.3390/ijms20246317>>. Acesso em: 04 ago 2023.

ZOU, Y. et al. Development of *Flammulina Velutipes*-Based Meat Analogs with Tunable Physicochemical, Structural, and Sensory Properties. **International Journal of Food Engineering**, v. 19, n. 5, p. 177–186, 2023. Disponível em: <<https://www-degruyter-com.ez26.periodicos.capes.gov.br/document/doi/10.1515/ijfe-2022-0204/html>>. Acesso em: 15 jul. 2023.

ANEXOS

ANEXO A - PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
LAVRAS



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: AVALIAÇÃO SENSORIAL DE PRODUTOS ANÁLOGOS A PEIXE À BASE DE PROTEÍNA FÚNGICA

Pesquisador: OLGA LUCÍA MONDRAGÓN BERNAL

Área Temática: Pesquisas com coordenação e/ou patrocínio originados fora do Brasil, excetuadas aquelas com copatrocínio do Governo Brasileiro;

Versão: 1

CAAE: 80509622.7.0000.5148

Instituição Proponente: Universidade Federal de Lavras

Patrocinador Principal: ASSOCIACAO THE GOOD FOOD INSTITUTE DO BRASIL

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 5.552.958

Apresentação do Projeto:

Resumo: Nas últimas décadas houve uma demanda crescente na busca por fontes alternativas de proteína de origem não-animal por motivos ambientais, de saúde e pessoais. Entretanto, ainda há relativamente poucos produtos processados à base de cogumelos e produtos inovadores podem ser desenvolvidos para o público consumidor flexitariano. Assim, o objetivo desse trabalho é desenvolver fatias semelhantes a carne de peixes a partir de proteínas fúngicas para se assemelhar quanto à aparência, sabor e textura da carne do peixe. Serão aplicados diferentes tipos de testes (descritivos, discriminativos e afetivos) nos produtos desenvolvidos. As análises serão realizadas com avaliadores treinados e não treinados, consumidores de peixe e flexitarianos. Ao final desse projeto, espera-se contribuir com o desenvolvimento e reformulação de produtos análogos a filé de peixe.

Hipótese: Espera-se alcançar a aceitação sensorial em protótipos de análogos de peixe desenvolvidos a base de proteína fúngica.

Metodologia Proposta: Serão realizados diferentes testes de análises sensorial em produtos análogos a peixe em duas fases: Fase 1 - tratamento enzimático, Fase 2- Fermentação semi-sólida com Bactérias GRAS. Em cada fase serão realizados delineamentos sequenciais Plackett & Burman e Delineamento Composto Central Rotacional-DCCR, para otimização das variáveis de formulação e processo. As análises serão realizadas com avaliadores treinados e não treinados,

Endereço: Campus Universitário Cx Postal 3037

Bairro: PRP/COEP

CEP: 37.200-900

UF: MG

Município: LAVRAS

Telefone: (35)3829-5182

E-mail: coep.nintec@ufla.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
LAVRAS



Continuação do Parecer: 5.552.956

consumidores de peixe e flexitarianos. O planejamento e escolha dos testes a serem aplicados irá depender da amostra e do objetivo pretendido. Todos os testes sensoriais serão realizados no Laboratório de Análise Sensorial da UFLA. Todas as amostras para degustação serão elaboradas na Planta Piloto de Produtos Vegetais do DCA seguindo as exigências em BPF e manipulação de alimentos da RDC275/2004 e RDC216/2004 da ANVISA, além dos protocolos de Biossegurança da UFLA e da ANVISA contra Covid 19. As amostras a serem servidas serão somente aquelas que após análise microbiológica demonstrem ter a qualidade sanitária requerida pela IN 60/2019 para fungos comestíveis e derivados preparados (inteiros ou fracionados), branqueados, refrigerados ou congelados, que necessitam ou não de tratamento térmico efetivo, previamente ao consumo quanto a: E. coli e ausência de Salmonella sp. As análises sensoriais serão iniciadas após a aprovação pela COEP/UFLA. As matérias primas a utilizar nas formulações das amostras incluem: 2 espécies de cogumelos comestíveis orgânicos (de produtor regional com registro no MAPA). Os aditivos alimentares utilizados serão os permitidos pela legislação brasileira e nas quantidades recomendadas como seguras: saborizantes, espessantes naturais comerciais de origem vegetal ou microbiano, , óleos e gorduras vegetais, enzimas transferases e proteases comerciais, bactérias lácticas (GRAS) de origem comercial ou provenientes de coleção de culturas da UFLA e ingredientes base como sal, açúcar, condimentos naturais de origem vegetal, farinhas ou amidos vegetais adquiridos em comércio local, ácido cítrico, bicarbonato, entre outros. Todas as matérias primas serão de procedência conhecida e rastreáveis. Os cogumelos serão submetidos a branqueamento para inativação de enzimas deteriorantes e redução da carga microbiana. Os sujeitos da pesquisa serão pessoas acima de 18 anos, não poderão ter sintomas gripais, e ter tempo disponível para comparecer nas sessões programadas pelos pesquisadores. Os participantes deverão concordar com o TCLE. Participantes com alergia a qualquer componente presente nas amostras avaliadas ou que não disponham de tempo para participar das sessões, não serão incluídos na pesquisa. Serão recrutados participantes voluntários por meio de redes sociais, e-mail e/ou publicação de anúncios (divulgados nas dependências da UFLA). Um número superior a 125 pessoas participará da pesquisa. Os participantes incluídos na pesquisa serão instruídos e treinados quando requerido de acordo com a ISO858/2016, nos métodos descritivos e/ou discriminativos e serão ensinados sobre a forma correta para preencher as fichas e uso das escalas não estruturadas. A seleção final, será com base em testes de acuidade sensorial e capacidade de discriminação. As amostras codificadas serão oferecidas após fritura ou grelhado sob condições controladas de tempo e temperatura até a cocção total das amostras no centro geométrico. Serão ofertados 25-30 gramas por amostra, em temperaturas uniformes e normais de consumo de máximo 75oC em pratos de

Endereço: Campus Universitário Cx Postal 3037

Bairro: PRP/COEP

CEP: 37.200-900

UF: MG

Município: LAVRAS

Telefone: (35)3829-5182

E-mail: coep.nintec@ufla.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
LAVRAS



Continuação do Parecer: 5.552.956

porcelana higienizados e talheres metálicos ou descartáveis próprios para alimentos quentes e será oferecido guardanapo, copo d'água e bolacha de sal para serem consumidos entre as amostras, as cabines terão álcool 70 líquido, ficha, lápis e borracha higienizados. Os dados levantados serão analisados estatisticamente com ajuda do software STATISTCA 10.0. Mais detalhes encontram -se no projeto anexo, assim como as fichas a aplicar nos testes sensoriais.

Objetivo da Pesquisa:

Objetivo Primário: Aplicar metodologias de análise sensorial em diferentes formulações de produtos análogos a peixe à base de proteínas fúngicas, para o desenvolvimento de protótipos com aceitação pelo público alvo.

Objetivo Secundário: Agregar valor à proteína de cogumelo, reduzindo as perdas pós-colheita e dando alternativas de aumento de renda para os produtores de Lavras e região além de incentivar o consumo de proteínas alternativas às de origem animal.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Riscos: Os riscos desta pesquisa são menores, pelas medidas que serão adotadas para minimizar os mesmos, mas, por se tratar de uma pesquisa envolvendo degustação de alimentos por meio de análise sensorial, podem haver riscos de alergia e/ou intolerância aos ingredientes dos produtos análogos a filé de peixe a serem experimentados. Os participantes serão informados de todos os ingredientes que serão utilizados para elaborar as amostras, os quais serão GRAS (Geralmente Reconhecidos como Seguros pelas autoridades sanitárias). Todos os ingredientes das amostras serão provenientes de empresas com alvará e/ou registro sanitário das autoridades sanitárias, devidamente rotulados, armazenados e dentro do período de validade. Caso o participante declare que é alérgico e/ou intolerante a algum componente da formulação, ele será impedido de participar da pesquisa. Pode ocorrer que os participantes apresentem aversão, reações alérgicas e/ou intolerância a algum dos ingredientes das amostras por desconhecimento. Se isso ocorrer, serão prestados todos os cuidados e condução imediata para uma unidade de pronto atendimento onde poderá receber os devidos cuidados médicos. Todos os custos e despesas que possam ocorrer nessa situação serão de responsabilidade dos pesquisadores envolvidos no projeto, não cabendo ao entrevistado arcar com nenhuma despesa. Deve-se destacar que o processo metodológico está estruturado de forma a minimizar qualquer tipo de risco que possa vir a acontecer com provadores e pesquisadores. Sendo assim, o participante terá a liberdade de responder ou não aos questionários e fichas de avaliação desta pesquisa, de forma a não lhe causar nenhum constrangimento ou prejuízo e poderão desistir dos testes sensoriais em qualquer

Endereço: Campus Universitário Cx Postal 3037

Bairro: PRP/COEP

CEP: 37.200-900

UF: MG

Município: LAVRAS

Telefone: (35)3829-5182

E-mail: coep.nintec@ufla.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
LAVRAS



Continuação do Parecer: 5.552.956

momento. No momento dos testes sensoriais as amostras passarão por preparo a altas temperaturas: como grelhagem, ou fritura, e serão servidas quentes. Sendo assim corre-se o risco de o provador sofrer algum tipo de queimadura, caso a amostra seja servida a temperaturas acima de 80 oC. Para minimizar esse risco, será advertido, na ficha entregue sobre essa situação, para tomar cuidado no momento de experimentar a amostra. De outro lado os pesquisadores terão o cuidado de servir as amostras em temperatura acima de 60 e abaixo de 75oC, com ajuda de um termopar higienizado, em pratos de porcelana e acompanhadas de talheres higienizados ou guardanapos descartáveis. Ditas temperaturas garantirão a qualidade microbiológica e forma de consumo habitual para esse tipo de alimento. Outros riscos previstos se referem ao cansaço ou fadiga pelo número de amostras a provar, ou, constrangimentos pela não compreensão dos questionários. Para minimizar o cansaço ou fadiga serão oferecidas como máximo 5 amostras por sessão. Para minimizar o constrangimento ou falta de compreensão, as fichas serão o mais simples e didáticas possível, não conterão perguntas pessoais ou constrangedoras e será mantido o sigilo de qualquer informação fornecida pelo participante. As fichas serão explicadas antes do início do teste e dúvidas poderão ser tiradas em qualquer momento pelos provadores. Existe a possibilidade de altas taxas de questionários inválidos, gerados por erros de preenchimento, ou incompreensão dos pesquisados quanto às variáveis de mensuração e falhas dos instrumentos de pesquisa.

Benefícios: Os voluntários não terão nenhum benefício direto pela participação na pesquisa. Os voluntários estarão participando de um estudo científico, compartilhando de suas práticas de consumo e seus conhecimentos sobre alimentos análogos feitos de proteínas alternativas contribuindo para a ciência de alimentos e o desenvolvimento de novos produtos alimentícios. Assim, o presente projeto contribuirá com a sociedade e a indústria de alimentos a partir da disponibilidade de informações sobre as propriedades sensoriais de produtos à base de proteínas fúngicas. Além do mais este estudo oferecerá alternativas de agregação de valor aos cogumelos produzidos em Lavras e região, minimização das perdas pós-colheita, e permitirá a oferta de alternativa de substituição de produtos de origem animal por proteínas de cogumelos, motivando ainda mais indústrias alimentícias a produzirem mais produtos deste segmento e a demanda pelo consumidor flexitariano, vegetariano e vegano.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

Trata-se de um estudo para avaliação de características sensoriais e aceitação de produtos

Endereço: Campus Universitário Cx Postal 3037
Bairro: PRP/COEP **CEP:** 37.200-900
UF: MG **Município:** LAVRAS
Telefone: (35)3829-5182 **E-mail:** coep.nintec@ufla.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
LAVRAS



Continuação do Parecer: 5.552.956

análogos a peixe produzidos a partir de proteínas fúngicas obtidas de cogumelos. Será recrutado um grupo de 100 provadores frequentadores da Universidade Federal de Lavras para testes de análise sensorial. Vide campo "Conclusões ou pendências e Lista de Inadequações".

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Vide campo "Conclusões ou pendências e Lista de Inadequações".

Recomendações:

Vide campo "Conclusões ou pendências e Lista de Inadequações".

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Não há pendências.

Considerações Finais a critério do CEP:

Ressalta-se que cabe ao pesquisador responsável encaminhar os relatórios parciais e final da pesquisa, por meio da Plataforma Brasil, via notificação do tipo "relatório" para que sejam devidamente apreciadas no CEP, conforme norma operacional CNS nº001/13, item XI.2.d.

O presente projeto, seguiu nesta data para análise da CONEP e só tem o seu início autorizado após a aprovação pela mesma.

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_DO_PROJETO_1977649.pdf	07/07/2022 18:42:51		Aceito
Outros	ADCONrequerimentoNayara.pdf	06/07/2022 14:59:40	OLGA LUCIA MONDRAGÓN BERNAL	Aceito
Outros	PRGrequerimentoNayara.pdf	06/07/2022 14:58:55	OLGA LUCIA MONDRAGÓN BERNAL	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	ProjetoCOEPNayara.pdf	05/07/2022 19:44:15	OLGA LUCIA MONDRAGÓN BERNAL	Aceito
Outros	FichasSensoriaisNayara.pdf	05/07/2022 19:40:58	OLGA LUCIA MONDRAGÓN BERNAL	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLENayara.pdf	05/07/2022 19:36:47	OLGA LUCIA MONDRAGÓN BERNAL	Aceito
Folha de Rosto	FOLHA_DE_ROSTO_OLGA_assinado.	05/07/2022	OLGA LUCIA	Aceito

Endereço: Campus Universitário Cx Postal 3037

Bairro: PRP/COEP

CEP: 37.200-900

UF: MG

Município: LAVRAS

Telefone: (35)3829-5182

E-mail: coep.nintec@ufla.br

UNIVERSIDADE FEDERAL DE
LAVRAS



Continuação do Parecer: 5.552.956

Folha de Rosto	pdf	18:43:24	MONDRAGÓN BERNAL	Aceito
Outros	PRGDPrequerimentoOlgaassinado.pdf	05/07/2022 18:42:01	OLGA LUCIA MONDRAGÓN BERNAL	Aceito
Outros	PRPGRequerimentoOlgaassinado.pdf	05/07/2022 18:40:51	OLGA LUCIA MONDRAGÓN BERNAL	Aceito
Outros	ComentariosÉticosNayara.pdf	05/07/2022 18:33:31	OLGA LUCIA MONDRAGÓN BERNAL	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Sim

LAVRAS, 29 de Julho de 2022

Assinado por:

ALCINÉIA DE LEMOS SOUZA RAMOS
(Coordenador(a))

Endereço: Campus Universitário Cx Postal 3037

Bairro: PRP/COEP

CEP: 37.200-900

UF: MG

Município: LAVRAS

Telefone: (35)3829-5182

E-mail: coep.nintec@ufla.br

ANEXO B

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE



UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA
COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA COM SERES HUMANOS-COEP

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido - TCLE

Prezado(a) Senhor(a), você está sendo convidado(a) a participar da pesquisa de forma totalmente voluntária da Universidade Federal de Lavras. Antes de concordar, é importante que você compreenda as informações e instruções contidas neste documento. Será garantida, durante todas as fases da pesquisa: sigilo; privacidade; e acesso aos resultados.

I - Título do trabalho experimental: Avaliação Sensorial de produtos análogos a peixe à base de proteína fúngica.

CAAE: 60509622.7.0000.5148

Número do Parecer: 5.552.956

Pesquisador(es) responsável(is): Prof. Dr. José Guilherme Lembi Ferreira Alves¹, Prof.^a Dr.^a Olga Lucía Mondragón-Bernal¹, Dr.^a Ana Alice Andrade Oliveira², Nayara Thalita Ferreira Silva³, Joana Moratto Silva³, Emerson Tokuda Martos⁴.

Cargo/Função: ¹Professores do Departamento de Ciência de Alimentos, ²Engenheira do DCA; ³Mestrandas - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos ²Pós-Doc - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos.

Instituição/Departamento: Universidade Federal de Lavras (UFLA)/Departamento de Ciência dos Alimentos

Telefone para contato: (35) 3829-5292 ou (35) 991226009

Local da coleta de dados: Departamento de Ciência dos Alimentos – Laboratório de Análise Sensorial - Universidade Federal de Lavras (UFLA).

II - OBJETIVOS

Aplicar metodologias de análise sensorial em diferentes formulações de produtos análogos a peixe à base de proteínas fúngicas, para o desenvolvimento de protótipos com aceitação sensorial pelo público alvo.

III – JUSTIFICATIVA

O desenvolvimento de análogos a filés de peixe visa o desenvolvimento de uma ou mais alternativas de processamento de cogumelos, para ofertar aos consumidores vegetarianos, veganos e/ou flexitarianos produtos práticos e saudáveis em gôndolas de venda convencionais, análogos aos de origem animal como fonte alternativa de proteínas. Ainda, pretende-se auxiliar diretamente os produtores do alimento no aproveitamento de seus excedentes, evitando perdas do produto tanto nas propriedades quanto nas gôndolas e possibilitará uma melhor rentabilidade, diminuindo despesas financeiras, impactos socioambientais e apoiando os produtores locais ou regionais.

IV - PROCEDIMENTOS DO EXPERIMENTO

Campus Universitário da UFLA, Caixa Postal 3037
37200-000 Lavras-MG – Brasil
E-mail coep@nintec.ufla.br

Fone 35 3829 5182
CNPJ: 22.078.679/0001-74
Site: http://www.prp.ufla.br/site/?page_id=440

- Aparência gelatinosa Crosta pálida

Por favor, cheire a amostra. Avalie o AROMA, o quão próximo estiver de um peixe frito.

Aroma



Marque todas as opções que você considera adequadas para descrever o aroma:

- Aroma de peixe frito Aroma agradável Aroma desagradável
 Nuggets Rançoso Outro. Qual? _____
 Aroma de queimado Aroma de cogumelo

Coloque a amostra na boca e mastigue. Avalie o SABOR, o quão próximo estiver de um peixe frito.

Sabor



Marque as opções que você considera adequadas para descrever o sabor:

- Suave Intenso Doce
 Azedo de cogumelo de gordura
 Salgado Fermentado Farinha
 Desagradável Amido Amargo
 Umami Adstringente de peixe. Qual?_

Agora, avalie a TEXTURA utilizando a escala abaixo, o quão próximo estiver de um peixe frito.

Textura

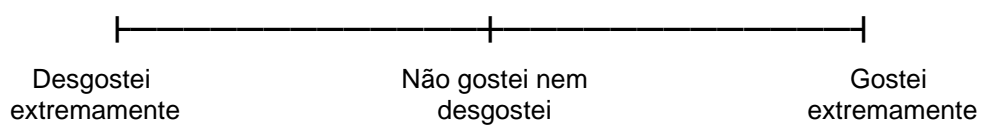


Marque as opções que você considera adequadas para descrever a textura:

Crocante Macio Duro Esfarelado Borrachudo Suculento Fibroso Gelatinoso Firme Outro. Qual?

Impressão global

De um modo geral, avalie o quanto gostou ou desgostou utilizando a escala abaixo:



O que você mais gostou deste produto?

O que você mais desgostou deste produto?