UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu

FCA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS
UNESP | BOTUCATU

JÚLIA LIMA NUNES

APROVEITAMENTO DE ESTIPES DE COGUMELO SHIITAKE NA PRODUÇÃO DE PÃO DE QUEIJO COM POTENCIAL FUNCIONAL: ANÁLISE FÍSICA, SENSORIAL E NUTRICIONAL

Botucatu

2026

JÚLIA LIMA NUNES

APROVEITAMENTO DE ESTIPES DE COGUMELO SHIITAKE NA PRODUÇÃO DE PÃO DE QUEIJO COM POTENCIAL FUNCIONAL: ANÁLISE FÍSICA, SENSORIAL E NUTRICIONAL

Tese de Doutorado apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Câmpus de Botucatu, para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola

Orientador: Prof. Dr. Rogério Lopes Vieites.

Botucatu

2026

N972a

Nunes, Júlia Lima
Aproveitamento de estipes de cogumelo shiitake na produção de pão de queijo com potencial funcional : análises físicas, sensorial e nutricional. / Júlia Lima Nunes. -- Botucatu, 2026
148 p. : il., tabs., fotos

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu
Orientador: Rogério Lopes Vieites

1. aproveitamento. 2. estipes. 3. shiitake. 4. pão de queijo. 5. potencial funcional. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Dados fornecidos pelo autor(a).

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

Título:

APROVEITAMENTO DE ESTIPES DE COGUMELO SHIITAKE NA PRODUÇÃO DE PÃO DE QUEIJO COM POTENCIAL FUNCIONAL: ANÁLISE FÍSICA, SENSORIAL E NUTRICIONAL

AUTORA: JÚLIA LIMA NUNES

ORIENTADOR: ROGÉRIO LOPES VIEITES

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em Engenharia Agrícola, pela Comissão Examinadora:

gov.br Documento assinado digitalmente
ROGERIO LOPES VIEITES
Data: 22/05/2026 11:11:05-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. ROGÉRIO LOPES VIEITES (Participaçao Virtual)
Produção Vegetal / UNESP / Câmpus de Botucatu - FCA

gov.br Documento assinado digitalmente
ANDRE JOSE DE CAMPOS
Data: 29/05/2026 11:57:43-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. ANDRÉ JOSÉ DE CAMPOS (Participaçao Virtual)
Engenharia Agrícola / Universidade Estadual de Goiás

gov.br Documento assinado digitalmente
JULIANA AUDI GIANNONI
Data: 29/05/2026 12:14:27-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof.ª Dr.ª JULIANA AUDI GIANNONI (Participaçao Virtual)
Ciências dos Alimentos / Faculdade de Tecnologia de Marília

gov.br Documento assinado digitalmente
LEANDRO TIMONI BUCHDID CAMARGO NEVES
Data: 29/05/2026 12:01:00-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. LEANDRO TIMONI BUCHDID CAMARGO NEVES (Participaçao Virtual)
Fitotecnia / Universidade Federal de Roraima

gov.br Documento assinado digitalmente
LUCIANA MANOEL DE OLIVEIRA
Data: 29/05/2026 12:04:50-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof.ª Dr.ª LUCIANA MANOEL DE OLIVEIRA (Participaçao Virtual)
Agroindústria / Instituto Federal de São Paulo

Botucatu, 29 de maio de 2026.

Dedico este trabalho à minha família e ao meu orientador Prof Dr. Rogério Lopes Vieites, por todo o incentivo e ajuda recebida para a realização do sonho de concluir o doutorado na Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" de Botucatu.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por mais esta realização.
A todos aqueles que me apoiaram nessa jornada, sobretudo, à minha família.
Ao meu orientador, Prof Dr. Rogério Lopes Vieites, por toda a colaboração e paciência durante o desenvolvimento deste trabalho.
Ao auxílio da professora Vera Lúcia Mores Rall nas análises microbiológicas.
Ao auxílio da professora Maria Márcia Pereira Sartori nas análises de estatística.
Ao auxílio da técnica Márcia Adriana Pozza Garcia nas análises realizadas no Laboratório de Pós-Colheita.
À Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" de Botucatu, pela minha formação profissional.
Ao CNPq – Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico, pela bolsa de estudos concedida.

“Quem tem tempo não espera pelo tempo. Não deixemos para amanhã o que podemos fazer hoje. As sepulturas transbordam de boas ações deixadas para depois… E, além disso, quem nos diz que viveremos até amanhã? Escutemos a voz de nossa consciência, a voz do real profeta: “Se ouvirdes a voz do Senhor hoje, não queirais fechar vossos ouvidos”. Devemos renascer e acumular somente as riquezas que nos pertencem, lembrando de que somente o instante que escapa está sob nosso domínio. Não podemos intercalar tempo entre um instante e outro, pois esse não nos pertence”.

Santo Padre Pio de Pietrelcina.

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da substituição parcial do polvilho por farinha de estipe de cogumelo shiitake na qualidade tecnológica, no perfil de compostos bioativos e nas características sensoriais e nutricionais do pão de queijo, analisando diferentes concentrações de substituição (0%, 5%, 15% e 30%), bem como o comportamento da firmeza dos pães de queijo acondicionados e não acondicionados em embalagem de polipropileno durante o período pós-forneamento. A metodologia compreendeu a elaboração de quatro formulações de pão de queijo com substituição parcial do polvilho azedo por farinha de estipe de cogumelo shiitake nos níveis de 0%, 5%, 15% e 30%, seguida por análises físico-químicas (cor, textura, densidade, volume específico e acidez titulável), análises de compostos bioativos (antioxidantes e fenólicos), microbiológicas (patógenos e indicadores de qualidade higiênico-sanitária) e sensoriais, com provadores não treinados. Os resultados demonstraram que a adição da farinha promoveu escurecimento progressivo das amostras, e que as formulações com 5% e 15% apresentaram maior firmeza e estabilidade, sobretudo quando embaladas, que ajudou a reduzir a perda de umidade. Todos os pães de queijo apresentaram baixa acidez. O teor de compostos fenólicos totais aumentou de 43,90 para 85,63 mg EAG g^{-1} e a atividade antioxidante foi proporcionalmente maior com o aumento da concentração de farinha. A estrutura do miolo manteve-se uniforme e alveolar nas formulações com até 15%, tornando-se densa e compacta na de 30%. A intenção de compra foi viável até 15% de farinha, sendo menor na amostra de 30%. Logo, pode-se concluir que as formulações com 0%, 5% e 15% apresentaram viabilidade comercial, com destaque para a de 5%, que se sobressaiu pelas melhores características físicas. A adição de 30% de farinha resultou na melhor qualidade nutricional, classificando o produto como "rico em fibras" e "fonte de proteínas", além de "baixo em sódio" em todas as formulações, confirmando o potencial inovador da farinha de estipe de shiitake como ingrediente funcional, aliando valorização de resíduo agroindustrial, economia circular e desenvolvimento de alimento com maior valor nutricional agregado.

Palavras-chave: antioxidante; cogumelo; compostos fenólicos; polvilho; sensorial.

ABSTRACT

This study aimed to evaluate the effect of partial substitution of cassava starch (polvilho) with shiitake mushroom stipe flour on the technological quality, bioactive compound profile, and sensory and nutritional characteristics of cheese bread (pão de queijo), analyzing different substitution levels (0%, 5%, 15%, and 30%), as well as the firmness behavior of cheese breads stored with and without polypropylene packaging during the post-baking period. The methodology comprised the elaboration of four cheese bread formulations with partial substitution of sour cassava starch (polvilho azedo) with shiitake mushroom stipe flour at levels of 0%, 5%, 15%, and 30%, followed by physicochemical analyses (color, texture, density, specific volume, and titratable acidity), bioactive compound analyses (antioxidant activity and total phenolic content), microbiological analyses (pathogens and hygiene-sanitary quality indicators), and sensory evaluation with untrained panelists. The results demonstrated that the addition of stipe flour promoted progressive darkening of the samples, and that the formulations with 5% and 15% exhibited greater firmness and stability, especially when packaged, which contributed to reducing moisture loss. All cheese bread formulations presented low acidity levels. Total phenolic content increased from 43.90 to 85.63 mg GAE g^{-1} and antioxidant activity was proportionally higher with increasing flour concentration. The crumb structure remained uniform and alveolar in formulations with up to 15% substitution, becoming dense and compact at 30%. Purchase intent was favorable for concentrations up to 15%, with a significant reduction at 30%. The formulations with 0%, 5%, and 15% demonstrated commercial viability, with the 5% formulation standing out for its superior physical characteristics. The addition of 30% flour resulted in the best nutritional quality, classifying the product as 'high in fiber' and 'source of protein', while all formulations were classified as 'low in sodium', confirming the innovative potential of shiitake mushroom stipe flour as a functional ingredient, combining the valorization of agroindustrial residues, circular economy, and the development of food with higher added nutritional value.

Keywords: antioxidant; cassava starch; mushroom; phenolic compounds; sensory.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Quantidade de produção de cogumelos e trufas no mundo no período de 2019 a 2023 27
Figura 2 - Tamanho do mercado global de cogumelos comestíveis de 2023 até 2032 (bilhões de dólares) 27
Figura 3 - Corpo de frutificação de um cogumelo e suas partes 29
Figura 4 - Estrutura química da amilose 44
Figura 5 - Estrutura química da amilopectina 45
Figura 6 - Fluxograma do processamento de pão de queijo com adição de diferentes concentrações de farinhas de estipe de cogumelo shiitake 50
Figura 7 - Pães de queijo com diferentes concentrações de farinha de estipe de cogumelo shiitake 52
Figura 8 - Diagrama de cromaticidade 53
Figura 9 - Diagrama do espaço de cor L*C*hº CIELAB (A) e Círculo cromático (B) 53
Figura 10 - Perfil dos provadores quanto ao gênero 67
Figura 11 - Frequência de consumo de pão de queijo 67
Figura 12 - Faixa etária do público alvo 68
Figura 13 - Análise de componentes principais (PCA) dos pães de queijo com diferentes concentrações de farinhas de estipe de cogumelo shiitake 70
Figura 14 - Análise de componentes principais (PCA) por autovetores dos pães de queijo com diferentes concentrações de farinhas de estipe de shiitake 70
Figura 15 - Análise hierárquica de agrupamentos do perfil sensorial dos pães de queijo com diferentes concentrações de farinhas de estipe de cogumelo de shiitake 72
Figura 16 – Firmeza (N) dos pães de queijo (superfície e base) das amostras com 0% e 5% de farinha de estipe, armazenadas com e sem embalagem de polipropileno, aos 30 a 240 minutos após o forneamento 95

Figura 17 – Firmeza (N) dos pães de queijo (superfície e base) das amostras com 15% e 30% de farinha de estipe, armazenadas com e sem embalagem de polipropileno, aos 30 a 240 minutos após o forneamento 95
Figura 18 - Análise de componentes principais (PCA) da cor instrumental dos pães de queijo com diferentes concentrações de farinhas de estipe de cogumelo shiitake 98
Figura 19 - Análise de componentes principais (PCA) por autovetores da cor instrumental dos pães de queijo com diferentes concentrações de farinhas de estipe de cogumelo shiitake 99
Figura 20 - Pães de queijo com diferentes concentrações de farinhas de estipe de cogumelo shiitake antes do forneamento 105
Figura 21 - Pães de queijo com diferentes concentrações de farinhas de estipe de cogumelo shiitake depois do forneamento 105
Figura 22 - Luminosidade (L*) por componente dos pães de queijo com diferentes concentrações de farinhas de estipe de cogumelo shiitake 106
Figura 23 - Estrutura do miolo dos pães de queijo com diferentes concentrações de farinhas de estipe de cogumelo shiitake depois do assamento 107

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Produção estimada de cogumelos produzidos no Brasil em 2011 e 2019 24
Tabela 2 - Principais países produtores de cogumelos e trufas em 2023.....26
Tabela 3 - Composição centesimal (%) em base seca da farinha de estipe de cogumelo shiitake 29
Tabela 4 - Formulação de pão de queijo com as diferentes concentrações de farinha de estipe de cogumelo shiitake.....51
Tabela 5 - Análises microbiológicas do pão de queijo com diferentes concentrações de farinhas de estipe de cogumelo shiitake 65
Tabela 6 – Análise sensorial dos pães de queijo com diferentes concentrações de farinhas de estipe de cogumelo shiitake 74
Tabela 7 – Composição nutricional por porção (15 g e 50g) do pão de queijo sem adição de farinha de estipe de cogumelo shiitake.....78
Tabela 8 - Composição nutricional por porção (15 g e 50g) do pão de queijo com adição de 5% de farinha de estipe de cogumelo shiitake 78
Tabela 9 - Composição nutricional por porção (15 g e 50g) do pão de queijo com adição de 15% de farinha de estipe de cogumelo shiitake.....79
Tabela 10 - Composição nutricional por porção (15 g e 50g) do pão de queijo com adição de 30% de farinha de estipe de cogumelo shiitake.....79
Tabela 11 - Análises físicas dos pães de queijo com diferentes concentrações de farinhas de estipe de cogumelo shiitake 81
Tabela 12 - Acidez titulável e coeficiente de expansão dos pães de queijo com diferentes concentrações de farinhas de estipe de cogumelo shiitake 87
Tabela 13 - Firmeza dos pães de queijo com diferentes concentrações de farinha de estipe de cogumelo shiitake dentro da embalagem plástica ao longo do tempo pós-forneamento (30 min a 240 minutos).....91
Tabela 14 - Firmeza dos pães de queijo com diferentes concentrações de farinha de estipe de cogumelo shiitake fora da embalagem plástica ao longo do tempo pós-forneamento (30 min a 240 minutos).....92

Tabela 15 - Cor instrumental dos pães de queijo com diferentes concentrações farinhas de estipe de cogumelo shiitake 97
Tabela 16 - Valores dos autovetores da análise de componentes principais (PCA) da cor instrumental dos pães de queijo com diferentes concentrações de farinhas de estipe de cogumelo shiitake..... 100
Tabela 17 - Cor aproximada dos pães de queijo com diferentes teores de farinha de estipe de cogumelo shiitake depois do forneamento de acordo com os parâmetros colorimétricos no espaço CIELAB 103
Tabela 18 - Bioativos nos pães de queijo com diferentes concentrações farinhas de estipe de cogumelo shiitake 109

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	21
2	REVISÃO DE LITERATURA	24
2.1	COGUMELOS	24
2.1.1	PRODUÇÃO DE COGUMELOS	24
2.1.2	COGUMELO SHIITAKE (*Lentinula edodes*)	28
2.1.3	RESÍDUOS DA PRODUÇÃO E PROCESSAMENTO DOS COGUMELOS	31
2.2	PÃO DE QUEIJO	34
2.3	ANÁLISE MICROBIOLÓGICA E INDICADORES DE CONTAMINAÇÃO NA GARANTIA DA SEGURANÇA ALIMENTAR	45
2.4	ANÁLISE SENSORIAL	47
3	MATERIAL E MÉTODOS	50
3.1	MATERIAL	50
3.1.1	PROCESSAMENTO DO PÃO DE QUEIJO	50
3.2	MÉTODOS	51
3.2.1	ANÁLISES FÍSICAS NO PÃO DE QUEIJO	52
3.2.1.1	DETERMINAÇÃO DE COR INSTRUMENTAL	52
3.2.1.2	DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE APARENTE	54
3.2.1.3	DETERMINAÇÃO DO VOLUME ESPECÍFICO	54
3.2.1.4	DETERMINAÇÃO DA EXPANSÃO	55
3.2.1.5	DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE EXPANSÃO	55
3.2.1.6	DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE EXPANSÃO	55
3.2.1.7	DETERMINAÇÃO DA FIRMEZA	56
3.2.1.8	DETERMINAÇÃO DA ACIDEZ TITULÁVEL	56
3.2.1.9	DETERMINAÇÃO DA ESTRUTURA DO MIOLO	57
3.2.2	CÁLCULO DA COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL	57
3.2.3	BIOATIVOS NO PÃO DE QUEIJO	57
3.2.3.1	DETERMINAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS	57
3.2.3.2	DETERMINAÇÃO DE ATIVIDADE ANTIOXIDANTE TOTAL	58
3.2.4	ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS	58
3.2.4.1	PREPARO DAS AMOSTRAS E SUAS DILUIÇÕES (APHA, 2015)	59
3.2.4.2	DETECÇÃO DA PRESENÇA DE *Salmonella*	59
3.2.4.3	IDENTIFICAÇÃO DE *Staphylococcus aureus*	60
3.2.4.4	DETERMINAÇÃO DO NÚMERO MAIS PROVÁVEL (NMP) DE COLIFORMES TOTAIS (CTO) E TERMOTOLERANTES (CTE)	61
3.2.4.5	ENUMERAÇÃO DE *Bacillus cereus* PRESUNTIVO	61
3.2.5	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	62
3.2.6	ANÁLISE SENSORIAL	62
3.2.7	ANÁLISE ESTATÍSTICA	63
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	65
4.1	ANÁLISE MICROBIOLÓGICA	65
4.2	ANÁLISE SENSORIAL	66

4.3 COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DOS PÃES DE QUEIJO COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE FARINHAS DE ESTIPE DE COGUMELO SHIITAKE..... 77
4.4 PARÂMETROS FÍSICOS DO PÃO DE QUEIJO..... 81
4.5 ESTRUTURA DO MIOLO DOS PÃES DE QUEIJO..... 106
4.6 BIOATIVOS NO PÃO DE QUEIJO..... 108
5 CONCLUSÕES.....112
5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS..... 113
REFERÊNCIAS..... 115
APÊNDICE A – FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL..... 138
APÊNDICE B – REGISTROS FOTOGRÁFICOS DA ANÁLISE SENSORIAL DO PÃO DE QUEIJO COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE FARINHAS DE ESTIPE DE COGUMELO SHIITAKE..... 139
APÊNDICE C – REGISTROS FOTOGRÁFICOS DAS ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS DO PÃO DE QUEIJO COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE FARINHAS DE ESTIPE DE COGUMELO SHIITAKE..... 142
APÊNDICE D - ANÁLISE COMPARATIVA DE APARÊNCIA, AROMA, SABOR, TEXTURA, IMPRESSÃO GLOBAL E INTENÇÃO DE COMPRA (KRUSKAL-WALLIS)..... 144
ANEXO A – MODELO DE ESCALA ESTRUTURADA DE 7 PONTOS.....147
ANEXO B - PARECER CONSUBSTANCIADO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA (CEP)..... 148

1 INTRODUÇÃO

Os cogumelos comestíveis e medicinais têm uma longa história de uso na alimentação e na medicina tradicional, especialmente em culturas asiáticas, onde são valorizados há milênios por suas propriedades nutricionais e terapêuticas (Wasser, 2002). Acredita-se que o cultivo de cogumelos tenha se originado na China, por volta de 600 d.C., com o *Lentinula edodes*, popularmente conhecido como shiitake, sendo um dos primeiros a ser cultivado (Chang; Miles, 2004).

O shiitake, em particular, destaca-se por seu valor nutricional e propriedades promotoras de saúde. Rico em proteínas, fibras, vitaminas do complexo B, minerais como selênio e zinco, e compostos bioativos como lentinana e eritadenina, esse cogumelo tem sido associado a benefícios como fortalecimento do sistema imunológico, redução do colesterol e propriedades antitumorais (Finimundy, Dillon; Henriques, 2014). Além disso, sua composição química o torna um alimento de baixa caloria e alto valor nutricional, ideal para dietas balanceadas e funcionalidades específicas (Ribeiro *et al.*, 2007).

No que diz respeito a composição dos alimentos, vem se tornando muito importante para profissionais das áreas da saúde e de alimentos, devido o teor de proteínas, lipídios e fibras, e o consumidor também tem buscado fontes naturais de vitaminas, além do interesse por produtos de boa qualidade (Furlani, 2004).

Segundo Nunes (2022), a farinha de estipe de cogumelo shiitake apresenta características nutricionais que justificam seu potencial uso como ingrediente para enriquecimento alimentar. Entre seus principais atributos destacam-se o elevado teor de fibras alimentares, especialmente fibras insolúveis (57,36%), o significativo conteúdo proteico (13,97%) e o reduzido teor de lipídios (1,36%). Quanto às propriedades de cor, a farinha apresentou baixa luminosidade (L = 31,77), indicando uma tonalidade mais escura, corroborada pelos valores dos parâmetros cromáticos a e b.

No Brasil, o cultivo de cogumelos comestíveis tem ganhado destaque, com espécies como *Agaricus bisporus* (champignon), *Pleurotus spp.* (shimeji) e *Ganoderma lucidum* (cogumelo reishi) sendo as mais produzidas (Dias, 2010). No entanto, o shiitake se destaca pela crescente demanda no mercado interno e externo, devido ao seu sabor marcante e versatilidade culinária. Comparado a outras espécies, o shiitake apresenta um ciclo de cultivo mais longo e requer condições específicas de

umidade e temperatura, o que pode limitar sua produção em larga escala (Bellettini *et al.*, 2019).

O aumento na produção de shiitake, no entanto, traz consigo um desafio ambiental: o volume de resíduos gerados durante as etapas de colheita e processamento. Os resíduos gerados na cadeia produtiva do shiitake concentram-se, sobretudo, no substrato pós-cultivo, conhecido como *Spent Mushroom Substrate* (SMS), e nas porções descartadas do corpo de frutificação, especialmente o estipe (Ravlikovsky *et al.*, 2024). Estima-se que entre 5% e 20% do peso total produzido corresponda a resíduos sólidos (Antunes *et al.*, 2020). Diversas estratégias de valorização têm sido exploradas para minimizar o impacto ambiental e agregar valor a esses subprodutos, incluindo: incorporação parcial do SMS em formulações de novos substratos, promovendo a recirculação da matéria orgânica; compostagem controlada e fertilizante orgânico; conversão em bioenergia por digestão anaeróbia (biogás) ou combustão pós-desidratação e transformação em biomateriais de maior valor (biochar e fibras para biocompósitos) (Martín *et al.*, 2023).

Outra solução promissora é a transformação dos estipes de shiitake em farinha, que pode ser incorporada em diversos alimentos, agregando valor nutricional e funcional. Estudos recentes têm demonstrado que a farinha de estipe de shiitake é rica em fibras, antioxidantes e compostos bioativos, tornando-a um ingrediente ideal para enriquecer produtos alimentícios (Kim *et al.*, 2021). Entre as diferentes matrizes alimentares disponíveis, o pão de queijo destaca-se como uma alternativa promissora devido à sua ampla aceitação pelos consumidores, crescente relevância comercial e potencial para incorporação de ingredientes funcionais sem comprometer suas características sensoriais (Castro, 2018).

O pão de queijo, produto tradicional brasileiro de ampla aceitação popular, apresenta elevada densidade calórica, alto teor de gordura saturada e sódio, e baixa concentração de fibras — características que reforçam a necessidade de estratégias para melhorar seu perfil nutricional (Carvalho; Silva, 2014). Nesse sentido, o conceito de alimentos funcionais — aqueles que, além das funções nutricionais básicas, proporcionam benefícios fisiológicos à saúde (Carvalho; Junior; Menezes, 2016) — orienta o desenvolvimento de formulações enriquecidas com ingredientes bioativos, como a farinha de estipe de cogumelo shiitake.

Nesse contexto, a aplicação da farinha de estipe de shiitake em pão de queijo representa uma estratégia que alia o aproveitamento de um subproduto agroindustrial

ao desenvolvimento de um alimento com maior valor nutricional e funcional. A adição de fibras e compostos bioativos pode melhorar a textura, o valor nutricional e a funcionalidade do produto, atendendo às demandas por alimentos mais saudáveis e sustentáveis (Pereira; Gonçalves; Assis, 2024).

Considerando o potencial nutricional da farinha do estipe de cogumelo shiitake, estudos sobre a utilização dessa farinha na aplicação de alimentos são importantes, no sentido de desenvolver práticas sustentáveis na cadeia produtiva de cogumelos, subsidiar aplicações futuras deste resíduo agroindustrial na indústria alimentícia e contribuir na economia circular, promovendo o aproveitamento integral dos recursos e reduzindo o impacto ambiental da produção de cogumelos beneficiando tanto a indústria quanto os consumidores. Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da substituição parcial do polvilho por farinha de estipe de cogumelo shiitake na qualidade tecnológica, no perfil de compostos bioativos e nas características sensoriais e nutricionais do pão de queijo, analisando diferentes concentrações de substituição (0%, 5%, 15% e 30%), bem como o comportamento da firmeza dos pães de queijo acondicionados e não acondicionados em embalagem de polipropileno durante o período pós-forneamento.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 COGUMELOS

2.1.1 PRODUÇÃO DE COGUMELOS

Os grandes produtores de cogumelo no Brasil estão concentrados no estado de São Paulo, mas também há produção nos estados de Minas Gerais, Paraná, Rio de Janeiro, Brasília, Rio Grande do Sul, Bahia e Pernambuco. Dentre os produtores do estado de São Paulo, as cidades que mais se destacam são Mogi das Cruzes, Pinhalzinho, Ibiúna, Sorocaba, Salto, Cabreúva, Juquitiba e Valinhos. Segundo a Associação Nacional dos Produtores de Cogumelos – ANCP (2024), existe uma estimativa de mais de 1000 produtores de cogumelos no país, visto que, em sua maioria, são micro e pequenos agricultores familiares (Associação nacional dos produtores de cogumelos, 2024).

De acordo com a ANCP, a produção de cogumelos no Brasil em 2023 foi de cerca de 14.000 toneladas (Associação nacional dos produtores de cogumelos, 2024).

Os principais cogumelos produzidos no Brasil são o champignon de Paris (*Agaricus bisporus*), sendo cultivado por 52,2% dos produtores, seguido dos cogumelos do gênero Pleurotus (chamado de shimeji no Brasil), cultivado por 24,55% dos produtores, e do cultivo do cogumelo shiitake (*Lentinula edodes*), que representa 16,44% (Gomes *et al.*, 2016). A Tabela 1 mostra a produção brasileira estimada em toneladas ano^{-1} em 2011 e 2019, conforme as espécies de cada cogumelo.

Tabela 1 - Produção estimada de cogumelos produzidos no Brasil em 2011 e 2019

Espécies	Produção estimada (tonelada ano^{-1}) (2011)	Produção estimada (tonelada ano^{-1}) (2019)
Agaricus bisporus (Champignon de Paris)	8.000	9.000
Pleurotus spp	2.000	8.500
Lentinula edodes (Shiitake)	1.500	5.000
Agaricus blazei murrill	500	
Outros	50	

Fonte: Associação nacional dos produtores de cogumelos (2013) e Steffen; Steffen; Handte (2019).

Em 2019 havia um total de 505 produtores distribuídos em 93 municípios paulistas, produzindo cerca de 12 mil toneladas de cogumelos por ano (Senar, 2021).

A produção mundial de cogumelos se concentra em apenas alguns países como, China, Itália, Estados Unidos e Holanda. Em 2005, a produção mundial atingiu 25,7 milhões de toneladas e se compararmos com 2013, houve um aumento de 42,3% na produção de cogumelos comestíveis, passando para 48,7 milhões de tonelada no mundo (Martínez-Ibarra *et al*, 2019).

Essa produção mundial de cogumelos vem crescendo desde a década de 1960, sendo que, esse aumento ocorreu consideravelmente nos últimos anos, tendo atingido o valor de pouco mais de 10 milhões de toneladas em 2017, número cinco vezes maior que o produzido em 1990, visto que, o principal responsável pelo aumento da produtividade e o número de produtores foi a China (Faostat, 2017; Martínez-Ibarra *et al*, 2019).

Segundo a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (Fao, 2021), a produção mundial de cogumelos aumentou de aproximadamente 1 milhão de toneladas na década de 1990 para mais de 12 milhões de toneladas em 2020.

No final do ano de 2021, no âmbito mundial, o mercado de cogumelos comestíveis movimentou aproximadamente 35 bilhões de dólares ao ano, com uma expectativa de crescimento de 9%, tendo a China como líder de produção e responsável por mais de 75% da produção global, seguida pela Itália, Estados Unidos, Holanda e Polônia (Lacerda, 2021).

Ao comparar a produção de cogumelos no Brasil com a de outros países, como a China, Estados Unidos, entre outros (Tabela 2), verifica-se que a nacional é muito baixa. Entretanto, esse tipo de atividade produtiva tem um importante caráter social, sendo uma alternativa de renda para os pequenos e médios produtores. Observa-se, igualmente, que o país que mais se destaca na produção de cogumelos é a China, com 9 milhões de toneladas em 2023 (Faostat, 2023).

Anualmente, o mercado mundial de cogumelos movimenta 35 bilhões de dólares e as estimativas apontam um crescimento de 9 a 12% no volume comercializado até 2021 (Abpc, 2020). Em 2013, o volume das importações dos cogumelos aumentou mais de 30% (Associação nacional dos produtores de cogumelos, 2013).

A Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO) (2025) relatou que a China é o maior produtor de cogumelos, sendo que em 2018 a produção global atingiu quase 8,99 milhões de toneladas e espera-se que continue com esse aumento de produção de cogumelo com o passar do tempo.

Tabela 2 - Principais países produtores de cogumelos e trufas em 2023

País	Produção (toneladas)	Produção de Trufas (toneladas)
China	9.000.000	200
Estados Unidos	400.000	50
Polônia	350.000	20
Holanda	300.000	10
Espanha	150.000	100
França	100.000	50
Itália	80.000	30
Coreia do Sul	70.000	5
Japão	60.000	5
Brasil	50.000	1

Fonte: Faostat (2023).

A produção global de cogumelos, de acordo com a FAO (2024), aumentou 44,2 milhões de toneladas em comparação com 2020 devido aos enormes benefícios dos cogumelos a nível mundial. Esses fatores estão impulsionando a demanda por cogumelos por parte dos consumidores e tendem a crescer nos próximos anos.

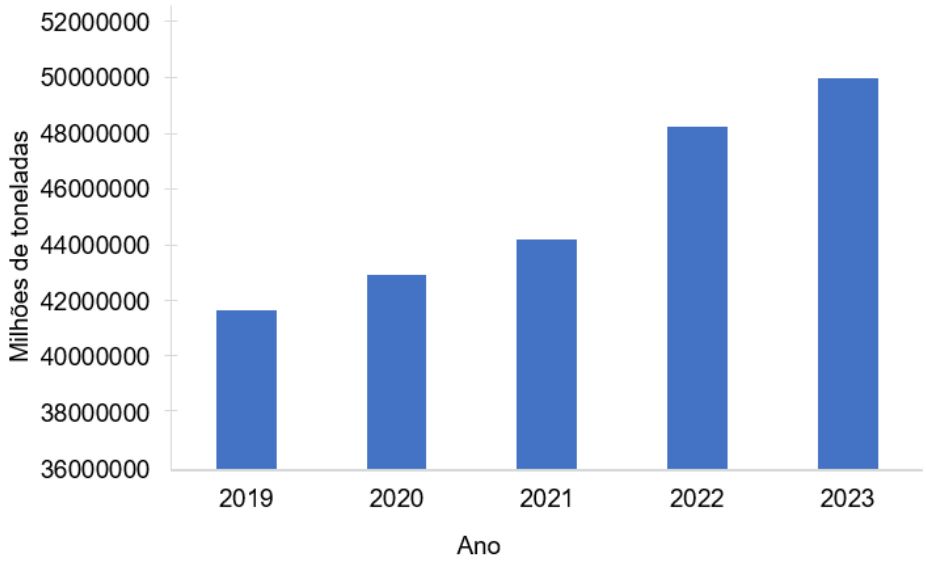
A Figura 1 mostra a quantidade de produção de cogumelos e trufas no mundo no período de 2019 a 2023 e de acordo com a Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO), em 2020, o valor foi de 42 milhões de toneladas, em 2021 foi de 44 milhões de toneladas e em 2023 foi de 50 milhões de toneladas.

A Figura 2 mostra o tamanho do mercado global de cogumelos comestíveis de 2023 até 2032 (bilhões de dólares) e de acordo com Business Research Insights (2025), o tamanho do mercado global de cogumelos comestíveis foi de US $ 59,07 bilhões em 2023 e o mercado deve atingir US $ 84,32 bilhões até 2032, com uma taxa de crescimento anual composta (CAGR) de 4% durante o período de previsão.

No que diz respeito ao consumo de cogumelos, o brasileiro ainda está muito aquém do consumo da população dos outros países, principalmente da população asiática. Países como China e Coréia, que se destacam como maiores consumidores mundiais, atingem um consumo per capita de mais de 8 kg de cogumelo por habitante. Já nos países da Europa, como França, Itália e Alemanha, o consumo per capita é um

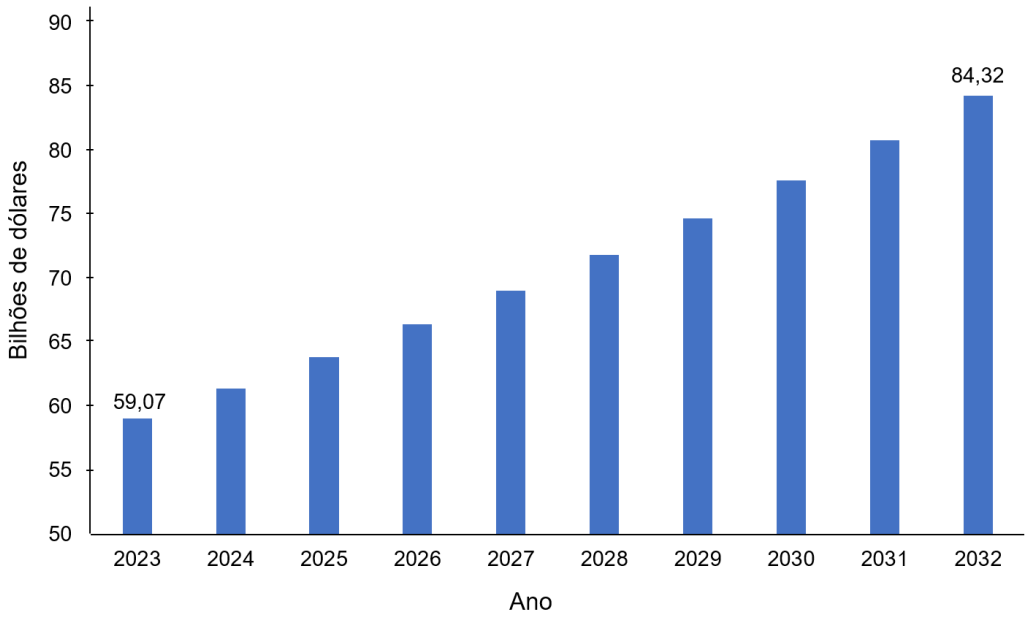
pouco maior que 2 kg por ano, enquanto que no Brasil, esse valor atinge aproximadamente 160 g/hab/ano. Esse baixo consumo do brasileiro se dá, muitas vezes, pelo desconhecimento da forma de preparo dos produtos e dos seus benefícios (Associação nacional dos produtores de cogumelos, 2013).

Figura 1 - Quantidade de produção de cogumelos e trufas no mundo no período de 2019 a 2023



Fonte: Faostat (2023).

Figura 2 - Tamanho do mercado global de cogumelos comestíveis de 2023 até 2032 (bilhões de dólares)



Fonte: Business research insights (2025).

Em 2017, o consumo per capita de cogumelos no Brasil foi de aproximadamente 288 gramas por ano, com uma previsão de aumento de até 9% até 2021. Já em 2018, a produção mundial de cogumelos alcançou cerca de 8,99 milhões de toneladas, com a China se destacando como o maior produtor e consumidor de cogumelos (Rodrigues; Okura, 2022) .

2.1.2 COGUMELO SHIITAKE (*Lentinula edodes*)

O cultivo do shiitake começou na China há cerca de 1.100 a.C. Posteriormente, os agricultores chineses levaram o cultivo deste cogumelo para o Japão e hoje ele é umas das espécies mais consumidas no mundo (Maciel, 2012). No Brasil, o seu cultivo começou nos inícios dos anos 90 (Sampaio, 2003).

O cultivo do shiitake é dividido em dois tipos: o rudimentar, que é realizado em toras de madeira, e aquele realizado em substratos sintéticos. Na forma de toras, o cultivo é realizado em madeiras de eucalipto, e na forma de substratos sintéticos é feito a partir de resíduos agrícolas e outros tipos de resíduos, como o farelo de arroz, pó de madeira, farelo de trigo, palha de milho, gesso, cal, calcário, entre outros. A temperatura ideal para o cultivo é na faixa de 16ºC a 18ºC e a umidade deve estar a 90%, porém, durante a frutificação, a umidade deve ficar entre 60% e 80%, visto que, nesta umidade os cogumelos conseguem se desenvolver (Maciel, 2012). A Figura 3 mostra o corpo de frutificação de um cogumelo e suas partes.

Com relação aos valores nutricionais (base seca), o shiitake apresenta elevado teor de umidade (90,22-94,59%), considerável teor de proteína (17,97-20,48%) e fibra alimentar (37,26-47,60%), baixo teor de lipídeos (2,44-6,29%), alto teor de carboidratos totais (66,57-70,86%), teor de cinzas variando de 5,44 a 8,92% e de ácido ascórbico entre 550 a 9,74 mg/100 g (Furlani; Godoy, 2007).

A Tabela 3 mostra a composição centesimal (%) em base seca da farinha de estipe de cogumelo shiitake.

Devido ao seu uso medicinal há anos, os cogumelos também têm ganhado destaque devido ao número crescente de pesquisas sobre suas atividades biológicas, demonstrando propriedades antioxidantes (Kitzberger *et al.*, 2007), antimicrobianas, antifúngicas (Hearst *et al.*, 2009) e antitumorais (Finimundy *et al.* 2013; Finimundy; Dillon; Henriques, 2014).

Figura 3 - Corpo de frutificação de um cogumelo e suas partes



Fonte: Rosa (2006).

Tabela 3 - Composição centesimal (%) em base seca da farinha de estipe de cogumelo shiitake

Componente	%
Umidade	5,62 ± 0,78
Cinza	3,33 ± 0,04
Lipídeos	1,36 ± 0,10
Fibra total	60,70 ± 0,52
Fibras solúveis	3,34 ± 0,15
Fibras insolúveis	57,36 ± 0,66
Proteína	13,97 ± 0,39
Carboidratos	15,02 ± 0,00
Açúcar total	0,84 ± 0,09
Açúcares redutores	0,39 ± 0,01
Açúcar solúveis totais	0,45 ± 0,08
Amido	1,18 ± 0,47
Valor energético	128,20 kcal · $(100g)^{-1}$

Fonte: Nunes (2022). Média ± desvio padrão. n=3.

O cogumelo shiitake apresenta elevado potencial como alimento funcional devido à presença de compostos bioativos capazes de exercer efeitos benéficos à

saúde, além de fornecer nutrientes essenciais. Entre esses compostos, destacam-se os polissacarídeos β-glucanas, como a lentinana, com comprovada ação imunomoduladora, antioxidante e anti-inflamatória (Shi *et al.*, 2021).

A lentinana atua na ativação de macrófagos, linfócitos T e células NK (natural killer), contribuindo para a resposta imune adaptativa e inata, sendo investigada inclusive como adjuvante em terapias antitumorais. Além disso, o shiitake contém eritadenina, um alcaloide que influencia positivamente o metabolismo lipídico, reduzindo níveis séricos de colesterol por mecanismos envolvendo a regulação de enzimas hepáticas (Jayachandran; Xu; Xie, 2017).

O valor nutricional do shiitake é amplamente atribuído ao seu relevante conteúdo proteico, associado a um perfil equilibrado de aminoácidos essenciais. Apesar de ser um alimento de origem vegetal, apresenta proteínas de elevado valor biológico, caracterizadas pela presença de aminoácidos essenciais como lisina, leucina e valina, frequentemente limitantes em diversas fontes proteicas vegetais, o que o torna uma fonte diferenciada de proteína de alta qualidade no contexto de dietas à base de plantas (Matsuura *et al.*, 2022).

Essa composição proteica, associada a baixo teor lipídico e elevado conteúdo de fibras alimentares, torna o shiitake um recurso alimentar estratégico para dietas voltadas à promoção da saúde e à prevenção de doenças crônicas não transmissíveis. Em particular, seu uso como ingrediente em produtos panificados, massas e análogos cárneos pode melhorar o perfil proteico de preparações destinadas a consumidores com restrições ao consumo de proteína animal (Mattila *et al.*, 2001).

Sob uma perspectiva bioquímica e funcional, o shiitake constitui fonte relevante de compostos bioativos, entre os quais se destacam fenóis, ergotionina e selênio, os quais desempenham papel fundamental na proteção contra estresse oxidativo, prevenindo danos a DNA, lipídios e proteínas (Carvalho *et al.*, 2020). Esses antioxidantes não apenas auxiliam na prevenção de processos degenerativos, como também atuam na modulação de respostas inflamatórias, reforçando o caráter funcional do cogumelo. Além disso, evidências sugerem que a ingestão regular de shiitake pode modular a microbiota intestinal, estimulando o crescimento de bactérias probióticas e contribuindo para a manutenção da saúde digestiva (Rathore; Prasad; Sharma, 2017; Mesta-Corral *et al.*, 2024).

Considerando-se o conjunto de propriedades nutricionais e bioativas, o shiitake representa um alimento com apelo funcional e proteico significativo. Sua versatilidade

culinária e a possibilidade de aplicação em diferentes matrizes alimentícias, inclusive em produtos sem glúten ou enriquecidos, reforçam seu potencial no desenvolvimento de alimentos inovadores voltados a nichos de mercado como vegetarianos, veganos e consumidores preocupados com saúde e bem-estar (Bugajewski *et al.*, 2025).

O uso estratégico do shiitake na alimentação humana permite associar benefícios fisiológicos comprovados à qualidade nutricional, atendendo a tendências contemporâneas de consumo que valorizam alimentos naturais e funcionais (Carvalho *et al.*, 2020).

A farinha de estipe de cogumelo shiitake tem emergido como um ingrediente promissor na indústria alimentícia, especialmente em produtos de panificação. Estudos demonstram que a substituição parcial da farinha de trigo por farinha de estipe de shiitake resulta em alterações nas propriedades físico-químicas dos produtos, como cor, textura e volume específico (Li *et al.*, 2018).

A farinha de estipe de shiitake apresentou perfil nutricional enriquecido, com maior teor de fibras alimentares e compostos bioativos, como polissacarídeos e fenóis, que conferem propriedades antioxidantes e imunomoduladoras ao produto final (Lin *et al.*, 2008).

Do ponto de vista funcional, a incorporação de farinha de estipe de shiitake em produtos alimentícios não apenas melhora o perfil nutricional, mas também pode contribuir para a saúde intestinal (Lin *et al.*, 2008; Zhao *et al.*, 2023). Essas propriedades funcionais, aliadas à melhoria das características sensoriais e nutricionais dos produtos, destacam a farinha de estipe de shiitake como uma alternativa viável e sustentável para a indústria alimentícia, especialmente em produtos voltados para consumidores que buscam opções mais saudáveis e nutritivas (Li *et al.*, 2018).

2.1.3 RESÍDUOS DA PRODUÇÃO E PROCESSAMENTO DOS COGUMELOS

Conforme já apresentado, a produção de cogumelos quintuplicou desde a década de 90, a globalização e a facilitação do comércio internacional permitiram que os cogumelos chegassem a novos mercados (Faostat, 2017).

Países como China, Estados Unidos, Holanda e Polônia tornaram-se líderes na produção e exportação de cogumelos, atendendo à demanda crescente em regiões como Europa, América do Norte e Ásia (Faostat, 2021). Como consequência do

relevante aumento na produção e consumo de cogumelos, observa-se um aumento no volume de resíduos gerados, decorrente das etapas de colheita e processamento. Os resíduos produzidos na produção de shiitake em blocos sintéticos são os estipes e os blocos sintéticos propriamente ditos. O estipe (a base do cogumelo) representa de 25-33% do peso do produto (Chou; Sheih; Fang, 2013). Esta perda em rendimento de produto resulta em volumes de 2,5 a 3,3 milhões de toneladas de resíduos por ano no mundo (Chou; Sheih; Fang, 2013).

A produção de cogumelos shiitake gera volumes significativos de resíduos, principalmente o *Spent Mushroom Substrate* (SMS) e os estipes. Embora tradicionalmente subutilizados, ambos apresentam elevado potencial de valorização biotecnológica, inserindo-se em uma perspectiva de bioeconomia e economia circular (Sánchez, 2009). O SMS, composto principalmente por materiais lignocelulósicos como palhas, serragem, bagaço de cana, farelo de trigo e de arroz, além de nutrientes residuais, micélio ativo e enzimas extracelulares, configura-se como um subproduto com múltiplas aplicações (Savoie; Foulongne-Oriol, 2022).

Evidências recentes reforçam, em especial, o potencial do *Spent Mushroom Substrate* (SMS) sua aplicação em biofertilizantes, geração de bioenergia e recuperação de solos, alternativas que reduzem a dependência de insumos químicos e promovem práticas agrícolas mais sustentáveis (Sánchez, 2009).

Os estipes do cogumelo shiitake, comumente descartados durante o processamento, apresentam elevado teor de fibras, polissacarídeos e compostos fenólicos com propriedades antioxidantes e imunomoduladoras (Furlani; Godoy, 2007). Essa composição evidencia seu potencial de aplicação como ingrediente funcional em diferentes matrizes alimentares, suplementos e formulações nutracêuticas, reforçando seu valor agregado e a importância de seu aproveitamento em estratégias de bioeconomia e sustentabilidade (Ferreira; Morales; Barros, 2022).

Ao reinserir esses subprodutos na cadeia, não apenas se minimizam perdas e impactos ambientais, como também se amplia a cadeia de valor e se fortalece a sustentabilidade da atividade, tornando a produção de cogumelos mais resiliente e alinhada às demandas globais por inovação e eficiência (Furlani; Godoy, 2007).

Existem poucos estudos na literatura sobre a caracterização dos estipes de cogumelo shiitake. Nasiri *et al.* (2012) caracterizaram quimicamente o píleo e o estipe do cogumelo *A. bisporus* e verificaram composições semelhantes, mas que apresentam valores significativamente mais altos de proteína, cinza, potássio, fósforo

e selênio no píleo e maiores teores de fibra, carboidrato, cálcio e ferro no estipe. Outro estudo avaliou as propriedades antioxidantes do píleo e do estipe de cogumelos selvagens de Portugal (*L. deliciosus e T. portentosum*) e foi verificado que ambas as partes do cogumelo apresentaram atividade antioxidante, com destaque para os extratos obtidos do píleo do cogumelo (Ferreira *et al.*, 2007). Especificamente sobre o cogumelo shiitake (*L. edodes*), Kang, Rico e Lee (2012), avaliaram as atividades antioxidantes e antimutagênicas de subprodutos de *L. edodes* e *P. eryngii* e relataram que ambos os subprodutos de cogumelo possuem forte capacidade antioxidante in vitro e podem ser úteis como biomaterial na preparação de alimentos promotores de saúde.

Estudos sobre a aplicação de resíduos da produção de cogumelos em alimentos são ainda mais escassos. Brennan, Derbyshire, Tiwari e Brenann (2012) enriqueceram snacks extrusados com 5, 10 e 15% de sub-produtos de cogumelo *A. aegerita* liofilizados e obtiveram produtos com crocância similar ao controle, além de maior teor de fibras e maior taxa de expansão. Além disso, mostraram redução significativa na liberação de glicose durante a digestão in vitro, podendo ser de interesse para a indústria alimentícia na tentativa de regular a resposta glicêmica dos alimentos. Já o estudo de Vital *et al.* (2017) avaliaram o efeito da adição de resíduo de *Agaricus blazei* em leite enriquecido com ômega 3 (1, 2 e 3 g kg^{-1}) e verificaram que o resíduo do cogumelo agiu como antioxidante no leite, reduzindo a oxidação lipídica do ômega 3 quando submetido à foto-oxidação. Os autores concluíram que o resíduo do cogumelo *A. blazei*, que geralmente é descartado, pode ser utilizado como um potencial ingrediente antioxidante, capaz de enriquecer alimentos a um baixo custo.

Não foram encontrados estudos sobre a aplicação do estipe de cogumelo shiitake (*L. edodes*) em alimentos. Contudo, a literatura relata a aplicação do cogumelo shiitake inteiro em diferentes produtos alimentícios. Na pesquisa realizada por Lira (2017), a aplicação de farinha de cogumelos shiitake (de 0 a 20%) em pão foi estudada e verificou-se que o produto com até 10% apresentou-se viável quanto à aceitação sensorial. Em termos tecnológicos houve diminuição do volume específico, aumento na dureza, e redução da luminosidade. Já o estudo de Mattar (2016) objetivou reduzir o teor de sódio em hambúrguer bovino utilizando extrato de cogumelo shiitake como realçador de sabor.

Como resultado, as formulações com 50% de redução de cloreto de sódio e adição de extrato, obtidas a partir de 12,5% e 20% de cogumelo, apresentaram maior intensidade do gosto salgado, e as características físico-químicas dos hambúrgueres não apresentaram alterações relevantes. O mesmo autor conclui que é possível promover a redução de até 75% de cloreto de sódio de hambúrguer por meio da adição de extrato obtido a partir de 12,5% de cogumelo shiitake, mantendo as características sensoriais desejadas pelos consumidores.

2.2 PÃO DE QUEIJO

O pão de queijo pode ser definido como um produto resultante do assamento de uma massa constituída basicamente de polvilho, queijo de minas curado ou meia cura, óleo de soja, água, margarina ou gordura hidrogenada (que tem a capacidade de conferir maior plasticidade à massa, ou seja, aumentar a facilidade para ser trabalhada), leite, sal e ovo (Pereira, 2001b).

Utiliza-se o princípio básico de escaldamento do polvilho com água ou leite, óleo e sal, seguido da adição dos ovos e o queijo, até obter uma massa com textura desejada (Santos *et al*, 2018).

A massa do pão de queijo é comercializada crua e congelada, em formatos que podem variar de acordo com o fabricante, diferenciando na qualidade, aparência e valor comercial. O congelamento da massa de pão de queijo é uma prática usual, pois, uma vez assado, o pão de queijo envelhece rapidamente devido à retrogradação do amido (Jesus, 1997).

O polvilho azedo é preferido na produção de pão de queijo, pois confere ao produto as características de maior volume, textura mais porosa com maior número de células de ar, miolo esponjoso, mais leve e elástico e casca lisa e uniforme (Pereira,1998).

No entanto, a tecnologia de fabricação de pão de queijo com polvilho doce não apresenta diferença quando se utiliza polvilho azedo, mas, ainda assim, observou-se um volume ligeiramente menor, um miolo menos esponjoso, com textura menos porosa e com menor número de células de ar. Entretanto, o pão de queijo feito com polvilho doce tem sua padronização facilitada por apresentar características físico - químicas mais estáveis (Capriles; Arêas, 2014).

Em um trabalho apresentado por Pirozi e Canavesi (1998) nas formulações apresentadas, o polvilho a ser utilizado para a elaboração do pão de queijo deve ser uma mistura de fécula, polvilho doce ou azedo. A proporção de polvilho doce ou fécula de mandioca em relação ao polvilho azedo é maior, já que foram utilizados aproximadamente 60-80% de polvilho doce e de 20-40% de polvilho azedo e a proporção de matéria graxa (margarina) utilizada nas formulações foi de 35% em relação ao peso do polvilho.

Componentes bioativos são compostos que exercem efeitos fisiológicos positivos, como atividade antioxidante, anti-inflamatória e modulação da microbiota intestinal (Liu, 2013). No contexto do pão de queijo, a combinação de ingredientes como polvilho azedo, queijo e possíveis aditivos funcionais pode contribuir para a presença desses compostos, tornando-o um alimento de interesse para estudos nutricionais e funcionais (Santos *et al.*, 2018).

O polvilho azedo, principal ingrediente do pão de queijo, é obtido por fermentação natural da mandioca, processo que pode gerar compostos bioativos, como ácidos orgânicos e peptídeos derivados da hidrólise de proteínas (Cereda; Vilpoux, 2003). Estudos recentes destacam que a fermentação do polvilho azedo pode aumentar o teor de fibras solúveis e compostos fenólicos, que possuem propriedades prebióticas e antioxidantes (Capriles; Arêas, 2014). Esses compostos não apenas melhoram o perfil nutricional do pão de queijo, mas também podem contribuir para a saúde intestinal e a redução do estresse oxidativo no organismo (Mesta-Corral *et al.*, 2024).

A incorporação de ingredientes funcionais, como farinhas de grãos integrais, extratos vegetais e fibras prebióticas, tem sido explorada para enriquecer o perfil de componentes bioativos no pão de queijo. Por exemplo, a adição de farinha de aveia ou quinoa tem sido associada ao aumento do teor de fibras solúveis e compostos fenólicos, que possuem atividade antioxidante (Capriles; Arêas, 2014).

O cogumelo shiitake é reconhecido por sua riqueza em compostos bioativos, incluindo polissacarídeos (como lentinana e β-glucanas), ergosterol (precursor da vitamina D2), compostos fenólicos e ergotioneína, um antioxidante exclusivo de fungos (Jayachandran; Xiao; Xu, 2017).

A adição de farinha de cogumelo shiitake no pão de queijo pode aumentar significativamente o teor de fibras dietéticas, particularmente β-glucanas, que possuem efeitos prebióticos e contribuem para a saúde intestinal ao estimular o

crescimento de bactérias benéficas, como *Lactobacillus* e *Bifidobacterium* (Jayachandran; Xiao; Xu, 2017). Além disso, as β-glucanas têm sido associadas à redução dos níveis de colesterol LDL e à melhoria da resposta glicêmica, o que pode beneficiar indivíduos com doenças metabólicas, como diabetes e hipercolesterolemia (Giri *et al.*, 2021; Izah *et al.*, 2025).

Outro aspecto relevante é o alto teor de compostos fenólicos e ergotioneína presentes no shiitake, que conferem atividade antioxidante ao produto. A ergotioneína, em particular, é um antioxidante estável que protege as células contra danos oxidativos e inflamatórios, sendo considerada um marcador de qualidade nutricional em alimentos funcionais (Kalaras *et al.*, 2017). A inclusão de farinha de shiitake no pão de queijo pode, portanto, aumentar sua capacidade de combater radicais livres, prolongar sua vida útil e oferecer benefícios à saúde do consumidor, como a redução do risco de doenças crônicas associadas ao estresse oxidativo (Giri *et al.*, 2021; Izah *et al.*, 2025).

O pão de queijo é um produto, cujo consumo vem crescendo muito nos últimos tempos devido a uma expansão natural do mercado e a exportação, sendo ainda uma iguaria tipicamente brasileira e pertencente a classe dos produtos de panificação (Perreira, 2001).

Segundo dados da Associação Brasileira das Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias e Pães & Bolos Industrializados (ABIMAPI), o setor de massas e pães industrializados, que inclui o pão de queijo, movimentou bilhões de reais em 2022, com crescimento anual de cerca de 5%. Esse crescimento é impulsionado pela praticidade dos produtos congelados e pela diversificação de sabores, como pão de queijo com recheios doces e salgados (Abimapi, 2022).

Um dos grandes fabricantes de pão de queijo do Brasil, a Forno de Minas, em 2017 produziu 1,7 mil toneladas por mês, sendo 120 toneladas destinadas à exportação. O produto é exportado para os Estados Unidos, Canadá, Portugal, Inglaterra, Chile, Peru, Uruguai e Emirados Árabes (Castro, 2018).

De acordo com os dados conforme dados da ABIMAPI (2022), a empresa Forno de Minas possui uma capacidade produtiva estimada em torno de 30.000 toneladas no ano de 2026, essa estimativa é baseada no crescimento médio anual de 5% no setor de panificação industrializada.

A empresa Forno de Minas exporta para mais de 20 países, com destaque para os Estados Unidos, Japão e países da Europa. Em 2026, estima-se que a Forno de

Minas possa exportar cerca de 7.000 toneladas de pão de queijo, consolidando-se como uma das principais embaixadoras da gastronomia brasileira no exterior (Silva; Oliveira; Costa, 2020).

De acordo com o Sindicato da Indústria de Laticínios de Minas Gerais (SILEMG) (2023), do volume de 1,2 milhão de toneladas de queijo produzidas no Brasil em 2020, cerca de 40% do total tem Minas Gerais como origem. As exportações brasileiras do produto, no mesmo ano, alcançaram a receita de 76 milhões de dólares.

No mercado, o produto pode ser comercializado pronto ou congelado com diferentes formatos que podem variar de fabricante quanto a qualidade, aparência, volume, sabor, vida-de-prateleira e valor comercial (Perreira, 2001).

O Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade (RTIQ) para o pão de queijo foi estabelecido pela Instrução Normativa nº 38, de 30 de novembro de 2018, do MAPA. Esse regulamento define as características essenciais que o pão de queijo deve apresentar para ser comercializado no Brasil, incluindo ingredientes, processos de fabricação e padrões de qualidade (Silva; Oliveira; Costa, 2020).

Além do RTIQ para pão de queijo também está sujeito a outras normas e regulamentações, como: Lei nº 8.918/1994 (Brasil, 1994) que estabelece padrões de identidade e qualidade para alimentos em geral, incluindo produtos de panificação; Resolução RDC nº 259/2002 (ANVISA) (Brasil, 2002) que define os requisitos técnicos para a produção e comercialização de alimentos, incluindo boas práticas de fabricação (BPF) e controle de qualidade e a Instrução Normativa nº 60/2019 (MAPA) (Brasil, 2019) que regulamenta a produção e comercialização de produtos de origem vegetal, incluindo o polvilho, um dos principais ingredientes do pão de queijo.

O produto é comercializado cru e congelado ou assado em formatos que variam de fabricante para fabricante, diferindo na qualidade, aparência e composição centesimal (Castro, 2018).

No Brasil, a legislação que trata do pão de queijo é estabelecida pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), por meio de instruções normativas e regulamentos técnicos. Essas normas visam padronizar a produção, garantir a segurança do consumidor e proteger a tradição e a autenticidade do produto (Oliveira, 2018).

A atividade de produção de pão de queijo pode ser através de um estabelecimento industrial, onde se produzem pães de queijo em geral, e ou outros produtos semelhantes. A produção de pães de queijo é feita no próprio

estabelecimento e, posteriormente, eles são embalados e distribuídos no comércio atacadista e varejista. E além disso, deverá requerer licença e alvará de funcionamento junto à companhia ambiental do Estado de São Paulo (CETESB) (Perreira, 2001).

As atividades de produção só poderão ser desenvolvidas com a participação e responsabilidade técnica de nutricionista e/ou com a participação e responsabilidade técnica de um engenheiro de alimentos (Castro, 2018).

O centro de vigilância sanitária, através das Portarias CVC-1 - DIETEP de 13/01/98, CVC-6/99 e Resolução Conjunta SS/SAA - 1, de 26-12-2001 determina que todo estabelecimento de gêneros alimentícios deve ter um responsável técnico, que deverá ter autoridade e competência para implantação e manutenção das “Boas Práticas de Fabricação, Manipulação e Controle de qualidade dos Alimentos” (São Paulo, 1999).

A Vigilância Sanitária estabelece regras específicas para empresas que produzem e/ou manipulam alimentos (Portarias N° 1.428/MS; N° 326 - SVS/MS de 30/07/97 e CVS-6/99) tais como: controle de saúde dos funcionários, controle de água para consumo, controle integrado de pragas, higiene pessoal e uniformização dos funcionários, higiene operacional dos funcionários (hábitos), higiene ambiental (periodicidade de limpeza das instalações, utensílios, estoques e reservatório de água), elaboração de Manual de Boas Práticas de Produção e estabelecer padrão de identidade e qualidade (PIQ) (São Paulo, 1999).

Existem diferentes formulações para fabricar o pão de queijo, e constituem um obstáculo na procura de padrões auxiliares de um maior controle de qualidade do produto final, no entanto, deve conter obrigatoriamente fécula de mandioca (polvilho doce ou polvilho azedo), queijo, ovo, óleo e ou gordura vegetal, água ou leite e sal. Além disso, pode adicionar ingredientes opcionais como temperos, condimentos, especiarias e outros ingredientes, desde de que não descaracterizem o produto, valem ressaltar que é proibido a adição de corante a massa (Brasil, 2001; Pereira *et al.*, 2004).

Apesar do pouco conhecimento das funções dos ingredientes sobre as características de qualidade do pão de queijo, cada ingrediente utilizado na formulação exerce uma função específica e a interação de todos eles visa à obtenção de um produto leve, poroso, com bom volume, de sabor agradável e que, acima de tudo, seja bem aceito pelo consumidor (Pereira, 2001).

Segundo Brasil (2019), Ministério da Agricultura e Pecuária (MAPA), pelo Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Queijos a definição de queijos é o produto fresco ou maturado que se obtém por separação parcial do soro do leite ou leite reconstituído (integral, parcial ou totalmente desnatado), ou de soros lácteos, coagulados pela ação física do coalho, de enzimas específicas, de bactérias específicas, de ácido orgânicos, isolados ou combinados, todos de qualidade apta para uso alimentar, com ou sem agregação de substâncias alimentícias e/ou especiarias e/ou condimentos, aditivos especificamente indicados, substâncias aromatizantes e matérias corantes.

Na fabricação de pão de queijo deve-se levar em conta a qualidade no que diz respeito ao tipo de queijo empregado, sendo assim, o queijo é um dos ingredientes que participam em grande proporção na elaboração do produto (Valle, 2000).

Segundo Pereira (1998) o queijo ideal para utilizar na fabricação de pão de queijo deve preencher os seguintes requisitos: sabor ligeiramente picante e ácido; isento de ranço e apresentar textura adequada para um bom ralamento.

Na fabricação do pão de queijo podem ser utilizados diversos tipos de queijo, sendo mais utilizados os tipos parmesão, mussarela, minas curado e minas padrão (Jesus, 1997). O queijo no pão de queijo contribui no aroma e sabor típicos do produto, além de, influenciar na textura do miolo e aparência final, pois, contribui na elasticidade, melhor aspecto da casca, maior maciez e uniformidade às células do miolo (Zelaya, 2000 e Jesus, 1997).

O queijo minas padrão é um queijo maturado de massa crua, sem corante e prensado, tendo em média 25 dias para que ocorra sua maturação completa, com o cuidado de virá-lo todos os dias, sua vida de prateleira é relativamente longa variando de 2 a 3 meses, com um controle rígido de temperatura (Abiq, 2015).

O queijo parmesão possui baixa umidade, de massa pré-cozida e prensada, o seu tempo de maturação é de, no mínimo, seis meses, podendo ultrapassar os dois anos, pode ser fabricado com leite de vaca cru ou pasteurizado. Esse queijo possui as seguintes características: consistência dura e textura compacta, granulosa, com crosta firme e lisa, cor ligeiramente amarelada e o sabor, levemente picante e salgado (Couto; Andrade, 2018).

Já o queijo mozzarella é produzido com leite pasteurizado, consistência firme e compacta, possui cor esbranquiçada e sabor levemente ácido (Silva, 2005).

O uso de queijo em pó na formulação sugere como opção na fabricação de pão de queijo, conferindo ao produto final maior controle de qualidade e padronização, no entanto, em alguns casos, principalmente de forma reduzir custos, é usado aroma natural de queijo ou a essência de queijo, porém, a qualidade destes produtos será inferior, pois, perdem a contribuição da proteína do queijo influi na capacidade de absorção de água da massa, com reflexos na textura, além de seu valor nutricional (Pirozi; Canavesi, 1998).

No que diz respeito a proporção de queijo na formulação na fabricação de pão de queijo de forma conferir boas características ao produto, em termos de aparência, cor, sabor e crocância a faixa ideal é de 20% a 30% em relação ao polvilho (JESUS, 1997). A adição de queijo superior a 30% em relação ao polvilho origina pães com miolos muito “pesados” e inferior a 20% apresentam características semelhantes às de biscoito de polvilho (Pereira, 1998).

Independentemente do tipo de queijo presente na formulação do pão de queijo, deve-se tomar algumas precauções na escolha, como a rejeição de queijos que apresentem parasitas, detritos, sujidades na massa e ou na casca, contaminação por microrganismos patogênicos e substâncias não permitidas ou nocivas à saúde (Pereira, 1998).

A presença do leite na fabricação de pão de queijo ajuda na estruturação do queijo e na texturização da massa (Zelaya, 2000). O leite pode ser substituído parcial ou total a água, sendo que a gordura presente no leite confere melhor aparência ao produto final e as proteínas contribuem para a maciez e umidade (Cocup, 1987, Silva, 2022).

Nas receitas clássicas, o leite é adicionado à mistura de escaldamento do polvilho, de forma alterar a consistência da massa e aumentar o valor nutricional do pão de queijo, além disso, melhora o sabor, a textura e aumenta a absorção de água, amaciando o miolo. O leite contribui na formação de uma crosta marrom dourada no produto (Silva, 2022).

Contudo, o leite utilizado na formulação deve ser de preferência pasteurizado, isento de sabores e odores estranhos e não deve apresentar sedimentos ou material em suspensão (Pereira, 1998).

De acordo com Minim *et al.* (2000) o leite proporciona massas mais finas e homogêneas, devido ao teor e composição em lipídeos, aumentando a uniformidade

da massa, e as proteínas do leite favorecem a reação de Maillard, realçando a cor do produto assado.

As massas de pão de queijo que não utilizam leite apresentaram os maiores valores de consistência e também as maiores alterações a cada ingrediente adicionado, sendo assim as propriedades das proteínas do leite, principalmente as relacionadas com hidratação e emulsificação, podem ser determinantes na obtenção de massas que absorvessem água mais rapidamente (Pereira *et al.*, 2004)

Ao dar-se preferência ao leite na mistura para o escaldamento da massa dos pães de queijo, obtém-se pães com melhor textura, maciez, coloração da casca e aumento do valor nutricional (Machado; Pereira, 2010a).

O ovo na formulação do pão de queijo contribui na sua propriedade de emulsificação, aeração e coagulação, fornecendo melhor estrutura, textura mais leve e aerada, maior volume, característica de liga, cor amarela natural, sabor e o fornecimento de proteínas, vitaminas (A, D) e minerais (Leme, 2000). Além disso, o ovo contribui para maior expansão depois de assado (Canavesi; Pirozi; Machado; Minim, 1997; Pereira, 1998).

Essa capacidade emulsificante é devido a presença de lecitina em sua composição. Nos alimentos à base de amido, a decorrência da emulsificação é analisada na redução da tendência a retrogradação, principalmente da amilose, que se mantém quimicamente livre da associação com outras moléculas de amilose e amilopectina (Minim *et al.*, 2000).

A ausência do ovo apresenta menor valor proteico quando comparado às formulações completas e formulações sem leite, além disso, originam pães de queijo mais duros. Os ovos utilizados na indústria de pão de queijo devem se apresentar sem alterações na gema e na clara, não devem apresentar podridão, presença de fungos, e não devem apresentar rompimento da casca e da membrana externa, propiciando o contato do material interno com a embalagem (Pereira 2001).

O sal na formulação do pão de queijo possui a função de retardar a gelatinização do amido, mantendo o grânulo intacto por mais tempo durante o processo de assamento e também aumenta a temperatura da mistura e influência no processo de escaldamento, além disso, o sal contribui no sabor (Dariva, 2017; Pereira 1998). O cloreto de sódio comum iodado é o mais utilizado na fabricação de pão de queijo em proporção de 1% a 2,5% em relação ao peso do polvilho (Jesus, 1997).

Os óleos e gorduras exercem uma grande importância na qualidade do pão de queijo, tanto no aumento do volume, como na modificação da textura do produto, deixando-o mais macio e aveludado e com uma estrutura mais homogênea (Santos, 2006). Deve-se levar em consideração a proporção e qualidade desses ingredientes, visto que, essas funções citadas anteriormente possuem efeito progressivo quando se adiciona até cerca de 25% a 30% de óleo em relação ao peso do polvilho (Gonçalves, 2000).

Quando se adiciona além dessa proporção torna a granulação mais grosseira, fazendo com que o produto apresente aspecto muito gorduroso, com intensa exsudação de gordura, além de acentuado sabor de “óleo” (Pereira, 1998).

A presença da gordura no pão de queijo torna o miolo e a casca do pão de queijo mais lustrosos, proporcionado melhor aparência do alimento, além de melhorar sua conservação, permanecendo macio por tempo mais prolongado (Gonçalves, 2000).

Na fabricação do pão de queijo, é utilizado óleo de soja comum, podendo também utilizar-se margarina, gordura desidrogenada e manteiga (Santos, 2006).

O uso de margarina na formulação, deve-se empregar uma proporção maior do produto que se utilizaria normalmente para óleos e gorduras, devido à presença de água na composição da mesma (Pereira, 1998).

Dentre das principais propriedades funcionais da gordura são elas: agente amaciante da massa; agente formador do creme tendo a capacidade de aprisionar células de ar; agente folheador, uma vez que funciona como agente intermediário e separador das camadas de massa já formadas; agente emulsificante, determinando a quantidade de líquidos que pode ser incorporada à massa (Machado, 2003).

Contudo, os óleos e gorduras a serem utilizados na fabricação do pão de queijo deverão apresentar as seguintes características: sabor, cheiro e cor. Deverão ainda ser isentos de ranço e de outras características indesejáveis, como turbidez e substâncias em suspensão ou precipitadas (Pereira, 1998).

O processo de produção de polvilho doce, independentemente da técnica empregada, consiste na lavagem e descascamento da mandioca, desintegração para liberação dos grânulos de amido, purificação para a separação das fibras e do material solúvel e decantação e por fim, o polvilho é seco ao sol por um dia ou dois dias no máximo (Vilela; Ferreira, 1987; Lessa, 2019).

O processo de polvilho azedo segue da mesma forma do doce, no entanto, sofre fermentação depois da etapa de decantação do amido e antes da secagem, o qual é realizado pelo método solar (Embrapa, 2011).

A escolha do polvilho na fabricação de pão de queijo deve ser levada em consideração alguns critérios: ter baixa umidade, apresentar forma de pós fino e homogêneo (Pereira, 1998).

Quanto à tecnologia de fabricação de pão de queijo com polvilho doce, não existe diferença com a do polvilho azedo, no entanto, no que se refere à qualidade do produto final, o pão de queijo produzido com o polvilho azedo apresenta maior volume, textura mais porosa com maior número de células de ar, miolo esponjoso, mais leve e elástico, casca lisa e uniforme. Já com a utilização do polvilho doce confere ao pão de queijo um volume ligeiramente menor que obtido com o polvilho azedo, miolo menos esponjoso e textura menos porosa (Pereira, 1998; Lessa, 2019).

Segundo Machado (2003), os pães de queijo de polvilho azedo que são submetidos ao escaldamento, apresentam melhores resultados de volume, textura, índices de expansão e menor densidade.

O amido é a principal substância de reserva nas plantas, e também é a principal fonte de carboidratos na dieta humana fornecendo de 70 a 80% de calorias. Na indústria alimentícia o amido atua como espessante, estabilizante, ligante ou material para recheio; na indústria têxtil, como material para engomagem, estamparia, acabamento e lavanderia; na indústria de papel, para dar corpo e acabamento; na de produtos farmacêuticos, como diluente; na floculação de minerais e "lama" de perfuração de poços de petróleo; como ingredientes em adesivos e abrasivos e outros (Sarmento, 1989).

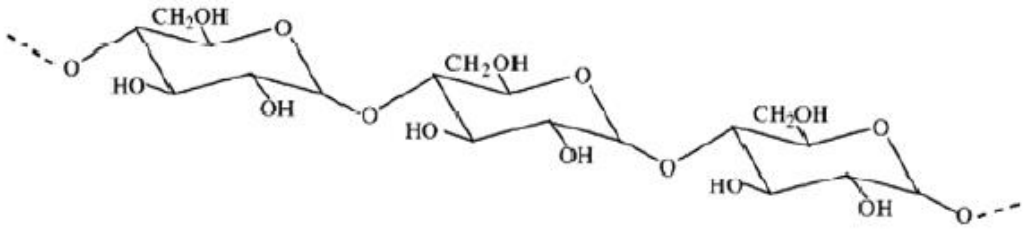
Segundo a Resolução nº 263, de 22 de setembro de 2005 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária sobre regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos, a definição de amidos são os produtos amiláceos extraídos de partes comestíveis de cereais, tubérculos, raízes ou rizomas (Brasil, 2005).

O amido é um polissacarídeo que consiste de α-D-glicose, cujas ligações glicosídicas são identificadas por átomos de carbono numerados de 1 a 6. Essas numerações facilitam a compreensão das propriedades e reatividade dos grupos funcionais da molécula de glicose anidra no amido (Buléon *et al.*, 1998).

O formato dos grânulos de amido apresenta diferentes formas e tamanhos, essa diferença é devido a fonte botânica, sendo compostos basicamente por duas macromoléculas, amilose e amilopectina (Buléon *et al.*, 1998).

A amilose é um polímero linear formados por unidade de D-glicose, as quais são unidas entre si por ligações glicosídicas α (1→4), a conformação dessa macromolécula é helicoidal (Defloor; Dehing; Delcour, 1998). A Figura 4 mostra a estrutura química da amilose.

Figura 4 - Estrutura química da amilose

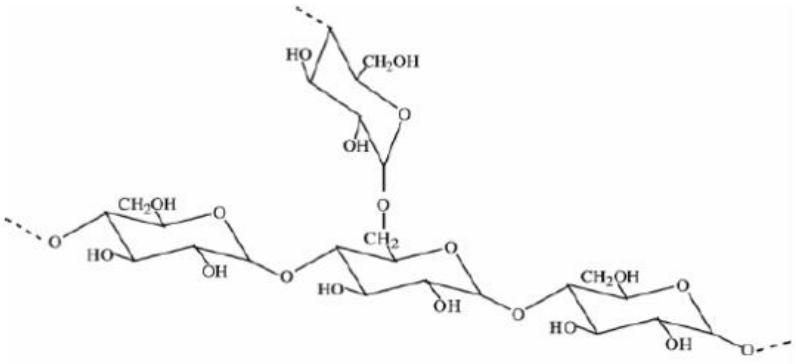


Fonte: Muralikrishna E Nirmala (2005).

A amilopectina é uma molécula grande e bastante ramificada, possui uma das maiores massas moleculares conhecidas entre os polímeros naturais. É constituída por várias cadeias de 20 a 25 unidades de α-D-glicose ligadas em α (1→4) e essas cadeias, por sua vez, estão unidas entre si por ligações α (1→6) e as ligações ramificadas da amilopectina formam duplas hélices que são arranjadas nos domínios cristalinos do amido (Sarko; Wu, 1978; Franco *et al.*, 2001). A Figura 5 mostra a estrutura química da amilopectina.

Os grânulos de amido são insolúveis em água fria, mas quando aquecidos, ocorre um inchamento irreversível dos grânulos, produzindo uma pasta viscosa (Bemiller, 2019), esse processo é chamado de gelificação do amido (Morikawa; Nishinari, 2000). Esse processo é sob uma temperatura determinada e ocorre o colapso, ruptura, da ordem molecular dentro do grânulo de amido, ocasionando mudanças irreversíveis nas propriedades, tais como: aumento de tamanho granular, fusão de cristais, perda da birrefringência e solubilização do amido. Essa temperatura de gelificação vai ser determinada de acordo com a origem do amido (Thomas; Atwell, 1999).

Figura 5 - Estrutura química da amilopectina



Fonte: Muralikrishna E Nirmala (2005).

Outro processo que ocorre com o amido é a retrogradação. A retrogradação ocorre quando, após uma solubilização durante o processo de gelatinização, as cadeias de amilose, mais rapidamente que as de amilopectina, agregam-se formando duplas hélices cristalinas estabilizadas por pontes de hidrogênio (Lobo; Silva, 2003). Essas mudanças que decorre nos grânulos de amido são os principais determinantes do comportamento de pasta desses amidos, as quais têm sido medidas principalmente pelas mudanças de viscosidade durante o aquecimento e resfriamento de dispersões de amido usando equipamentos como viscoamilógrafo Brabender e mais recentemente, o rápido viscoanalizador (Thomas; Atwell, 1999).

2.3 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA E INDICADORES DE CONTAMINAÇÃO NA GARANTIA DA SEGURANÇA ALIMENTAR

A análise microbiológica é uma etapa crucial na garantia da segurança e qualidade dos alimentos, especialmente quando se trata de microrganismos como *Salmonella*, *Staphylococcus aureus*, número mais provável (NMP) de coliformes totais (CTo) *E. coli e Bacillus cereus* presuntivo. A presença desses patógenos em alimentos pode representar riscos significativos à saúde pública, incluindo surtos de doenças transmitidas por alimentos (DTAs) (Forsythe, 2010).

A Instrução Normativa (IN) nº 161, de 1º de julho de 2022, emitida pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), estabelece critérios microbiológicos rigorosos para alimentos prontos para o consumo, incluindo limites específicos para micro-organismos patogênicos e indicadores de contaminação. Segundo a IN nº 161, pães de queijo devem estar isentos de *Salmonella spp*. em 25 g de amostra, e

apresentar contagens máximas para *Bacillus cereus* presuntivo de 10^2 UFC g^{-1}, Escherichia coli de 10^2 UFC g^{-1} e *Staphylococcus aureus* coagulase positiva de 10^2 UFC g^{-1}.

Segundo Forsythe (2010), a *Salmonella* é uma das principais causas de infecções alimentares em todo o mundo, podendo causar sintomas graves, como gastroenterite, febre e até mesmo septicemia. Portanto, a detecção e controle desse patógeno antes de análises sensoriais são essenciais para evitar contaminações e garantir a segurança do consumidor.

Staphylococcus aureus é outro microrganismo de grande preocupação na indústria alimentícia, pois, pode produzir enterotoxinas termoestáveis que causam intoxicação alimentar (Jay; Loessner; Golden, 2005). De acordo com um estudo publicado por Kadariya, Smith, Thapaliya (2014), as toxinas estafilocócicas são resistentes ao calor e não são destruídas durante o processamento térmico dos alimentos, o que torna a detecção precoce desse patógeno fundamental.

Indicadores de contaminação como coliformes totais (CT) e termotolerantes, incluindo *Escherichia coli*, são fundamentais para avaliar as condições higiênico-sanitárias dos alimentos (Forsythe, 2010). A quantificação do Número Mais Provável (NMP) desses microrganismos fornece evidências da eficiência dos processos de higienização, manipulação e conservação dos produtos alimentícios, além disso, a presença de *E. coli* é especialmente preocupante por indicar contaminação fecal recente, podendo estar associada a patótipos enteropatogênicos com alta virulência (Silva *et al.*, 2018). Esses parâmetros são amplamente utilizados como ferramentas de verificação dentro dos sistemas de Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) (Unipar, 2022).

Outro microrganismo relevante nesse contexto é o *Bacillus cereus*, cuja capacidade de formar esporos resistentes ao calor o torna um risco mesmo após o cozimento dos alimentos (Jay; Loessner; Golden, 2005). Além disso, *B. cereus* pode produzir toxinas em alimentos mal refrigerados, causando diarreia ou vômitos intensos a sua detecção prévia é necessária para evitar que alimentos contaminados sejam submetidos à degustação ou análise sensorial (Laboratório de análises Ibn, 2019).

Além disso, a análise microbiológica prévia à avaliação sensorial é essencial para evitar falsos resultados nas análises organolépticas, no estudo de Silva *et al.* (2018) demonstrou que a presença de microrganismos patogênicos pode alterar as

características sensoriais dos alimentos, como odor, sabor e textura, levando a conclusões equivocadas sobre sua qualidade.

2.4 ANÁLISE SENSORIAL

A análise sensorial é uma área científica que busca evocar, medir, analisar e interpretar as reações às características de alimentos e materiais, conforme são percebidas pelos sentidos da visão, olfato, paladar, tato e audição (Brasil, 2008).

Atualmente, a análise sensorial é reconhecida como uma ferramenta essencial de feedback para a indústria alimentícia, permitindo o acesso a informações valiosas, como as características e a aceitação de um produto no mercado. Com o tempo, os testes sensoriais deixaram de ser uma exceção e passaram a ser uma prática comum, uma vez que o setor alimentício sempre priorizou a qualidade sensorial de seus produtos. No entanto, o que antes era frequentemente determinado pelo proprietário ou responsável pela indústria (a qualidade sensorial do produto), hoje é avaliado por um painel de provadores especializados (Behrens, 2010).

Na análise sensorial, existem diversos tipos de testes, entre os quais se destacam: os testes discriminativos (como o triangular, duo-trio, ordenação, comparação pareada e comparação múltipla), os testes descritivos (como perfil de sabor, perfil de textura e análise descritiva quantitativa) e os testes afetivos (que incluem avaliação de preferência, aceitação por escala hedônica, aceitação por escala ideal e intenção de compra) (Brasil, 2008).

A análise sensorial permite a coleta de dados relacionados a um ou mais atributos específicos de produtos alimentícios. No entanto, a interpretação desses dados é realizada por meio de métodos estatísticos. Dentre os testes mencionados, apenas a comparação múltipla, a aceitação por escala hedônica, o perfil de textura e a análise descritiva quantitativa utilizam a análise de variância (ANOVA) com base na estatística experimental. Já o teste de ordenação é avaliado pelo teste de Friedman, enquanto os demais testes empregam métodos de estatística básica para análise (Behrens, 2010).

Os testes afetivos são utilizados para avaliar a preferência e/ou a aceitação de produtos. Normalmente, um número elevado de julgadores é necessário para essas análises. Esses julgadores não são treinados, mas são selecionados para representar um público-alvo específico (Institute of food technologists, 1981). Esses testes são

uma ferramenta importante, pois, permitem captar diretamente a opinião de consumidores já consolidados ou em potencial sobre um produto, avaliando características específicas ou conceitos relacionados a ele. Por esse motivo, também são conhecidos como testes de consumidor (Ferreira *et al.*, 2000).

Os testes afetivos consistem na expressão subjetiva do julgador em relação ao produto avaliado, indicando se ele agrada ou desagrada, se é aceito ou rejeitado, ou se é preferido em comparação a outro. Por se tratar de uma manifestação pessoal, esses testes tendem a apresentar maior variabilidade nos resultados, o que torna sua interpretação mais complexa. Eles são realizados com o objetivo de avaliar a preferência e o nível de satisfação em relação a um novo produto (testes de preferência) e/ou a probabilidade de o consumidor adquirir o produto testado (testes de aceitação) (Teixeira; Meinert; Barbetta, 1987; Moraes, 1988; Pedrero; Pangborn, 1989; Anzaldáua-Morales, 1994).

Para a aplicação desses testes, é necessário contar com uma equipe numerosa. O número mínimo geralmente utilizado para avaliar um produto em laboratório por meio de testes afetivos é de 30 julgadores. No entanto, quando o objetivo é detectar pequenas diferenças, recomenda-se formar um painel de análise com 50 a 100 pessoas. Quando o teste envolve 1000 participantes, ele passa a ser considerado uma avaliação em larga escala e é chamado de teste do consumidor. Os julgadores selecionados para essas avaliações devem ser consumidores habituais ou potenciais do produto em questão (Teixeira; Meinert; Barbetta, 1987; Moraes, 1988; Pedrero; Pangborn, 1989; Anzaldáua-Morales, 1994).

No teste da escala hedônica, o indivíduo expressa o grau de apreciação ou desagrado em relação a um produto, seja de forma geral ou em relação a um atributo específico. As escalas mais comumente utilizadas são as de 7 e 9 pontos, que variam entre termos como “gostei muitíssimo” e “desgostei muitíssimo”, com um ponto intermediário representado por “nem gostei, nem desgostei”. É essencial que as escalas tenham um número equilibrado de categorias para gosto e desgosto. As amostras, codificadas com números de três dígitos e apresentadas de forma aleatória, são avaliadas pelo julgador, que indica o quanto gosta ou desgosta de cada uma delas com base na escala predefinida (Anexo A). A preferência é obtida por inferência. Os dados coletados podem ser analisados estatisticamente por meio da análise de variância (ANOVA) e da comparação das médias de pares de amostras utilizando o teste de Tukey. Caso a escala hedônica seja comparada a um padrão de referência,

o teste de Dunnett é aplicado. Recomenda-se que o número de julgadores varie entre 50 e 100. O delineamento experimental deve ser escolhido previamente, podendo ser de blocos completos balanceados, casualizados ou blocos incompletos casualizados, dependendo da situação (Brasil, 2008).

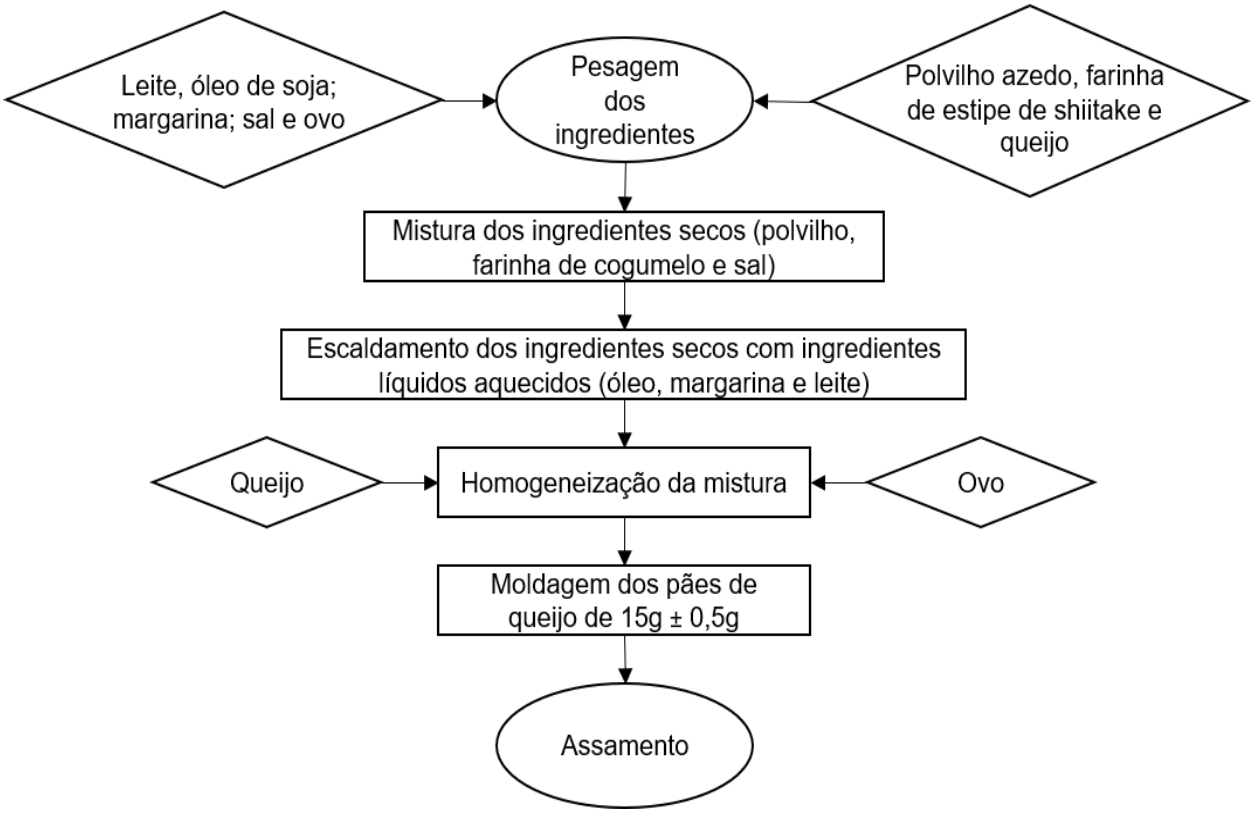
3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 MATERIAL

3.1.1 PROCESSAMENTO DO PÃO DE QUEIJO

Os pães de queijo foram confeccionados seguindo o fluxograma do processamento de pão de queijo com adição de diferentes concentrações de farinhas de estipe de cogumelo shiitake como mostrado na Figura 6. A farinha de estipe de cogumelo shiitake foi obtida de acordo com a metodologia descrita por Nunes (2022), incluindo as etapas de sanitização, branqueamento e secagem. A secagem foi realizada em estufa com renovação de ar a 70 °C por 12 h, até a obtenção de peso constante. Todo o material desidratado foi acondicionado em embalagens plásticas de polipropileno, armazenadas em local seco, arejado e ao abrigo da luz. A moagem foi realizada em moinho de facas da marca Tecnal modelo TE- 650/1 e, posteriormente, os subprodutos foram peneirados (35 mesh).

Figura 6 - Fluxograma do processamento de pão de queijo com adição de diferentes concentrações de farinhas de estipe de cogumelo shiitake



Fonte: Elaborado pelo autor (ABNT – NBR 12607), 2025.

3.2 MÉTODOS

Para o desenvolvimento do pão de queijo com adição de diferentes concentrações de farinhas de estipe de cogumelo shiitake, foi utilizado as formulações descritas na Tabela 4. Os tratamentos consistiram em T1 (controle, sem adição de farinha de estipe) e T2, T3 e T4, correspondentes à substituição parcial do polvilho por farinha de estipe de cogumelo shiitake, nos níveis de 5%, 15% e 30%, respectivamente. Os níveis de substituição (5%, 15% e 30%) foram definidos com base em ensaios preliminares realizados para a seleção das formulações utilizadas no estudo. O trabalho foi aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Faculdade de Medicina de Botucatu (Anexo B).

Tabela 4 - Formulação de pão de queijo com as diferentes concentrações de farinha de estipe de cogumelo shiitake

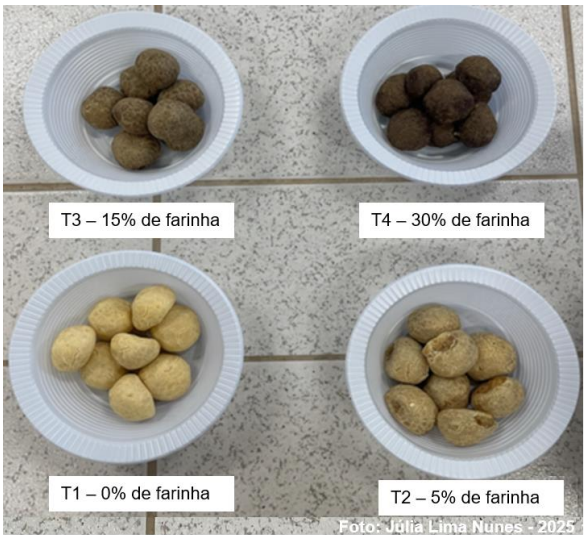
Ingredientes (g)	T1	T2	T3	T4	Peso dos ingredientes individuais (g)
Polvilho azedo	41,00	38,95	34,85	28,70	143,5
Farinha de estipe de shiitake	0,00	2,05	6,15	12,30	20,5
Leite	21,00	21,00	21,00	21,00	84
Óleo de soja	12,30	12,30	12,30	12,30	49,2
Margarina	2,00	2,00	2,00	2,00	8
Sal refinado iodado	0,62	0,62	0,62	0,62	2,48
Ovos	15,00	15,00	15,00	15,00	60
Queijo meia cura	12,30	12,30	12,30	12,30	49,2
Total	104,22	104,22	104,22	104,22	-

Fonte: Elaborado pelo autor (2025). Nota: T1 (formulação de pão de queijo sem farinha de estipe); T2 (formulação de pão de queijo com 5% de farinha de estipe); T3 (formulação de pão de queijo com 15% de farinha de estipe); T4 (formulação de pão de queijo com 30% de farinha de estipe).

No preparo das formulações dos pães de queijo foram realizadas as seguintes etapas: pesagem dos ingredientes, homogeneização dos ingredientes secos (polvilho azedo, farinha de estipe de cogumelo shiitake e sal); escaldamento dos ingredientes secos com os líquidos (leite, óleo de soja e margarina) aquecidos, homogeneização da mistura manualmente; adição dos ingredientes restantes (ovo e queijo) e por fim, a realização da homogeneização novamente. Cada formulação resultou em seis pães de queijo, com peso médio de 15 g±0,5 g e congelados em embalagens plásticas

(Polipropileno - PP). As embalagens plásticas possuem alta flexibilidade, são excelentes barreiras contra umidade e oferecem barreira de gases, como oxigênio (O_2) e dióxido de carbono (CO_2) (Coutinho, 2003; Robertson, 2013). O congelamento foi realizado em freezer, sob a temperatura de −18ºC. A etapa do forneamento foi em forno elétrico da marca Black e Decker, modelo FT90 por 25 minutos a 180ºC. A Figura 7 mostra os pães de queijo com diferentes concentrações de farinha de estipe de cogumelo shiitake.

Figura 7 - Pães de queijo com diferentes concentrações de farinha de estipe de cogumelo shiitake



3.2.1 ANÁLISES FÍSICAS NO PÃO DE QUEIJO

Foram realizadas medições do diâmetro, altura e peso dos pães de queijo antes e após o processo de assamento. Adicionalmente, nos pães de queijo assados, foram determinados parâmetros como volume específico, densidade aparente, índice de expansão, firmeza, coeficiente de expansão e análise da estrutura do miolo.

3.2.1.1 DETERMINAÇÃO DE COR INSTRUMENTAL

A determinação da cor instrumental do pão de queijo com farinha de estipe de cogumelo foi utilizada o aparelho colorímetro portátil (Minolta Chroma Meter, Modelo CR-400), realizando-se a leitura dos parâmetros L* (luminosidade), variando de 0 (preto) a 100 (branco), a* (intensidade de vermelho/verde), b* (intensidade de

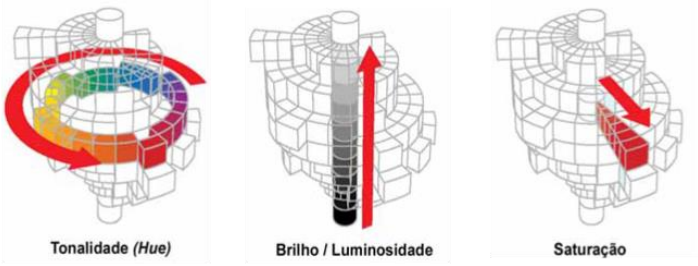
amarelo/azul) do sistema CIELab, com fonte iluminante D65, calibrado em porcelana branca padrão com Y=93,7, x=0,3160 e y=0,3323 (Minolta,1998). A determinação de cor foi realizada em triplicata.

O ângulo Hue (ângulo de tonalidade) é o valor em graus correspondente ao diagrama tridimensional de cores, iniciando no eixo +a, sendo que 0º (+a) corresponde a vermelho, (+b) 90º corresponde a amarelo, 180º (-a) corresponde a verde e 270º (-b) corresponde a azul. O Croma é representado pelo C* o qual define a intensidade da cor, o valor de croma é 0 no centro e aumenta conforme a distância deste (Minolta,1998). Os valores numéricos de a* e b* foram convertidos em ângulo Hue e em Croma (que são as variáveis que melhor representam a cor do pão de queijo com a farinha do estipe de cogumelo shiitake), conforme as Equações 1 e 2. A Figura 8 mostra um diagrama de cromaticidade, a Figura 9A mostra um diagrama do espaço de cor CIELAB e a Figura 9B mostra o modelo tridimensional de cromaticidade.

$$Hue_{ab} = tan^{-1}\left(\frac{b}{a}\right) \quad (1)$$

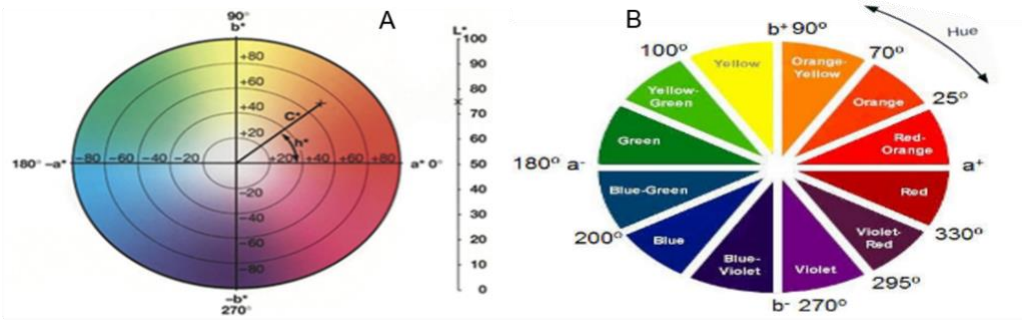
$$C^* = \sqrt{((a^*)^2 + (b^*)^2)} \quad (2)$$

Figura 8 - Diagrama de cromaticidade



Fonte: Leão; Araújo; Souza (2005).

Figura 9 - Diagrama do espaço de cor L*C*hº CIELAB (A) e Círculo cromático (B)



Fonte: Adaptado por Ferreira e Spricigo (2017).

Fonte: Nogueira *et al.* (2016).

3.2.1.2 DETERMINAÇÃO DA DENSIDADE APARENTE

A densidade aparente da massa de pão de queijo foi determinada através da razão entre a massa (g) e o volume aparente (cm^3), com auxílio de uma proveta de 1000 mL, pelo método de deslocamento de sementes de painço (Griswold, 1972). A densidade aparente foi calculada utilizando-se a Equação 3.

$$DA = \frac{m}{V} \quad (3)$$

Onde:
DA = densidade aparente g cm^{-3};
m = massa do pão de queijo (g);
V = volume da massa do pão de queijo (cm^3).

3.2.1.3 DETERMINAÇÃO DO VOLUME ESPECÍFICO

As massas dos pães foram determinadas em balança semi-analítica e expressa em gramas. O volume específico é dependente da expansão, é a razão do volume do pão de queijo pelo seu peso, expresso em $cm^3\ g^{-1}$ (Silva, 2022). O volume deslocado dos pães foi medido através do deslocamento das sementes de painço expressando o resultado cm^3. O volume específico foi calculado pela divisão do volume deslocado do pão (cm^3) pela sua massa (g), segundo método proposto por Griswold (1972). O cálculo do volume específico foi utilizado a Equação 4.

$$VE = \frac{V}{m} \quad (4)$$

Onde:
VE = volume específico ($cm^3\ g^{-1}$);
V = volume do pão de queijo, (cm^3);
m = massa do pão de queijo (g).

3.2.1.4 DETERMINAÇÃO DA EXPANSÃO

A expansão dos pães de queijo foi determinada por meio da razão entre os valores de diâmetro e espessura, obtidos mediante mensuração com paquímetro manual universal de aço inoxidável (marca Norfol, fabricado no Brasil), com resolução de 0,05 mm, após o processo de forneamento (Pizzinatto *et al.*, 1993). Para tal, empregou-se a Equação 5, conforme metodologia descrita na literatura referenciada.

$$E = \frac{d}{e} \quad (5)$$

Onde:
E = expansão (mm);
d = diâmetro do pão de queijo (mm);
e = espessura do pão de queijo (mm).

3.2.1.5 DETERMINAÇÃO DO ÍNDICE DE EXPANSÃO

Para a determinação do índice de expansão (IE)) foi calculado pela razão entre o somatório das medidas com auxílio de um paquímetro, dos diâmetros e alturas dos pães de queijo depois de assar dividido por 2 e as medidas dos diâmetros e alturas dos pães de queijo antes de assar dividido por 2, conforme a Equação 6 (Pereira, 2001).

$$Índice\ de\ expansão = \left(\frac{\frac{diâmetro\ do\ pão\ de\ queijo\ +\ altura\ do\ pão\ de\ queijo}{2}}{\frac{diâmetro+altura\ da\ massa\ crua}{2}}\right) \quad (6)$$

3.2.1.6 DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE EXPANSÃO

Conforme metodologia citada por Clareto (2000), o coeficiente de expansão foi determinado com auxílio da Equação 7, correspondendo à variação percentual do volume da massa após o forneamento.

$$Coeficiente\ de\ expansão = \frac{(volume\ do\ pão\ de\ queijo - volume\ da\ massa\ crua)}{(Volume\ da\ massa\ crua\ x\ 100)} \quad (7)$$

3.2.1.7 DETERMINAÇÃO DA FIRMEZA

A análise instrumental da firmeza da massa e dos pães de queijo assados foi realizada conforme descrito por Pereira (2001), utilizando-se um analisador de textura da marca Mechtric Stevens. Os ensaios foram conduzidos com velocidade de teste de 2,0 mm s^{-1}, velocidade de pré-teste de 2,0 mm s^{-1}, velocidade de pós-teste de 10,0 mm s^{-1}, distância de compressão de 10,0 mm e probe cilíndrica de alumínio com extremidade plana e diâmetro de 45 mm. Os resultados foram expressos em força (N), utilizada como indicador da firmeza das amostras. A firmeza dos pães de queijo foi avaliada sob diferentes condições de armazenamento pós-forneamento, considerando-se amostras acondicionadas em sacos plásticos transparentes de polipropileno e amostras não acondicionadas. Para o monitoramento da temperatura e da umidade relativa, utilizou-se um termo-higrômetro digital tanto no ambiente quanto no interior das embalagens contendo as amostras. As avaliações foram realizadas entre 30 e 240 minutos após o término do forneamento. Adicionalmente, a firmeza foi determinada em duas regiões de cada unidade amostral: a superfície superior (topo/casca) e a base (costas), correspondente à região em contato direto com a assadeira. Todos os ensaios foram realizados em triplicata.

3.2.1.8 DETERMINAÇÃO DA ACIDEZ TITULÁVEL

A acidez titulável foi determinada conforme descrito por Plata-Oviedo (1998), por meio da dispersão de 10 g de amostra em 100 mL de água destilada sob agitação magnética por 10 min. Em seguida, a suspensão foi titulada com NaOH 0,1 N até pH 8,3. A acidez titulável foi expressa em miliequivalentes de NaOH por 100 g de amostra, conforme Equação 8.

$$Acidez\ titulável = \frac{VxNx100}{m} \quad (8)$$

Onde:
V = volume de solução de hidróxido de sódio (NaOH) gasto na titulação (mL);
N = normalidade da solução de NaOH;
m = massa da amostra (g).

3.2.1.9 DETERMINAÇÃO DA ESTRUTURA DO MIOLO

A estrutura do pão de queijo foi determinada através do corte longitudinalmente, e observou – se visualmente a estrutura do miolo, com ênfase nas características dos alvéolos apresentados (Nagata, 2011).

3.2.2 CÁLCULO DA COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL

A composição nutricional dos pães de queijo com diferentes concentrações de farinha de estipe de cogumelo shiitake foi calculada com base na composição centesimal da farinha de estipe de shiitake (Tabela 3), incorporada proporcionalmente em cada formulação, e complementada pelos dados de composição dos demais ingredientes obtidos na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO (UNICAMP, 2011). O valor energético total foi calculado utilizando os fatores de Atwater (ATWATER; BRYANT, 1900). O percentual de Valores Diários (%VD) foi determinado de acordo com as recomendações da Instrução Normativa nº 75/2020 (ANVISA, 2020), considerando uma dieta de referência de 2.000 kcal dia^{-1}.

A classificação das alegações nutricionais foi realizada conforme os critérios estabelecidos pela RDC nº 429/2020 e pela IN nº 75/2020 (ANVISA, 2020), adotando-se a porção de referência de 50 g para pão de queijo, conforme o Anexo V da referida Instrução Normativa. As alegações de conteúdo absoluto (“fonte de” e “rico em”) e as alegações comparativas (“baixo teor”, “não contém” e “reduzido”) foram atribuídas de acordo com os limites estabelecidos no Anexo XX da IN nº 75/2020. Para as alegações comparativas, a formulação controle (sem farinha de estipe) foi utilizada como referência.

3.2.3 BIOATIVOS NO PÃO DE QUEIJO

3.2.3.1 DETERMINAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS TOTAIS

Para a determinação dos compostos fenólicos totais foi através do método espectrofotométrico de Folin – Ciocalteau descrito por Singleton, Orthofer e Lamuela-Raventós (1999), é utilizando ácido gálico como padrão. O reagente de Folin – Ciocalteau é uma solução complexa de íons polimétricos formados a partir de

heterepoliácido fosfomolibdicos e fostotungsticos. Esse reagente oxida os fenolatos, reduzindo os ácidos a um complexo azul Mo-W.

A partir dos extratos obtidos pipetou-se uma alíquota de 0,5 mL da amostra em tubo de ensaio, adicionar 2,5 mL de reagente Folin – Ciocalteau, diluído em água 1:10. A mistura permanecerá em repouso por 5 minutos. Em seguida será adicionado 2 mL de carbonato de sódio a 4% e os tubos deixados em repouso por 2 horas, ao abrigo da luz (Singleton; Orthofer; Lamuela-Raventós,1999).

A absorbância foi medida em espectrofotômetro após pré-testes em 765ηm. Uma amostra em branco foi conduzida nas mesmas condições e os resultados dos compostos fenólicos totais foram expressos em miligramas de equivalentes de ácido gálico por 100 g de amostra (mg EAG 100 g^{-1} de amostra) (Singleton; Orthofer; Lamuela-Raventós, 1999).

3.2.3.2 DETERMINAÇÃO DE ATIVIDADE ANTIOXIDANTE TOTAL

A avaliação da atividade antioxidante por meio da capacidade sequestrante de radicais 2,2-difenil-1 picrilhidrazil (DPPH) foi realizada de acordo com Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995) com algumas modificações. Para tanto, pesou-se 0,03943 g do DPPH em um becker envolto de papel alumínio e dissolveu-se em 10 mL de etanol absoluto. A partir dessa solução, fez-se uma diluição 1:100 com etanol 80%, até que a absorbância ficasse entre 0,5 e 0,6, em um comprimento de onda de 517 nm. Essa leitura foi realizada após a calibração do espectrofotômetro (marca Bel Engineering, modelo SP 1105) com etanol 80%.

O teste DPPH foi realizado utilizando-se tubos de ensaio, onde transferiu-se 0,1 mL de amostra, seguido de 2,9 mL da solução de DPPH. Os tubos foram agitados em Vórtex e então, mantidos em ambiente escuro até a leitura que foi realizada após 30 minutos. Os resultados foram expressos como EC50, em DPPH mol^{-1}, representando a quantidade de amostra necessária para reduzir em 50% a concentração inicial do radical DPPH (Brand-Williams; Cuvelier; Berset, 1995).

3.2.4 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

As análises de microbiologia realizadas nas amostras de pão de queijo foram realizadas com o apoio do Departamento de Genética, Microbiologia e Imunologia localizado na Unesp - Instituto de Biociências - Câmpus de Botucatu. Essas análises microbiológicas foram feitas em conformidade com os critérios microbiológicos estabelecidos na Instrução Normativa - IN nº 161, de 1º de julho de 2022.

3.2.4.1 PREPARO DAS AMOSTRAS E SUAS DILUIÇÕES (APHA, 2015)

Para a análise, foram produzidos três pães de queijo de aproximadamente 25 gramas cada, por tratamento, utilizados como repetições. Cada unidade foi pesada individualmente e homogeneizada em 225 mL de água tamponada esterilizada, em sacos plásticos apropriados, que foram levados ao Stomacher Lab Blender 400 por trinta segundos. A partir desta diluição inicial de 10^{-1}, foram preparadas várias diluições decimais, utilizando-se o mesmo diluente.

3.2.4.2 DETECÇÃO DA PRESENÇA DE *Salmonella*

Para a detecção da presença de *Salmonella* foi utilizada a metodologia da Salfinger e Tortorello (2015). Para tanto, 25g da amostra foram obtidas de maneira asséptica e colocadas em saco de polietileno estéril contendo 225mL de água peptonada tamponada. Em seguida, a mesma foi colocada em Stomacher por 30 segundos para completa homogeneização da amostra. O volume obtido foi transferido a um Erlenmeyer e incubado a 35ºC/24 horas. Após este período, 1mL foi semeado em 10mL de caldo Tetrationato (TT) ao qual se adicionou um volume de 0,1mL de iodeto de potássio imediatamente antes do uso, seguindo-se de incubação a 35ºC/24 horas. Outra alíquota de 0,1mL da amostra foi transferida para 10mL de caldo Rapapport-Vassiliadis (RV) e, a seguir, incubada a 43ºC/24 horas. Após este período, uma alçada de cada tubo foi semeada em placas contendo ágar Xilose-Lisina-Desoxicolato (XLD) e de ágar *Salmonella-Shigella* (SS). Após o período de incubação a 35ºC por 24 horas, as colônias características de *Salmonella* foram repicadas para tubos inclinados de ágar Tripticase Soja (TSA). A partir destes, foram realizados testes bioquímicos de triagem em tubos inclinados de ágar Tríplice Açúcar Ferro (TSI) e ágar

Fenil (Ágar Fenilalanina) (Apêndice C) (Cox; Frye; Mcmahon, 2015). As colônias que apresentaram reações típicas foram submetidas à identificação pelo sistema API-20E (Biomérieux) (Apêndice C). As cepas que apresentaram confirmação positiva no API foram testadas frente aos soros polivalentes somático e flagelar.

3.2.4.3 IDENTIFICAÇÃO DE *Staphylococcus aureus*

Para a identificação e enumeração do S. aureus foi utilizada a metodologia de Bennett, Hait e Tallent (2015a), onde placas de Petri contendo ágar Baird-Parker (BP) suplementado com telurito de potássio e solução de gema de ovo receberam as amostras adequadamente homogeneizadas e diluídas. A partir de cada diluição, um volume de 0,1 mL foi colocado sobre o ágar e espalhado com auxílio de uma alça em L. Em seguida, as placas foram incubadas a 35ºC por 48 horas. Após a incubação, foi realizada a contagem das colônias características, que apresentaram cor negra e halo (Apêndice C). Destas, até três colônias foram repicadas para tubos inclinados com ágar tripticase soja (TSA), e incubadas por 24 horas a 35ºC.

No teste da produção de catalase, uma porção do crescimento foi transferida para uma lâmina de vidro, com a adição de uma gota de água oxigenada 30%. Como controle positivo, foi utilizada uma cepa de S. aureus e como controle negativo, uma de Streptococcus sp. O teste positivo foi revelado pela liberação de bolhas. A seguir, foi realizado o teste da coagulase em tubo, onde 0,5mL de plasma de coelho foi acrescido de um volume igual de uma cultura da cepa teste em caldo de infusão de cérebro e coração (BHI) crescida por 24 horas a 35ºC. Os tubos foram incubados a 35ºC por até 24 horas. O teste foi considerado positivo quando ocorrer a coagulação da mistura.

As cepas identificadas como estafilococos coagulase positiva foram submetidas ao kit “Staphytect Test Dry Spot” (Oxoid), onde partículas azuis de látex foram recobertas com fibrinogênio humano e imunoglobulinas tipo G contra a proteína A de S. aureus, o fator clumping e a cápsula de S. aureus meticilina-resistente. O kit é acompanhado por um controle negativo, com glóbulos vermelhos não sensibilizados. A cepa a ser testada foi cultivada em TSA inclinado. Após incubação por 24 horas, a 35ºC, uma alçada do crescimento foi colocada sobre uma gota de água tamponada esterilizada, previamente depositada em um papelão de fundo branco, que acompanha o kit. Com o auxílio da alça de níquel-cromo, foi realizada a

homogeneização. As cepas positivas formaram grânulos devido à aglutinação, em até 6 segundos. Deve ser lembrado que procedimento igual foi repetido, usando-se o reagente não sensibilizado, que nunca aglutina, como controle negativo.

3.2.4.4 DETERMINAÇÃO DO NÚMERO MAIS PROVÁVEL (NMP) DE COLIFORMES TOTAIS (CTo) E TERMOTOLERANTES (CTe)

Esta determinação foi realizada empregando-se a técnica dos tubos múltiplos (Kornacki; Gurtler; Stawick, 2015). Assim, na prova presuntiva, foram inoculadas diluições adequadas da amostra homogeneizada em volumes de 1mL, em uma série de três tubos por diluição, contendo 10mL de caldo Lauril Sulfato (LST) e um tubo de Durham invertido. Os tubos foram incubados a 35ºC por 24-48 horas. Após este período, foi procedida a prova de confirmação para CTo por meio da transferência de três alçadas de cada tubo positivo (com crescimento e produção de gás) para tubos contendo 10 mL de caldo lactosado bile verde brilhante (CLVB), incubado 35ºC por 24-48 horas. Para a pesquisa de E. coli, três alçadas foram repassadas para 5mL de caldo EC, incubados em estufa BOD (Biochemical Oxygen Demand) a 45ºC por 24 horas. Após os períodos de incubação, foram realizadas a leituras, considerando-se positivos os tubos que apresentaram produção de gás no tubo de Durham. A seguir, juntamente com a tabela do NMP, foi determinado o NMP de CTo por grama de amostra.

Em relação à *E. coli*, uma alçada de cada tubo positivo foi semeada em ágar Eosina Azul de Metileno, incubadas a 35ºC/24 horas. Colônias características foram identificadas, usando os testes bioquímicos de EPM, MiLI e citrato. A seguir, juntamente com a tabela do NMP, foi determinado o NMP de E. coli por grama de amostra, considerando-se as placas positivas.

3.2.4.5 ENUMERAÇÃO DE *Bacillus cereus* PRESUNTIVO

Na técnica da semeadura em superfície, 0,1 mL das diluições seriadas decimais de uma amostra foram depositadas na superfície do ágar gema de ovo-polimixina-vermelho de fenol e espraiadas com o auxílio de um bastão de vidro em L (Bennett;

Hait; Tallent, 2015b). As placas foram incubadas a 35ºC por 24 horas e ao final deste período, não se observou o crescimento de colônias características.

3.2.5 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

Foi realizado um delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), com o objetivo de avaliar o efeito da substituição parcial do polvilho azedo por farinha de estipe de cogumelo shiitake sobre a aceitação sensorial e a intenção de compra do produto. O fator de estudo foi a proporção de substituição parcial do polvilho azedo na formulação dos pães de queijo, em quatro níveis: 0%, 5%,15%, 30% de farinha de estipe de cogumelo shiitake. A formulação T1 é o controle (sem adição de farinha) e as formulações T2 (5%), T3 (15%) e T4 (30%) foram as formulações testadas. Cada tratamento foi representado por uma formulação distinta de pão de queijo, elaborada com ingredientes de marcas amplamente reconhecidas no mercado e para assegurar o controle da variabilidade inerente aos insumos, foi mantida a mesma marca para cada ingrediente ao longo de todo o experimento. No preparo de cada formulação foram obtidos seis pães de queijo, totalizando seis repetições por tratamento (Tabela 4). A unidade experimental foi cada pão de queijo individualmente avaliado.

3.2.6 ANÁLISE SENSORIAL

A análise sensorial foi realizada na Universidade Estadual Paulista (Unesp) - Faculdade de Ciências Agronômicas – campus Botucatu/SP, em ambiente com iluminação adequada e sem interferências externas (Apêndice B) e o tempo de prova variou de 10 a 15 minutos. Os participantes foram convidados para a análise sensorial por meio de múltiplos canais de comunicação, incluindo contato via e-mail, mensagens individuais e grupais no WhatsApp, além de abordagem direta. Participaram do teste 156 (cento e cinquenta e seis) provadores não treinados, de ambos os sexos e com idade mínima de 18 anos, compostos por discentes, docentes e funcionários da instituição, todos consumidores habituais de pão de queijo. Todos os 156 provadores avaliaram uma amostra de cada tratamento, totalizando quatro amostras por sessão. As amostras foram codificadas com números de três dígitos aleatórios e apresentadas simultaneamente, correspondendo ao tratamento controle

sem substituição (T1 – 0%) e aos tratamentos com substituição parcial do polvilho azedo por farinha de estipe de cogumelo shiitake nas concentrações de 5% (T2), 15% (T3) e 30% (T4). A ordem de apresentação das amostras foi completamente randomizada entre os provadores, e foi orientado que seguissem a sequência da esquerda para a direita. Entre uma amostra e outra, os provadores enxaguavam a boca com um pouco de água mineral para minimizar o efeito residual de sabor.

O método sensorial utilizado foi o método afetivo, por meio do teste de aceitação com escala hedônica estruturada de nove pontos, variando de "desgostei extremamente" (escore 1) a "gostei extremamente" (escore 9), além da avaliação da intenção de compra por escala de cinco pontos (escore 1 = "certamente não compraria"; escore 5 = "certamente compraria"), conforme preconizado por Dutcosky (2019). No Apêndice A mostra a ficha de avaliação sensorial utilizada no teste de análise sensorial e a intenção de compra do pão de queijo com adição da farinha de estipe de cogumelo. No Apêndice B mostra o local da análise sensorial e no Apêndice B consta o registro fotográfico do local da análise sensorial, incluindo a bancada com os pães de queijo com diferentes concentrações de farinha de estipe de cogumelo shiitake e o forno elétrico utilizado.

Previamente ao início das avaliações, as amostras permaneciam armazenadas em recipientes plásticos hermeticamente fechados, mantidas em estado congelado, e foram deixadas em descongelamento durante o período de preparação. Posteriormente, os pães de queijo foram assados em forno elétrico da marca Black & Decker (modelo FT90, fabricado na China), a 180°C por 25 minutos, sendo imediatamente servidos aos provadores. As sessões foram conduzidas em dois períodos distintos do dia, contemplando sessões matutinas, após as 8h e até às 11h, e vespertinas, entre 14h e 17h, de modo a minimizar possíveis interferências do estado de saciedade ou fome na acuidade sensorial dos provadores.

3.2.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados da análise sensorial foram coletados e analisados estatisticamente pela análise de Kruskal-Wallis (Ranks) ($p< 5\%$) e os dados referentes aos parâmetros físicos das amostras de pão de queijo, formuladas com diferentes concentrações de farinhas de estipe de cogumelo shiitake, foram submetidos à análise estatística por meio da análise de variância (ANOVA), seguida da comparação das médias pelo teste

de Tukey ($p < 0,05$). As análises de acidez titulável e coeficiente de expansão, por não atenderem aos pressupostos de normalidade, foram avaliados pelo teste não paramétrico de Kruskal-Wallis (Ranks). Todas as análises estatísticas foram conduzidas com o auxílio dos softwares Minitab® e Microsoft Excel®.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 ANÁLISE MICROBIOLÓGICA

O resultado das análises microbiológicas dos quatro tratamentos de pães de queijo com diferentes concentrações de farinhas de estipe de cogumelo shiitake não evidenciaram a presença dos microrganismos investigados, estando plenamente em conformidade com os limites estabelecidos pela Instrução Normativa IN nº 161, de 1º de julho de 2022. Os resultados das análises microbiológicas estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Análises microbiológicas do pão de queijo com diferentes concentrações de farinhas de estipe de cogumelo shiitake

Micro-organismo / Unidade	Padrão estabelecido	T1 (0%)	T2 (5%)	T3 (15%)	T4 (30%)
Salmonella sp. 25 g^{-1}	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência	Ausência
Staphylococcus aureus (UFC g^{-1})	≤ 5×10^2	< 10^2	< 10^2	< 10^2	< 10^2
Coliformes totais (NMP g^{-1})	≤ 5×10	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0
Termotolerantes (NMP g^{-1})	≤ 5×10	< 3,0	< 3,0	< 3,0	< 3,0
Bacillus cereus presuntivo (UFC g^{-1})	≤ 10^2	< 10^2	< 10^2	< 10^2	< 10^2

Fonte: Elaborado pelo autor (2025). Nota: NMP: Número mais provável; UFC: Unidade Formadora de Colônias.

Os resultados das análises microbiológicas dos quatro tratamentos de pães de queijo demonstraram ausência de *Salmonella sp*. e contagens abaixo dos limites máximos permitidos para *Staphylococcus aureus*, coliformes totais, termotolerantes e *Bacillus cereus* presuntivo, estando em conformidade com os padrões estabelecidos pela Instrução Normativa IN nº 161/2022 (Mapa, 2022). A ausência de *Salmonella sp.* pode ser atribuída ao tratamento térmico empregado no processo de forneamento, uma vez que temperaturas superiores a 70°C são eficazes na destruição de microrganismos patogênicos não formadores de esporos (Icmsf, 1996). Resultados semelhantes foram observados em produtos de panificação assados, nos quais a etapa de cocção foi suficiente para eliminar bactérias patogênicas vegetativas, incluindo *Salmonella spp.* e *Staphylococcus aureus* (Shrestha *et al.*, 2016; Channaiah, *et al.*, 2019). As baixas contagens de coliformes totais e termotolerantes corroboram

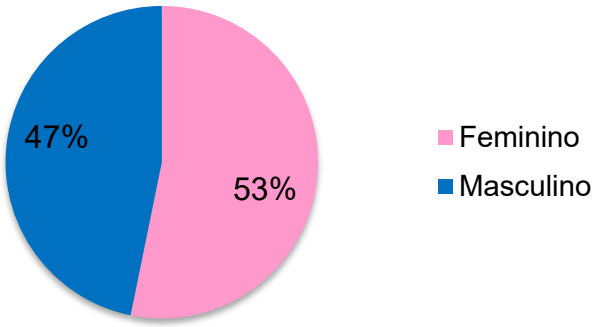
as boas práticas de fabricação adotadas durante o processamento, sendo esses microrganismos indicadores de qualidade higiênico-sanitária amplamente empregados na avaliação de alimentos prontos para consumo (Franco; Landgraf, 2008). Em relação ao *Bacillus cereus* presuntivo, embora seus esporos sejam termorresistentes e possam sobreviver ao processo de assamento (Granum; Lund, 1997), as contagens permaneceram abaixo do limite estabelecido pela legislação vigente, indicando baixa contaminação inicial da matéria-prima e condições adequadas de manipulação.

4.2 ANÁLISE SENSORIAL

A análise do perfil dos 156 provadores evidenciou distribuição equilibrada entre os gêneros, com leve maioria feminina (53%) em relação ao masculino (47%) (Figura 10), o que revelou um equilíbrio na representatividade de gênero, embora com leve prevalência das mulheres. Este fator é relevante em análises sensoriais, visto que estudos indicam que diferenças de gênero podem influenciar preferências alimentares e percepção sensorial (Pimentel *et al.*, 2020).

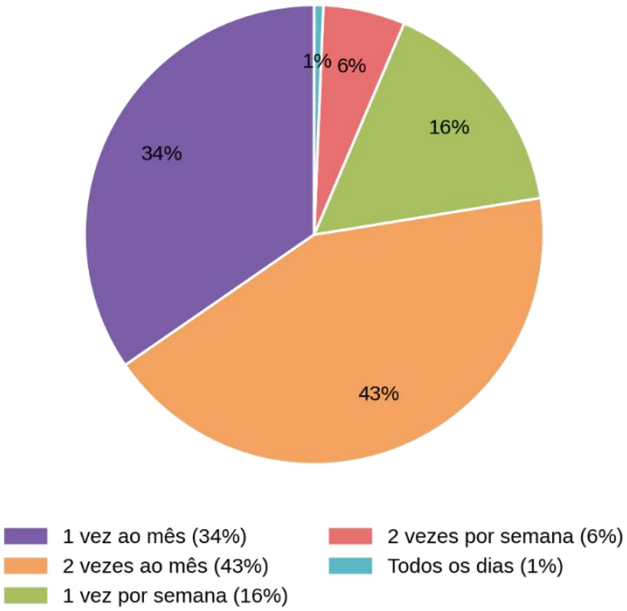
Em relação à frequência de consumo de pão de queijo (Figura 11), observou-se que a maioria dos participantes consome o produto de forma ocasional: 43% duas vezes ao mês e 34% uma vez ao mês. Apenas 16% relataram consumo semanal e uma pequena parcela indicou maior frequência (6% duas vezes por semana e 1% diariamente). Esse padrão de consumo, observado entre os provadores avaliados, sugere que, para o público estudado, o pão de queijo ocupa um espaço mais eventual na dieta, funcionando frequentemente como lanche ou acompanhamento. Cabe ressaltar que a frequência de consumo pode variar significativamente em função da região geográfica e do perfil sociocultural do consumidor (Siegrist; Hartmann, 2019). Esse dado é relevante para a introdução de ingredientes funcionais, como a farinha de estipe de shiitake, uma vez que consumidores eventuais podem estar mais dispostos a experimentar versões inovadoras do produto (Pimentel *et al.*, 2020).

Figura 10 - Perfil dos provadores quanto ao gênero



Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2025).

Figura 11 - Frequência de consumo de pão de queijo

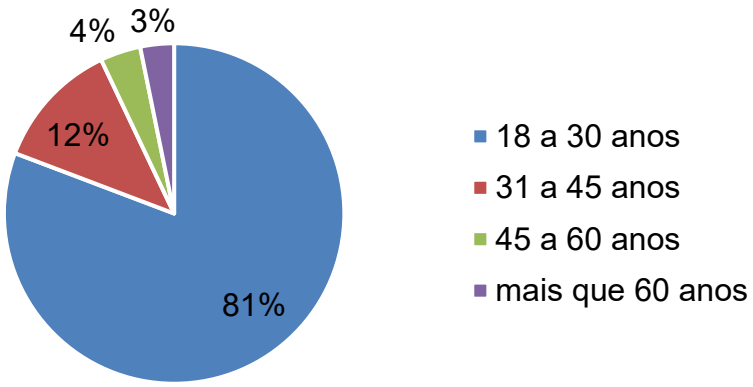


Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2025).

A associação entre o perfil demográfico e a frequência de consumo reforça a importância de se compreender o público-alvo em estudos de análise sensorial. A predominância de jovens adultos, combinada a um consumo mais esporádico do pão de queijo, indica que a inovação proposta pelo uso da farinha de shiitake pode atender tanto a demanda por alimentos tradicionais quanto o interesse crescente por produtos com apelo nutricional e funcional. Assim, a análise sugere que a aceitação do pão de queijo enriquecido com esse ingrediente pode ser promissora, sobretudo em um mercado que valoriza saúde, sustentabilidade e inovação alimentar (Grunert, 2019).

A distribuição etária dos provadores evidenciou predominância da faixa de 18 a 30 anos (81%), seguida por 31 a 45 anos (12%), 45 a 60 anos (4%) e acima de 60 anos (3%) (Figura 12). Esse perfil reflete o público predominante no ambiente universitário da Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (UNESP), Faculdade de Ciências Agronômicas, Botucatu, onde a análise sensorial foi conduzida, composto majoritariamente por estudantes de graduação e pós-graduação. Destaca-se que consumidores jovens tendem a apresentar maior receptividade a alimentos com apelos funcionais e inovadores, o que pode ter contribuído positivamente para a avaliação das formulações enriquecidas com farinha de estipe de cogumelo shiitake (Siegrist; Hartmann, 2019). Nesse sentido, a presença expressiva desse grupo na amostra alinha-se ao objetivo deste estudo, que busca avaliar a aceitação sensorial de pães de queijo enriquecidos com farinha de estipe de shiitake, ingrediente com reconhecido potencial nutricional e funcional. Além disso, trabalhos como o de Ares e Varela (2018) e Moskowitz, Beckley e Resurreccion (2012) apontam que jovens adultos se mostram mais sensíveis a alegações nutricionais, demonstrando disposição em adotar produtos reformulados que conciliem tradição e benefícios à saúde.

Figura 12 - Faixa etária do público alvo



Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2025).

Por outro lado, a menor participação de indivíduos acima de 31 anos (19% do total) aponta uma limitação importante para a generalização dos resultados, uma vez que consumidores mais velhos, segundo Verbeke (2015), apresentam hábitos alimentares mais consolidados e menor propensão à experimentação de produtos

inovadores. Essa restrição etária da amostra sugere que, embora os resultados indiquem boa aceitação entre jovens, é necessário ampliar a representatividade de faixas etárias mais avançadas em pesquisas futuras, a fim de compreender barreiras culturais e de consumo que podem influenciar a aceitação em diferentes segmentos populacionais. Tal perspectiva dialoga com a literatura que destaca a heterogeneidade do comportamento alimentar como um aspecto central para a análise sensorial aplicada ao desenvolvimento e à inovação de produtos (Cardello, 2007; Grunert, 2019).

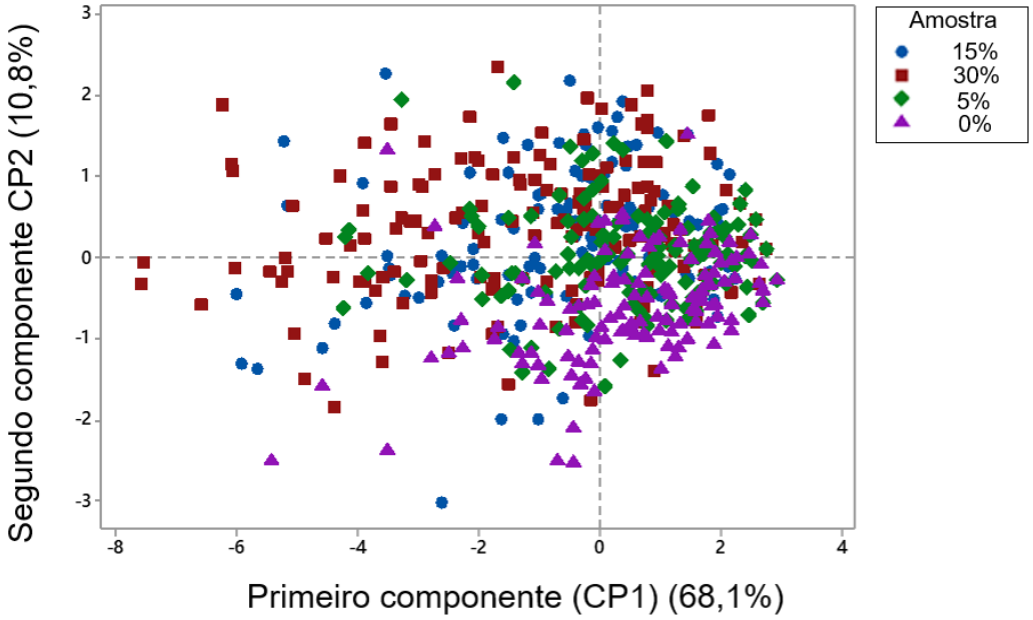
Com base nos resultados da análise sensorial, optou-se pela análise multivariada, que demonstrou representatividade de 86,3% das amostras. Para os parâmetros sensoriais do pão de queijo foi submetida ao teste de Kruskal-Wallis (ranks), visto que, os dados obtidos eram não paramétricos (de contagem e sem distribuição normal). Esse teste avalia diferenças entre as medianas dos grupos, complementado pela análise de postos (ranks) e valores-Z, que indicam o desvio de cada amostra em relação à média geral (Apêndice D) (Siegel; Castellan, 2006).

A análise de componentes principais (PCA) dos pães de queijo com farinha de estipe de shiitake, é um gráfico bidimensional, ou seja, representa a dispersão dos dados sobre a correlação entre todos parâmetros (aparência, aroma, sabor, textura, impressão global e intenção de compra) no qual, temos a representatividade do eixo X (primeiro componente principal (CP1)) e eixo Y (segundo componente (CP2)) (Figura 13 e Figura 14).

A análise de componentes principais (PCA) realizada neste estudo, revelou uma estrutura de variância significativa, onde o primeiro componente principal (CP1) explicou 68,1% da variabilidade total dos dados, enquanto o segundo componente (CP2) contribuiu com 10,8%, padrão este consistentemente observado em análises sensoriais de produtos panificados (Dutcosky, 2019; Martins; Pinho; Ferreira, 2019).

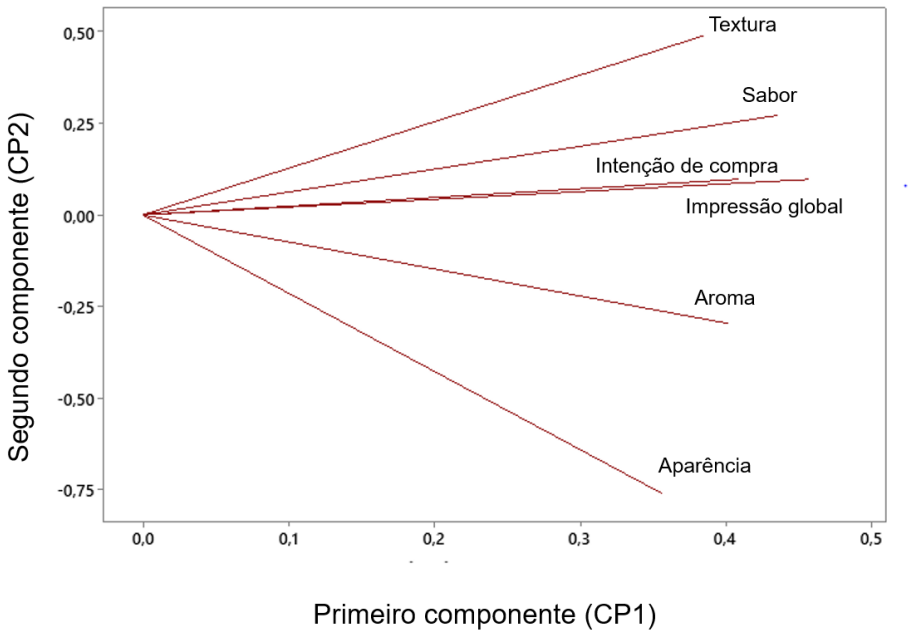
De acordo com a Figura 14, os autovetores obtidos na PCA indicaram que, no CP1, os atributos sabor (0,435), impressão global (0,456) e intenção de compra (0,408) apresentaram as maiores cargas fatoriais, evidenciando que esses atributos foram os mais determinantes para a diferenciação entre as formulações. Esses valores representam o peso relativo de cada variável sensorial na composição do componente principal, refletindo sua contribuição para a separação dos tratamentos no espaço multivariado. Tal resultado corrobora Stone e Sidel (2004), que destacam a centralidade do sabor e da impressão global na aceitação de produtos alimentícios.

Figura 13 - Análise de componentes principais (PCA) dos pães de queijo com diferentes concentrações de farinhas de estipe de cogumelo shiitake



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Figura 14 - Análise de componentes principais (PCA) por autovetores dos pães de queijo com diferentes concentrações de farinhas de estipe de shiitake



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Particularmente, a forte correlação entre impressão global e intenção de compra no primeiro componente principal (CP1) 45,6% e 40,8%, respectivamente reforça o

modelo proposto por Moskowitz, Beckley, Resurreccion (2006), que estabelece a percepção holística como preditora do comportamento do consumidor.

O segundo componente (CP2), por sua vez, demonstrou claro contraste entre aparência (-0,761) e textura (0,489), fenômeno que pode ser explicado pelas alterações estruturais provocadas pelas fibras do shiitake em concentrações mais elevadas, como demonstrado por Liu *et al.* (2022) em investigações reológicas com cogumelos funcionais, por Wang *et al.* (2024) na incorporação de *L. edodes* em formulações de salsicha e por Nunes (2022) ao caracterizar a farinha de estipe de shiitake, cujos resultados evidenciam alterações estruturais capazes de justificar o comportamento observado.

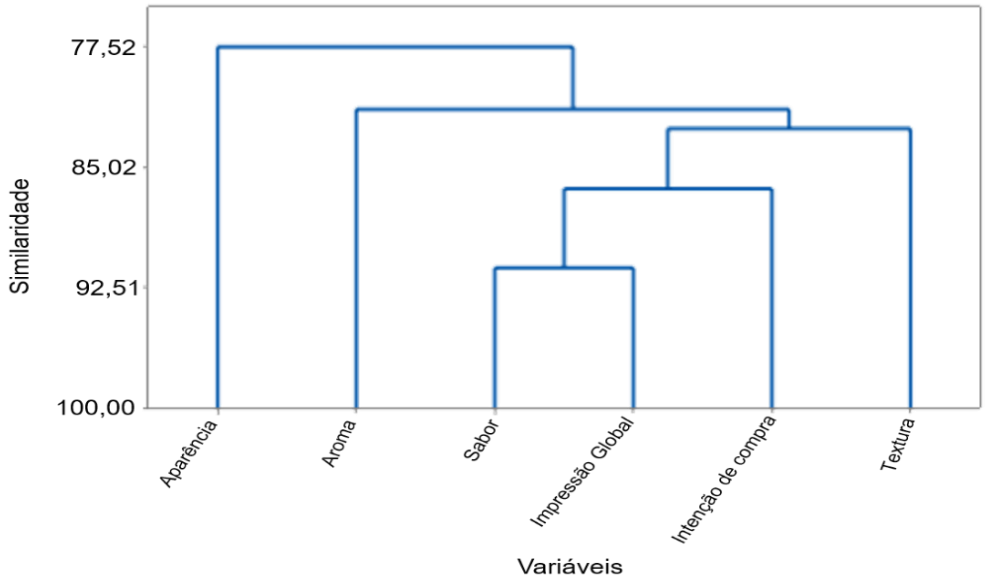
A distribuição espacial das amostras no plano bidimensional, sugere que a formulação com 30% shiitake apresenta perfil sensorial distinto, principalmente devido às alterações texturais com 0,489 no CP2 e comprometimento da aparência com -0,761, resultado que segue a tendência observada por Mesta-corral *et al.* (2024) e padrão similar observador por Perussello *et al.* (2013), em produtos com alta substituição de farinhas não convencionais.

No Gráfico 13, observa-se que o tratamento controle (T1 – 0%) se posicionou em extremo oposto às formulações enriquecidas ao longo do CP1, separação esta explicada pelos atributos com maiores cargas fatoriais nesse componente: sabor, impressão global e intenção de compra (Gráfico 14). Essa separação indica que a adição de farinha de estipe de cogumelo shiitake alterou de forma perceptível o perfil sensorial do produto, sobretudo nesses atributos. As formulações T2 (5%) e T3 (15%) ocuparam posições intermediárias no espaço multivariado, sugerindo que essas concentrações promoveram modificações sensoriais menos pronunciadas em relação ao controle, o que pode representar um equilíbrio entre aceitabilidade e funcionalidade, conforme discutido por Capriles e Arêas (2014).

O dendrograma (Figura 15) mostra análise hierárquica de agrupamentos do perfil sensorial dos pães de queijo com diferentes concentrações de farinhas de estipe de shiitake, essa análise de agrupamentos hierárquicos revelou uma estrutura de similaridade complexa entre os parâmetros sensoriais avaliados nos pães de queijo com diferentes teores de farinha de estipe de shiitake (0%, 5%, 15% e 30%). A análise demonstrou a formação inicial de cinco agrupamentos distintos (grupo 1: sabor e impressão global; grupo 2: aparência; grupo 3: aroma; grupo 4: intenção de compra e grupo 5: textura) (Passo 1) com elevado nível de similaridade (92,51%), onde os

parâmetros de sabor e impressão global apresentaram a maior proximidade, sugerindo forte correlação entre essas características sensoriais.

Figura 15 - Análise hierárquica de agrupamentos do perfil sensorial dos pães de queijo com diferentes concentrações de farinhas de estipe de cogumelo de shiitake



Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

À medida que o nível de similaridade diminuiu para 85,02% (Passo 2), observou-se a incorporação da intenção de compra ao agrupamento anterior, indicando que este atributo está intimamente relacionado às percepções de sabor e textura, padrão que corrobora os achados de Stone e Sidel (2004) sobre a influência de características organolépticas no comportamento do consumidor. No Passo 3 (82,14% de similaridade), a impressão global foi incluída no agrupamento principal, reforçando a hipótese de que a avaliação do produto é fortemente influenciada por suas propriedades gustativas e texturais (Stone; Sidel, 2004).

A combinação seguinte do aroma (Passo 4, 80,83% de similaridade) e, finalmente, da aparência (Passo 5, 77,52%) demonstraram hierarquia clara na importância dos atributos sensoriais, onde características mais subjetivas (aparência) apresentam menor correlação com os demais parâmetros.

Particularmente, a distância observada entre os agrupamentos de atributos sugere que as formulações com farinha de estipe de cogumelo shiitake induzem alterações sensoriais significativas, especialmente nos parâmetros de sabor e textura,

possivelmente devido aos compostos bioativos e às modificações reológicas provocadas pelos polissacarídeos do cogumelo, conforme descrito por Valverde, Hernández-Pérez e Paredes-López (2015). O parâmetro aparência destacou-se como o fator mais discriminante entre as amostras, em que a formulação com menor teor de farinha de estipe de cogumelo shiitake (5%) apresentou maior aceitação pelos provadores, seguido pelo aroma como segundo atributo mais influente - padrão este que pode ser atribuído às alterações visuais e olfativas, provavelmente decorrentes dos compostos fenólicos.

Esta análise multivariada e hierárquica não apenas valida o impacto sensorial da farinha de estipe de shiitake, mas também estabelece um sistema estruturado e baseado em dados numéricos quantitativo para futuras otimizações de formulação, destacando a necessidade de balancear as propriedades texturais e gustativas para garantir a aceitação do produto, particularmente em teores mais elevados de farinha de estipe de cogumelo shiitake (15% e 30%).

Para cada parâmetro sensorial dos pães de queijo, os dados foram submetidos ao teste de Kruskal-Wallis, conforme Dutcosky (2019), por se tratar de um teste não paramétrico indicado para dados que não atendem aos pressupostos de normalidade. Esse teste permite avaliar diferenças entre as medianas dos grupos. Quando detectadas diferenças significativas, a análise foi complementada pela avaliação dos postos (ranks) e dos valores-Z, os quais indicam o desvio de cada amostra em relação ao valor médio global, conforme Siegel e Castellan (2006).

Na Tabela 6, estão apresentados os resultados da análise estatística pelo teste de Kruskal-Wallis para os diferentes tratamentos de pães de queijo com adição de farinha de estipe de cogumelo shiitake (0%, 5%, 15% e 30%). Observou-se diferença significativa entre os tratamentos ($p < 0,05$), indicando que a adição da farinha influenciou os parâmetros avaliados. Entretanto, para a intenção de compra, verificou-se diferença significativa apenas para a formulação com 30%, a qual diferiu das demais concentrações.

O pão de queijo controle apresentou mediana de 8,00 para o atributo aparência. A formulação com 5% de farinha de estipe não diferiu significativamente do controle para aroma, sabor e impressão global, com medianas também iguais a 8,00. Esses resultados corroboram a literatura, que indica que a substituição parcial de farinhas pode influenciar as características sensoriais tradicionais de produtos panificados (Pereira; Gonçalves; Assis, 2024). Já a textura foi melhor avaliada nas amostras com

5% e 15% de farinha, sugerindo que concentrações intermediárias podem melhorar essa propriedade, possivelmente devido às fibras do cogumelo, que modificam a estrutura do produto (Almeida; Chang; Steel, 2020a).

Tabela 6 – Análise sensorial dos pães de queijo com diferentes concentrações de farinhas de estipe de cogumelo shiitake

	Parâmetros					
Amostra	Aparência	Aroma	Sabor	Textura	Impressão global	Intenção de compra
T1 - 0% de farinha	8,00^{A}	8,00^{A}	8,00^{A}	7,00^{B}	8,00^{A}	4,00^{A}
T2 - 5% de farinha	7,00^{B}	8,00^{A}	8,00^{A}	8,00^{A}	8,00^{A}	4,00^{A}
T3 - 15% de farinha	6,00^{C}	7,00^{B}	7,00^{B}	8,00^{A}	7,00^{B}	4,00^{A}
T4 - 30% de farinha	5,00^{D}	6,00^{C}	7,00^{B}	7,00^{B}	6,00^{C}	3,00^{B}

Fonte: Elaborado pelo autor (2025). Nota: Mediana com letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente a $p < 0,05$, segundo o teste de Kruskal-Wallis Hanks e médias com letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente a $p < 0,05$, segundo o teste de Kruskal-Wallis Hanks.

Na análise de aparência, o pão de queijo sem farinha de estipe de cogumelo, obteve a maior mediana (8,00), classificação média significativamente superior à média global, enquanto que as amostras com maiores teores de farinha de estipe de cogumelo shiitake 15% e 30% apresentaram as menores medianas sendo de 6,00 e 5,00, respectivamente, indicando que essas amostras demonstraram aparência significativamente menos atrativa e menor aceitação. Esses resultados estão alinhados com pesquisas e estudos que revelam que a incorporação de ingredientes não convencionais, como subprodutos de cogumelos e altas concentrações de farinhas não convencionais podem alterar a cor, a uniformidade, a aceitação visual e a aparência de produtos panificados, afetando a preferência dos consumidores (Pereira; Gonçalves; Assis, 2024; Martins; Pinho; Ferreira, 2019). O pão de queijo com 5% de farinha de estipe de cogumelo shiitake manteve boa aceitação, sugerindo que baixas concentrações minimizam impactos negativos.

No parâmetro aroma, os pães de queijo com 0% e 5% de farinha de estipe de cogumelo shiitake não diferiram estatisticamente, ambas com mediana de 8,00, sugerindo que em pequenas adições de farinha de estipe de cogumelo shiitake não comprometem o aroma. Já com 15% e 30% de farinha, apresentaram valores menores de mediana 7,00 e 6,00, respectivamente. O pão de queijo com 30% de

farinha de estipe de cogumelo shiitake apresentou menor desempenho tecnológico, possivelmente em função da maior concentração da farinha de estipe de cogumelo shiitake, o que pode ter contribuído para a introdução de aromas mais intensos e menos desejáveis em produtos panificados, devido à presença de compostos voláteis característicos de cogumelos, associados a notas sensoriais mais terrosas e intensas. Cogumelos comestíveis, como o shiitake, são ricos em compostos como octan-3-ol, octan-3-ona e ácidos graxos voláteis, que conferem essas notas terrosas, umami e até mesmo metálicas (Tian *et al.,* 2016).

Esses compostos são formados principalmente durante o processo de secagem e forneamento, onde reações de Maillard e degradação térmica de lipídios intensificam seu perfil aromático (Tian *et al.,* 2016). Na aplicação de farinha de cogumelo em pães de queijo, por exemplo, esses voláteis podem mascarar ou competir com o aroma característico do queijo, reduzindo a aceitação sensorial se não balanceados adequadamente (Pereira; Gonçalves; Assis, 2024).

A incorporação de farinha de cogumelo em matrizes de panificação exige cuidados no processo de forneamento, pois, a exposição a altas temperaturas pode potencializar a liberação de compostos como 1-octen-3-ol (o principal responsável pelo aroma “de cogumelo”) (Shimada *et al.*, 2024). Comparativamente, estudos de Li *et al.* (2020), Li (2019) e Xie (2024) destacam que o shiitake possui maior concentração desses voláteis em relação a outras espécies, como o champignon (*Agaricus bisporus*), o que pode limitar sua aplicação em produtos de sabor mais neutro. No pão de queijo, a interação entre os voláteis do cogumelo e os compostos lácteos pode gerar complexos aromáticos distintos, podendo ser vantajosos se harmonizados com especiarias como alecrim ou páprica defumada (Carvalho *et al.*, 2020).

Trabalhos como de Pereira, Gonçalves e Assis (2024) sugerem que a combinação de farinha de cogumelo com agentes neutralizantes, como amido modificado ou gordura vegetal, pode diminuir efeitos sensoriais negativos em pães de queijo. A aplicação de farinha de cogumelo em panificação, especialmente em produtos como pão de queijo, requer equilíbrio entre a dosagem e o processamento térmico para evitar aromas terrosos excessivos. Compostos como 1-octen-3-ol, metional e ácido linoleico oxidado devem ser monitorados, pois, são marcadores de qualidade e potencialmente críticos para a aceitação do produto (Shimada *et al.*, 2024). Estratégias como blending com farinhas neutras ou pré-tratamentos (como

fermentação) da farinha de cogumelo podem modular seu perfil aromático, conforme proposto por Morales *et al.* (2021).

Quanto ao sabor, o pão de queijo com 5% de farinha de estipe obteve desempenho similar ao controle e a mesma mediana (8,00), enquanto que com 15% e 30% de farinha de estipe, tiveram medianas inferiores (7,00), indicando menor preferência em comparação ao controle e isso sugere que concentrações acima de 5% podem introduzir sabores amargos ou terrosos, reduzindo a preferência, conforme fenômeno descrito por Pereira, Gonçalves e Assis (2024) em estudos com cogumelos em alimentos. Além disso, esse efeito também pode estar relacionado à presença de glutamatos e umami em concentrações elevadas, que, embora desejáveis em alguns alimentos, podem gerar rejeição quando não equilibrados, conforme observado por Hajeb e Jinap. (2014). Por tanto, o pão de queijo com 5% de farinha de estipe manteve a mesma mediana (8,00) que o controle, sugerindo que baixas concentrações preservam o perfil sensorial original.

Na textura, o pão de queijo com 5% de farinha de estipe destacou-se positivamente, maior mediana (8,00), indicando melhor aceitação, possivelmente devido à interação das fibras do cogumelo com a matriz do pão de queijo, melhorando sua estrutura e maciez, um efeito também reportado por Almeida, Chang e Steel (2020a) em pães com fibras funcionais, enquanto a com 30% de farinha apresentou mediana menor em comparação com os demais (7,00), refletindo textura mais granulosa, comum em produtos com alta substituição por fibras insolúveis (Almeida; Chang; Steel, 2020a; Lin *et al.*, 2019).

Na impressão global, seguiu tendência semelhante, com os pães de queijo com 0% e 5% de farinha apresentando as maiores medianas (8,00), enquanto a de 30% teve a menor avaliação (6,00). Esses dados alinham-se com estudos de Carvalho *et al.* (2020), que avaliam a aceitação sensorial de pães enriquecidos com subprodutos de cogumelos, demonstram que substituições acima de 15% de farinhas alternativas frequentemente reduzem a aceitação global e comprometem a experiência sensorial.

A intenção de compra foi estatisticamente igual para os pães de queijo com 0%, 5% e 15% (mediana = 4,00) e apenas a amostra 30% diferiu significativamente (mediana = 3,00), refletindo menor potencial comercial. Isso indica que, apesar das alterações sensoriais, produtos com até 15% de farinha de estipe de cogumelo shiitake podem ser comercialmente viáveis, enquanto concentrações superiores

podem limitar a aceitação do mercado, corroborando com Greis *et al.* (2021) sobre a importância da dosagem em ingredientes alternativos.

Logo, a incorporação de farinha de estipe de shiitake em pão de queijo mostrou-se viável em concentrações de até 5%, mantendo características sensoriais semelhantes ao produto tradicional. Concentrações superiores a 15% comprometeram significativamente a aparência, aroma, sabor e textura, reduzindo a aceitação global. Esses resultados destacam a importância de dosagens cuidadosas em inovações alimentares, equilibrando benefícios nutricionais e preferências do consumidor.

Cabe ressaltar que os resultados de aceitação obtidos refletem o perfil do público avaliado, predominantemente jovem. Consumidores de faixas etárias mais elevadas, em geral, tendem a apresentar preferências sensoriais mais conservadoras e menor receptividade a modificações em produtos tradicionais (Siegrist; Hartmann, 2019), o que poderia resultar em escores de aceitação ainda menores para as formulações com maiores concentrações de farinha de estipe de cogumelo shiitake, especialmente nos atributos de aparência, aroma e sabor.

4.3 COMPOSIÇÃO NUTRICIONAL DOS PÃES DE QUEIJO COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE FARINHAS DE ESTIPE DE COGUMELO SHIITAKE

A composição nutricional dos pães de queijo elaborados com diferentes concentrações de farinha de estipe de cogumelo shiitake evidenciou modificações graduais no perfil de macronutrientes e, principalmente, no conteúdo de fibras alimentares. A classificação das alegações nutricionais foi realizada conforme os critérios estabelecidos pela Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 429/2020 e pela Instrução Normativa (IN) nº 75/2020 da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2020), considerando a porção de referência de 50 g para pão de queijo.

De acordo com os resultados apresentados nas Tabelas 7 a 10, todas as formulações atenderam aos requisitos para a alegação de "fonte de proteínas", apresentando valores entre 5,7 e 7,7 g de proteínas por porção de 50 g. As Tabelas 7 a 10 apresentam a composição nutricional por porção de 50 g das formulações controle (0%) e com substituição de 5%, 15% e 30% de farinha de estipe de cogumelo shiitake, respectivamente.

Tabela 7 – Composição nutricional por porção (15 g e 50g) do pão de queijo sem adição de farinha de estipe de cogumelo shiitake

Quantidade por porção			
Nutriente	**15g (unidade)**	**50g**	**%VD (*) (50g)**
Valor energético	47 kcal	157 kcal	8%
Carboidratos	5,6 g	18,7 g	6%
Proteínas	1,7 g	5,7 g	11%
Gorduras totais	2,4 g	8,0 g	12%
Gorduras saturadas	0,9 g	3,0 g	15%
Fibra alimentar	0,1 g	0,3 g	1%
Sódio	75 mg	250 mg	13%

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2025).

Tabela 8 - Composição nutricional por porção (15 g e 50g) do pão de queijo com adição de 5% de farinha de estipe de cogumelo shiitake

Quantidade por porção			
Nutriente	**15g (unidade)**	**50g**	**%VD (*) (50g)**
Valor energético	46 kcal	153 kcal	8%
Carboidratos	5,3 g	17,7 g	6%
Proteínas	1,8 g	6,0 g	12%
Gorduras totais	2,4 g	8,0 g	12%
Gorduras saturadas	0,9 g	3,0 g	15%
Fibra alimentar	0,5 g	1,7 g	7%
Sódio	74 mg	247 mg	12%

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2025).

Observou-se incremento progressivo desse nutriente com o aumento da substituição do polvilho pela farinha de estipe de shiitake, passando de 5,7 g na formulação controle (Tabela 7) para 7,7 g na formulação contendo 30% de farinha. Esse comportamento pode ser explicado pela composição nutricional dos cogumelos, os quais apresentam teores relevantes de proteínas de boa qualidade nutricional em comparação a diversos ingredientes vegetais tradicionalmente utilizados em produtos panificados (Chang; Miles, 2004; Kalac, 2016; Ho *et al*., 2020).

Tabela 9 - Composição nutricional por porção (15 g e 50g) do pão de queijo com adição de 15% de farinha de estipe de cogumelo shiitake

	Quantidade por porção		
Nutriente	**15g (unidade)**	**50g**	**%VD (*) (50g)**
Valor energético	44 kcal	147 kcal	7%
Carboidratos	5,0 g	16,7 g	6%
Proteínas	2,0 g	6,7 g	13%
Gorduras totais	2,3 g	7,7 g	12%
Gorduras saturadas	0,9 g	3,0 g	15%
Fibra alimentar	1,5 g	5,0 g	20%
Sódio	74 mg	247 mg	12%

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2025).

Tabela 10 - Composição nutricional por porção (15 g e 50g) do pão de queijo com adição de 30% de farinha de estipe de cogumelo shiitake

	Quantidade por porção		
Nutriente	**15g (unidade)**	**50g**	**%VD (*) (50g)**
Valor energético	42 kcal	140 kcal	7%
Carboidratos	4,5 g	15,0 g	5%
Proteínas	2,3 g	7,7 g	15%
Gorduras totais	2,2 g	7,3 g	11%
Gorduras saturadas	0,8 g	2,7 g	13%
Fibra alimentar	3,2 g	10,7 g	43%
Sódio	73 mg	243 mg	12%

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2025).

Esse resultado evidencia o elevado potencial da farinha de estipe de shiitake como ingrediente funcional, uma vez que os estipes apresentam significativa concentração de fibras alimentares estruturais, especialmente β-glucanas, quitina e outros polissacarídeos não digestíveis (Kalac, 2016; Ho *et al.*, 2020). Resultados semelhantes foram relatados em estudos que demonstram que a incorporação de cogumelos e seus subprodutos em alimentos ricos em amido promove aumento

substancial do teor de fibras, contribuindo para a melhoria da qualidade nutricional do produto final (Lu, 2018; Zhao *et al.*, 2022).

Além do incremento nutricional, a utilização da farinha de estipe representa uma estratégia sustentável de aproveitamento de subprodutos da cadeia produtiva de cogumelos. Padermo (2021) destaca que os estipes de shiitake constituem uma matéria-prima com elevado potencial tecnológico e nutricional, podendo ser empregados na elaboração de novos ingredientes alimentícios de valor agregado. Os resultados obtidos no presente estudo reforçam, portanto, a viabilidade da valorização desses subprodutos agroindustriais, agregando funcionalidade e sustentabilidade ao produto desenvolvido.

Observou-se também redução gradual dos teores de carboidratos e do valor energético das formulações à medida que aumentou a substituição do polvilho pela farinha de estipe. O valor energético diminuiu de 157 kcal por porção de 50 g na formulação controle (Tabela 7) para 140 kcal na formulação com 30% de farinha (Tabela 10), enquanto os carboidratos reduziram de 18,7 g para 15,0 g na mesma porção. Apesar dessa tendência, nenhuma das formulações atendeu aos critérios estabelecidos pela RDC nº 429/2020 e pela IN nº 75/2020 para alegações de "baixo valor energético" ou "reduzido valor energético" (Anvisa, 2020). Tais resultados indicam que a principal contribuição nutricional da farinha de estipe está associada ao aumento do conteúdo de fibras e proteínas, e não à redução expressiva da densidade energética do produto, comportamento semelhante ao observado em estudos que incorporaram ingredientes fibrosos provenientes de resíduos agroindustriais em alimentos tradicionais (Ceregatti, 2022).

Quanto ao teor de gorduras totais e gorduras saturadas, verificou-se discreta redução com o aumento da concentração de farinha de estipe, passando de 8,0 g para 7,3 g de gorduras totais e de 3,0 g para 2,7 g de gorduras saturadas por porção de 50 g (Tabelas 7 e 10). Entretanto, essas reduções não foram suficientes para enquadrar nenhuma das formulações nas alegações de "baixo teor", "reduzido teor" ou categorias equivalentes previstas na legislação vigente (Anvisa, 2020). Esse resultado é atribuído ao fato de que a composição lipídica do pão de queijo permanece fortemente influenciada pelos ingredientes da formulação base, especialmente queijo, óleo e margarina, que constituem as principais fontes de gordura do produto (Minim *et al.*, 2000).

Por fim, os teores de sódio permaneceram relativamente estáveis entre as formulações, variando de 243 a 250 mg por porção de 50 g (Tabelas 7 a 10), indicando que a incorporação da farinha de estipe de shiitake não promoveu alterações relevantes nesse mineral. Embora a redução do consumo de sódio seja considerada importante estratégia para a prevenção de hipertensão arterial e doenças cardiovasculares (He; Macgregor, 2010), os valores observados demonstram que a principal vantagem nutricional decorrente da adição da farinha de estipe está relacionada ao enriquecimento proteico e, sobretudo, ao aumento expressivo do teor de fibras alimentares.

4.4 PARÂMETROS FÍSICOS DO PÃO DE QUEIJO

Na Tabela 11 está descrito os resultados das análises físicas dos pães de queijo com diferentes concentrações de farinhas de estipe de cogumelo shiitake. Os resultados do volume específico das amostras de pão de queijo indicam variações significativas ($p < 0,05$), conforme a porcentagem de farinha de estipe de shiitake incorporada.

Tabela 11 - Análises físicas dos pães de queijo com diferentes concentrações de farinhas de estipe de cogumelo shiitake

Amostra	Volume Específico ($cm^3\ g^{-1}$)	Densidade aparente ($g\ cm^{-3}$)
T1 - 0% de farinha	$2,13 \pm 0,16^{AB}$	$0,48 \pm 0,03^{AB}$
T2 - 5% de farinha	$2,15 \pm 0,10^{AB}$	$0,50 \pm 0,03^{AB}$
T3 - 15% de farinha	$2,32 \pm 0,26^{A}$	$0,44 \pm 0,05^{B}$
T4 - 30% de farinha	$1,96 \pm 0,19^{B}$	$0,53 \pm 0,05^{A}$
Amostra	**Índice de expansão**	**Expansão (mm)**
T1 - 0% de farinha	$0,31 \pm 0,01^{A}$	$1,05 \pm 0,05^{A}$
T2 - 5% de farinha	$0,28 \pm 0,01^{BC}$	$1,10 \pm 0,04^{A}$
T3 - 15% de farinha	$0,29 \pm 0,01^{B}$	$1,05 \pm 0,08^{A}$
T4 - 30% de farinha	$0,27 \pm 0,004^{C}$	$1,11 \pm 0,026^{A}$

Fonte: Elaborado pelo autor (2025). Nota: Médias com letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente a $p < 0,05$, segundo o teste de Tukey e médias com letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente a $p < 0,05$, segundo o teste de Tukey.

A amostra 15% de farinha apresentou o maior volume específico (2,32 $cm^3\ g^{-1}$), diferindo significativamente da amostra 30% de farinha, 1,96 $cm^3\ g^{-1}$, que exibiu o menor valor. Já as amostras 0% (controle) e 5% não diferiram estatisticamente entre si (2,13 $cm^3\ g^{-1}$ e 2,15 $cm^3\ g^{-1}$, respectivamente), sugerindo que baixas concentrações de farinha de shiitake não comprometem a estrutura do produto. Esses dados estão alinhados com estudos que demonstram que substituições moderadas de farinhas não convencionais podem até melhorar a expansão do produto devido à interação entre fibras e matriz de amido, enquanto altas concentrações (>20%) tendem a prejudicar a formação de glúten e a retenção de gases, reduzindo o volume (Pereira; Gonçalves; Assis, 2024, Mariotti; Lucisano; Pagani, 2019).

O resultado superior da amostra 15% pode ser atribuída ao equilíbrio entre a presença de fibras solúveis do shiitake, que podem auxiliar na retenção de gases durante o assamento, e a manutenção da estrutura da massa. Pesquisas em panificação com farinhas alternativas, como as de cogumelos, destacam que teores intermediários (10–15%), frequentemente otimizam características físicas, enquanto níveis elevados (>25%) prejudicam a elasticidade da massa (Das; Singh; Swaminathan, 2025). A redução significativa no volume da amostra 30% corrobora a literatura, que associa altas substituições ao aumento da densidade e à ruptura da rede proteica, limitando a expansão (Carvalho *et al.*, 2020; Mariotti; Lucisano; Pagani, 2019).

Comparando os resultados da Tabela 11 com a literatura, os valores de volume específico obtidos por Machado e Pereira (2010a) foram maiores, entre 3,77 $cm^3\ g^{-1}$ e 5,34 $cm^3\ g^{-1}$, trabalho de Bruni *et al.* (2020) e de Esteller e Lannes (2005) obtiveram valor de 2,58 $cm^3\ g^{-1}$ e também relatado por Pereira *et al.* (2004) de 3,30 $cm^3\ g^{-1}$. No trabalho de Fernandes, Delgado e Oliveira (2015), utilizando farinha de banana verde no pão de queijo, obtiveram entre 1,15 $cm^3\ g^{-1}$ e 1,48 $cm^3\ g^{-1}$, e de acordo com os mesmos, pães com volume específico baixo apresentam aspecto desagradável. No trabalho apresentado por Nagata (2011), obteve um valor de 3,3 $cm^3\ g^{-1}$, sendo este valor maior dos que foram evidenciados neste trabalho nas amostras de pão de queijo com farinha de estipe de cogumelo shiitake.

Nos estudos sobre pão de queijo, observou-se que o volume específico tradicional variou entre 1,8 e 2,5 $cm^3\ g^{-1}$, dependendo da formulação e do processamento (Junqueira; Silva; Oliveira, 2021). As amostras controle (0%) e com 5% de farinha de estipe de cogumelo shiitake, mantiveram-se dentro dessa faixa,

indicando compatibilidade tecnológica. O pão de queijo com 15% de farinha de estipe (2,32 $cm^3\ g^{-1}$) superou ligeiramente a média, possivelmente devido às fibras do shiitake atuarem como agentes estruturadores. Contudo, a queda acentuada do pão de queijo com 30% de farinha de estipe reforça a necessidade de balanceamento em substituições, já que o excesso de fibras pode competir com o polvilho pela água, afetando a gelatinização e a expansão (Almeida; Chang; Steel, 2020b; Mariotti; Lucisano; Pagani, 2019).

Santos *et al.* (2018) avaliaram a aplicação de fibras alimentares de diferentes fontes em pães sem glúten e notaram aumento do volume específico até certo limite de adição (10-15%), seguido de queda com o aumento do teor de fibra. Isso é atribuído à interferência das fibras na estrutura de retenção de gases durante a cocção. De modo similar, Martins, Oliveira e Silva (2020) observaram que a adição de farinha de cogumelo em produtos de panificação pode melhorar a aeração e leveza em concentrações controladas, mas que a alta capacidade de absorção de água da fibra do cogumelo compromete a formação da estrutura em níveis elevados. Tais resultados ajudam a contextualizar o desempenho superior da amostra com 15% e o desempenho inferior da amostra com 30%.

Logo, os dados demonstram que a farinha de estipe de shiitake pode ser incorporada em até 15% sem comprometer o volume específico do pão de queijo, como evidenciado pelas amostras 0%, 5% e 15% (todas ≥ 2,13 $cm^3\ g^{-1}$), enquanto concentrações superiores a 30% impactam negativamente a qualidade tecnológica. Esses achados são consistentes com tendências em panificação funcional, que buscam equilibrar benefícios nutricionais e atributos sensoriais (Martins; Oliveira; Silva, 2020). Além das vantagens tecnológicas, a farinha de estipe de shiitake apresenta benefícios nutricionais e sustentáveis, uma vez que utiliza um subproduto agroindustrial, como discutido por Lin *et al.* (2008), a incorporação desses resíduos representa uma abordagem inovadora e sustentável para o desenvolvimento de alimentos funcionais, desde que seu impacto em parâmetros tecnológicos, como o volume específico, seja cuidadosamente avaliado para garantir tanto valor nutricional quanto aceitação sensorial.

A densidade aparente é um parâmetro crítico na avaliação da qualidade de produtos de panificação, como o pão de queijo, pois influencia diretamente na percepção de maciez, leveza e aerificação da massa (Pereira, 1999; Pereira, 2001b; Pereira, 2002). No presente estudo, as amostras de pão de queijo com diferentes

teores de farinha de estipe de shiitake apresentaram variações significativas ($p < 0,05$) nesse atributo. A amostra controle (0%), sem adição de farinha de shiitake, apresentou densidade de 0,48 g cm^{-3}, valor semelhante ao reportado por Capriles *et al.* (2016) para pão de queijo tradicional, que varia entre 0,45 e 0,55 g cm^{-3}. Já a amostra com 30% de farinha de estipe de cogumelo shiitake exibiu a maior densidade (0,53 g cm^{-3}), indicando uma estrutura mais compacta, possivelmente devido à maior capacidade de retenção de água das fibras do cogumelo, conforme observado em estudos com farinhas funcionais em produtos assados (Zhang *et al.*, 2024; Pereira, 2002, Cardoso *et al*., 2024).

A amostra com 15% de farinha de estipe de cogumelo shiitake apresentou a menor densidade (0,44 g cm^{-3}), diferindo significativamente da amostra 30% ($p < 0,05$), o que sugere que concentrações intermediárias da farinha podem alterar a formação de glúten e a expansão do produto durante o assamento, reduzindo a compactação. Esse fenômeno foi descrito por Kim *et al.* (2020) em pães com substituição parcial de farinha de cogumelo, onde teores moderados (10–20%) levaram a uma maior aeração da massa. Por outro lado, a amostra com 5% de farinha de estipe de cogumelo shiitake não diferiu estatisticamente do controle ($p < 0,05$), com densidade de 0,50 g cm^{-3}, indicando que pequenas adições não impactam significativamente a estrutura do produto, corroborando achados de Silva *et al.* (2019b) em substituições de até 5% em panificados.

Além disso, esse valor obtido na amostra 15% corrobora com Pereira (2001b), onde em seu trabalho com pão de queijo obteve um valor de 0,44 g cm^{-3} para os pães de queijo da formulação completa congelada, porém, comparando com os resultados da Tabela 11, os valores foram maiores que os relatados por Machado e Pereira (2010a) de 0,20 g cm^{-3}, relatado por Nagata (2011) de 0,31 g cm^{-3}, relatados por Esteller e Lannes (2005) de 0,39 g cm^{-3} e por fim, relatado por Santos (2006), de 0,27 g cm^{-3}. No entanto, no trabalho com pão de queijo com adição de farinha de batata doce de Bruni *et al.* (2020) mostraram que o valor obtido do controle (0,49 g cm^3) foi próximo ao deste trabalho com 0,48 g cm^{-3} e 0,44 g cm^{-3}, 0% e 15% de farinha de estipe de cogumelo shiitake, respectivamente e nas demais formulações apresentadas 5% e 30% de farinha de estipe de cogumelo shiitake foram próximas com 25% de farinha de batata doce (0,54 g cm^{-3}).

A variação na densidade aparente entre as amostras pode ser atribuída à interação entre as fibras do shiitake e os componentes da matriz do pão de queijo,

como o polvilho e os lácteos (Bruni *et al.*, 2020). Farinhas de cogumelo são ricas em β-glucanas, que influenciam a retenção de gases e a viscosidade da massa (González *et al.*, 2020). Em concentrações elevadas, como na amostra 30% de farinha, essas fibras podem limitar a expansão do produto, aumentando a densidade, enquanto teores menores podem criar uma estrutura mais aberta, conforme observado na amostra 15% de farinha. Esses resultados estão alinhados com trabalhos como o de Ronda *et al.* (2015), que demonstram que a adição de fibras funcionais em panificados deve ser cuidadosamente dosada para evitar alterações indesejáveis na textura.

Contudo, a incorporação de farinha de estipe de shiitake no pão de queijo altera sua densidade aparente de forma dependente da concentração, com efeitos significativos em teores acima de 15%. A amostra 30% destacou-se pela maior compactação, enquanto a 15% apresentou estrutura mais leve, sugerindo um equilíbrio ideal entre funcionalidade e qualidade sensorial em formulações intermediárias, além disso, a baixa densidade constitui um parâmetro de qualidade do pão de queijo, pois é desejável que os pães de queijo sejam leves, conforme citado por Pereira *et al.* (1999).

O índice de expansão é um parâmetro relacionado à capacidade da massa de expandir durante o assamento, contribuindo para a textura, maciez e aceitação sensorial do produto (Nagata, 2011). As amostras de pão de queijo revelaram diferenças significativas ($p < 0,05$) entre os tratamentos, conforme evidenciado pela ANOVA e pelo teste de Tukey. A amostra controle (0%), sem adição de farinha de estipe de shiitake, apresentou o maior índice de expansão, diferindo significativamente das demais. Esse resultado era esperado, pois, a ausência de fibras da farinha de cogumelo permite uma maior expansão da massa durante o processo de cocção, uma vez que a rede de glúten e amido não é interferida por componentes insolúveis (Aguiar, *et al.*, 2021). Estudos como os de Capriles *et al.* (2016) demonstram que a adição de fibras em produtos de panificação geralmente reduz a expansão, devido à interrupção da matriz proteica e à retenção de gases durante o assamento e além disso, esse valor condiz com a literatura para pães de queijo tradicionais, que geralmente variam entre 0,30 e 0,35.

As amostras com substituição parcial de farinha de shiitake (5%, 15% e 30%) apresentaram índices de expansão progressivamente menores (0,28; 0,29 e 0,27, respectivamente), com diferenças significativas entre si. A amostra com 15% teve índice ligeiramente superior à de 5%, o que pode estar relacionado a possível

otimização da estrutura da massa em concentrações intermediárias, como observado por Kim e Park (2018) em pães com fibras de cogumelo. No entanto, a amostra com 30% apresentou o menor valor, indicando que altas concentrações de fibras comprometem drasticamente a expansão, corroborando achados de Das; Singh, Swaminathan (2025), que relatam que teores elevados de fibras insolúveis aumentam a densidade da massa e reduzem a retenção de CO_2.

A comparação com a literatura evidencia que a incorporação de farinhas não convencionais em pães e produtos similares, como o pão de queijo, tende a alterar suas propriedades físicas. Por exemplo, pesquisas com farinha de casca de maracujá (Lima; Souza; Andrade, 2019) e farelo de aveia (Saka *et al*., 2021) também demonstraram redução no índice de expansão em função do aumento do teor de fibras. No caso do shiitake, além do impacto das fibras, compostos como quitina e β-glucanas podem influenciar a interação água-amido, afetando a gelatinização e, consequentemente, a expansão (Mariotti; Lucisano; Pagani, 2019). Isso está alinhado com os resultados obtidos, nos quais maiores teores de farinha de estipe de cogumelo shiitake (30%) levaram a uma estrutura mais compacta.

Trabalhos como o de Machado e Pereira (2010) mostram que formulações tradicionais de pão de queijo, utilizando exclusivamente polvilho, atingem índices de expansão próximos a 0,30–0,32, compatíveis com o valor da amostra controle. A queda do índice nas amostras com farinha de estipe de cogumelo pode ser atribuída à interferência das fibras insolúveis do estipe na formação da estrutura alveolar da massa.

Os valores do índice de expansão obtidos para as amostras de pão de queijo elaboradas com farinha de estipe de cogumelo shiitake foram inferiores aos reportados na literatura por Pereira (2001), que observou variação entre 1,24 e 1,50, e por Machado (2003), com valor de 1,65. Contudo, os resultados deste estudo aproximam-se dos encontrados por Nagata (2011), que registrou índice de 0,98. Segundo Pereira (2001), maiores índices de expansão estão diretamente associados à melhor qualidade do pão de queijo, sugerindo que as amostras deste trabalho podem apresentar características tecnológicas distintas em comparação às formulações tradicionais.

Os dados de expansão das quatro amostras de pão de queijo (0%, 5%, 15% e 30%), avaliadas após o processo de cocção, indicou que não houve diferenças estatísticas significativas entre os tratamentos e a ausência de diferença significativa

entre as amostras pode indicar que a farinha de estipe de cogumelo shiitake não interferiu na rede proteica ou na gelatinização do amido, fatores críticos para a expansão (Bertolini *et al.*, 2001).

A média de expansão variou de 1,05 mm (0% e 15%) a 1,11 mm (30%), esses dados são consistentes com estudos que avaliam a incorporação de farinhas não convencionais em produtos de panificação, como os de Almeida, Chang e Steel (2020a), que observaram que substituições parciais de farinha de trigo por ingredientes alternativos, como fibras e proteínas vegetais, nem sempre impactam significativamente as propriedades físicas do produto final, desde que a estrutura do glúten não seja comprometida. A expansão durante o cozimento é causada pelo excesso de pressão nas células de gás, resultando num equilíbrio entre o aumento de pressão nas bolhas e a permeabilidade ao gás das paredes das bolhas, quando as propriedades reológicas mudam (Bertolini *et al.*, 2001).

A Tabela 12 mostra os resultados da acidez titulável e coeficiente de expansão nas amostras dos pães de queijo com diferentes concentrações de farinhas de estipe de cogumelo shiitake.

Tabela 12 - Acidez titulável e coeficiente de expansão dos pães de queijo com diferentes concentrações de farinhas de estipe de cogumelo shiitake

Amostra	Acidez titulável (meq (100 g)$^{-1}$)	Coeficiente de expansão (%)
T1 - 0% de farinha	1,72 ± 0,35^{B}	0,20 ± 0,0045^{B}
T2 - 5% de farinha	3,24 ± 0,21^{A}	0,18 ± 0,001^{B}
T3 - 15% de farinha	2,89 ± 0,18^{AB}	1,86 ± 0,005^{A}
T4 - 30% de farinha	2,42 ± 0,09^{AB}	1,97 ± 0,006^{A}

Fonte: Elaborado pelo autor (2025). Nota: Mediana com letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente a $p < 0,05$, segundo o teste de Kruskal-Wallis Hanks e médias com letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente a $p < 0,05$, segundo o teste de Kruskal-Wallis Hanks.

A análise da acidez titulável dos pães de queijo elaborados com diferentes concentrações de farinha de estipe de cogumelo shiitake revelou efeito da adição do ingrediente sobre esse parâmetro. O pão de queijo controle apresentou o menor valor de acidez titulável (1,72 ± 0,35 meq (100 g)$^{-1}$), enquanto a formulação contendo 5% de farinha de estipe de shiitake apresentou a maior acidez (3,24 ± 0,21 meq (100 g)$^{-1}$),

diferindo significativamente do controle ($p < 0,05$), segundo o teste de Kruskal-Wallis Hanks. As formulações contendo 15% (2,89 ± 0,18 meq (100 g)$^{-1}$) e 30% de farinha (2,42 ± 0,09 meq (100 g)$^{-1}$) apresentaram valores intermediários de acidez titulável, não diferindo estatisticamente das demais formulações.

O aumento da acidez observado na formulação com 5% de farinha pode estar associado à presença de ácidos orgânicos nos tecidos fúngicos de *Lentinula edodes*. Cogumelos do gênero *Lentinula* são reconhecidos por acumularem ácidos orgânicos, como os ácidos oxálico, málico, cítrico e succínico, compostos que contribuem diretamente para a acidez titulável de produtos elaborados com seus derivados (Barros; Pereira; Ferreira, 2013; Carneiro *et al.*, 2013). No entanto, as formulações contendo 15% e 30% de farinha não diferiram significativamente da amostra controle, indicando que o aumento da concentração da farinha não resultou em elevação proporcional da acidez titulável. Esse resultado pode estar relacionado às interações entre os diferentes componentes da formulação, que influenciam a expressão dos compostos ácidos no produto final (Damodaran; Parkin; Fennema, 2010).

Os valores de acidez titulável obtidos neste estudo (1,72 a 3,24 meq (100 g)$^{-1}$) situam-se abaixo dos relatados por Santos (2006), que encontrou 4,91 meq (100 g)$^{-1}$, e por Nagata (2011), que reportou 10,44 meq (100 g)$^{-1}$, aproximando-se do valor descrito por Machado (2003), de 3,12 meq (100 g)$^{-1}$. Essas diferenças podem ser atribuídas, principalmente, ao tipo e à proporção de polvilho utilizados nas formulações. O polvilho azedo, amplamente empregado na produção tradicional de pão de queijo, passa por um processo de fermentação natural seguido de secagem ao sol, durante o qual ocorre a produção de ácidos orgânicos, especialmente ácido lático, pela ação de bactérias ácido-láticas. Como consequência, esse ingrediente apresenta acidez substancialmente superior à do polvilho doce. Além disso, diferentes lotes e origens de polvilho azedo podem apresentar variações no grau de fermentação e, consequentemente, no teor de ácidos orgânicos formados, influenciando diretamente os valores de acidez titulável observados nos produtos finais (Cereda, 1987; Demiate *et al.*, 1999).

De acordo com Silva *et al.* (2009), a acidez titulável em pães de queijo varia em função da composição da formulação, da qualidade e do grau de fermentação do polvilho, do teor de queijo e das condições de processamento. Dessa forma, as diferenças observadas entre os tratamentos podem estar relacionadas tanto à adição da farinha de estipe de shiitake quanto às interações entre os componentes da

formulação, especialmente entre as proteínas do queijo e o amido do polvilho. Embora a formulação contendo 5% de farinha de estipe de shiitake tenha apresentado o maior valor de acidez titulável, todas as amostras apresentaram baixos valores de acidez, indicando que a incorporação da farinha não comprometeu o perfil de acidez das formulações.

Do ponto de vista tecnológico, a acidez titulável influencia atributos sensoriais como sabor e aroma, além de contribuir para a estabilidade microbiológica do produto. Em sistemas amiláceos, como o pão de queijo, variações na acidez podem afetar o comportamento do amido durante o processamento térmico, influenciando características estruturais do produto final, como textura e expansão (Saavedra *et al.*, 2023). Nesse contexto, os baixos valores de acidez observados sugerem que as formulações mantiveram condições adequadas para a preservação das características tecnológicas do produto. Além disso, a utilização da farinha de estipe de shiitake constitui uma estratégia de aproveitamento integral do cogumelo, alinhada aos princípios da economia circular e ao desenvolvimento de alimentos com maior valor nutricional agregado (Bruni; Silva; Oliveira, 2022; Baptista *et al.*, 2023).

A análise do coeficiente de expansão das amostras de pão de queijo, enriquecidas com farinha de estipe de cogumelo shiitake, revelou diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos. As amostras controle (0%) e com 5% de adição de farinha de cogumelo apresentaram coeficientes de expansão de 0,20% e 0,18%, respectivamente, sem diferença significativa entre si. Em contrapartida, as formulações com 15% e 30% de farinha apresentaram valores de 1,86% e 1,97%, respectivamente, significativamente superiores às amostras controle e 5%, indicando que a adição de farinha de estipe de cogumelo shiitake em concentrações iguais ou superiores a 15% promove aumento expressivo na expansão do produto durante o forneamento (Aplevicz; Demiate, 2007).

O coeficiente de expansão (Tabela 12) é amplamente reconhecido como um indicador da qualidade física de produtos panificados, especialmente pela sua relação direta com a leveza, aeração e textura do alimento (Santos, 2006). Fernandes, Delgado e Oliveira (2015), por exemplo, observaram coeficientes de expansão de 1,19% e 1,18% em formulações com 12% e 16% de farinha de banana verde, respectivamente, valores superiores aos observados nas amostras 0% e 5% de farinha deste estudo.

Texeira *et al.* (2016) encontraram coeficientes de expansão próximos a 0,30 em formulações tradicionais baseadas exclusivamente em polvilho, como corrobora com a amostra controle. Da mesma forma, Aguiar (2021) e Machado (2003) reportaram variações entre 1,24 e 1,65, respectivamente, utilizando ingredientes convencionais e métodos tradicionais de preparo, o que, embora superior aos valores observados nas amostras com menor teor de farinha de estipe de cogumelo shiitake, ainda são inferiores àqueles obtidos com maiores concentrações de shiitake (amostras 15% e 30%).

Estudos sobre a adição de subprodutos ricos em fibras, como o okara, também demonstraram efeitos positivos no coeficiente de expansão, como de Aplevicz e Demiate (2007), a adição de okara em diferentes concentrações resultou em pães de queijo com coeficientes de expansão variando entre 1,19 e 2,42%, dependendo da formulação, resultados compatíveis com os observados nas amostras enriquecidas com 15% e 30% de farinha de estipe de cogumelo shiitake neste estudo, sugerindo que a farinha de estipe de cogumelo shiitake pode desempenhar um papel semelhante na melhoria das características físicas do pão de queijo.

Já Santos (2006), em seu trabalho com pães de queijo elaborados com diferentes teores de fécula de mandioca e polvilho azedo, obteve coeficiente de expansão entre 33,33% e 80,00%, essa discrepância pode estar associada a diferentes metodologias para cálculo do coeficiente de expansão, diferenças na formulação, equipamentos utilizados ou mesmo à granulometria dos ingredientes (Capriles *et al.*, 2016).

Contudo, algumas publicações apontam que fibras de certos subprodutos vegetais podem, em concentrações intermediárias, favorecer a estrutura da massa (Capriles *et al.*, 2016). Fernandes, Delgado e Oliveira (2015), por exemplo, demonstraram que a adição de farinha de banana verde em teores de até 16% proporcionou coeficientes de expansão superiores (1,18 e 1,19) ao do controle, revelando que nem toda fibra compromete a expansão do produto. Além disso, Kim *et al.* (2018) observaram que a adição de fibras de cogumelo contribuiu para uma estrutura mais aerada e elástica da massa, desde que em proporções adequadas. Esses resultados são consistentes com os das amostras 15% e 30% deste estudo, cujos coeficientes de expansão foram superiores à do controle, sugerindo uma possível atuação da fibra do estipe do shiitake como agente estruturante na formação de bolhas de gás durante o forneamento (Capriles *et al.*, 2016).

Na Tabela 13 mostra a firmeza dos pães de queijo com diferentes concentrações de farinha de estipe de cogumelo shiitake dentro da embalagem plástica ao longo do tempo pós-forneamento (30 min a 240 minutos) e a Tabela 14 mostra a firmeza dos pães de queijo com diferentes concentrações de farinha de estipe de cogumelo shiitake fora da embalagem plástica ao longo do tempo pós-forneamento (30 min a 240 minutos). A embalagem utilizada foi de polipropileno.

Tabela 13 - Firmeza dos pães de queijo com diferentes concentrações de farinha de estipe de cogumelo shiitake dentro da embalagem plástica ao longo do tempo pós-forneamento (30 min a 240 minutos)

Tempo	30 minutos		60 minutos	
Amostra	Superfície (N)	Base (N)	Superfície (N)	Base (N)
T1 - 0% de farinha	1,49 ± 0,96	1,21 ± 0,30	1,55 ± 0,62	2,26 ± 0,33
T2 - 5% de farinha	4,78 ± 2,87	5,75 ± 2,44	3,12 ± 3,21	4,37 ± 2,43
T3 - 15% de farinha	4,75 ± 2,36	6,96 ± 1,54	4,42 ± 2,45	6,42 ± 1,71
T4 - 30% de farinha	0,93 ± 0,22	2,83 ± 2,83	1,01 ± 0,44	1,81 ± 1,98
Tempo	120 minutos		240 minutos	
Amostra	Superfície (N)	Base (N)	Superfície (N)	Base (N)
T1 - 0% de farinha	2,46 ± 0,76	1,58 ± 0,17	1,75 ± 0,47	2,10 ± 0,52
T2 - 5% de farinha	3,87 ± 2,93	5,48 ± 3,73	2,21 ± 0,52	1,68 ± 0,54
T3 - 15% de farinha	4,79 ± 3,62	5,95 ± 2,28	1,87 ± 1,29	2,94 ± 2,25
T4 - 30% de farinha	0,75 ± 0,25	1,30 ± 1,27	0,81 ± 0,12	1,21 ± 0,51

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

A análise da firmeza das amostras de pão de queijo com diferentes concentrações de farinha de estipe de cogumelo shiitake (5%, 15% e 30%) revelou um aumento progressivo na firmeza das amostras, especialmente após 120 e 240 minutos do forneamento. Este comportamento pode ser atribuído ao alto teor de fibras insolúveis presentes na farinha de estipe de shiitake, que promove maior retenção de água e formação de uma matriz mais rígida na estrutura do pão, conforme evidenciado

por Nunes e Vieites (2023), que destacam a influência das fibras na textura de produtos de panificação.

Tabela 14 - Firmeza dos pães de queijo com diferentes concentrações de farinha de estipe de cogumelo shiitake fora da embalagem plástica ao longo do tempo pós-forneamento (30 min a 240 minutos)

Tempo	30 minutos		60 minutos	
Amostra	Superfície (N)	Base (N)	Superfície (N)	Base (N)
T1 - 0% de farinha	1,05	8,33	1,11	2,79
T2 - 5% de farinha	2,89	7,85	2,52	8,26
T3 - 15% de farinha	2,63	6,13	1,81	5,51
T4 - 30% de farinha	0,7	0,58	1,72	5,93
Tempo	120 minutos		240 minutos	
Amostra	Superfície (N)	Base (N)	Superfície (N)	Base (N)
T1 - 0% de farinha	1,68	1,48	1,71	6,99
T2 - 5% de farinha	1,66	3,82	3,09	1,05
T3 - 15% de farinha	2,21	4,11	2,54	2,44
T4 - 30% de farinha	0,71	0,41	0,91	2,07

Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

As amostras acondicionadas dentro de embalagens de polipropileno apresentaram maior estabilidade e uniformidade na firmeza, com variações menos acentuadas nas medições realizadas em diferentes intervalos de tempo. Essa proteção física proporcionada pela embalagem limitou a perda de umidade e reduziu o impacto do resfriamento sobre o endurecimento da crosta, retardando o processo de retrogradação do amido, conhecido por promover a perda de maciez em produtos panificados (Souza; Fernando, 2016). Os resultados corroboram estudos que enfatizam a importância da embalagem para a preservação da qualidade tecnológica de pães e derivados, sendo essencial para prolongar sua vida útil e manter características sensoriais desejáveis (Gallardo *et al.*, 2024).

Por outro lado, as amostras mantidas fora da embalagem apresentaram maior variabilidade da firmeza, tanto entre os tempos analisados quanto entre superfície e base dos pães de queijo. As medidas das bases, que entram em contato direto com a superfície da assadeira, indicaram maior dureza em relação às superfícies, refletindo uma perda de umidade mais acelerada. Esse comportamento se intensifica na ausência de embalagem, devido à evaporação contínua da água e ao impacto da convecção térmica (Sharma *et al.*, 2024). A literatura reforça esse achado, apontando que superfícies mais expostas durante o forneamento tendem a apresentar firmeza mais seca e rígida, o que pode comprometer a aceitação do consumidor (Fernández-López *et al.*, 2025).

Ao analisar a influência da concentração da farinha de estipe, percebe-se que a adição de 30% de farinha de estipe de cogumelo shiitake compromete significativamente a firmeza final. A amostra 30% apresentou valores baixos de força tanto dentro quanto fora da embalagem, com registros de até 0,22 N na base, indicando um enfraquecimento estrutural da massa (Yuan *et al.*, 2017). De acordo com Rahman e Mahomund (2023) a alta concentração de fibras insolúveis, quando em excesso, interfere na formação da rede elástica de amido e proteínas, resultando em um produto mais quebradiço e com menor coesão, e esses resultados estão em conformidade com estudos que demonstram que a funcionalidade da adição de ingredientes fibrosos depende da moderação na formulação, sendo que concentrações acima de 20% podem afetar negativamente as propriedades físicas e sensoriais do produto.

Ao confrontar os dados obtidos neste estudo (Tabelas 13 e 14) com os reportados na literatura, observou-se que os valores de força de compressão aqui registrados são inferiores aos encontrados por outros autores em formulações convencionais de pão de queijo. Santos (2006), ao empregar diferentes proporções de fécula de mandioca e polvilho azedo, relatou forças de compressão variando entre 15,30 e 23,59 N. Machado (2003) obteve valor de 16,64 N para amostras elaboradas exclusivamente com polvilho azedo, enquanto Pereira (2001) registrou intervalos de 15,69 a 20,38 N em pães de queijo congelados. Nagata (2011) reportou valores ainda mais elevados, entre 18,74 e 46,23 N, e Fernandes, Delgado e Oliveira (2015) encontrou variações entre 12,96 e 18,87 N.

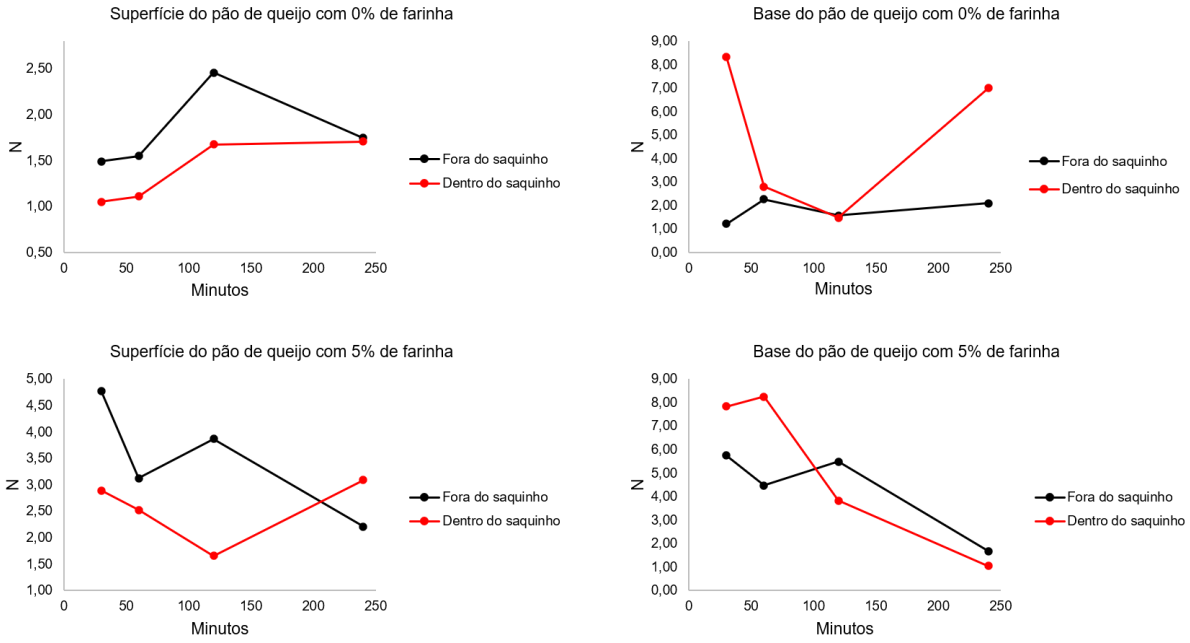
Sob a perspectiva sensorial e tecnológica, a combinação ideal parece estar na faixa de 5% a 15% de farinha de estipe de cogumelo shiitake. Em conjunto com o uso

de embalagem, essas formulações preservaram a firmeza, com boa coesão e resistência ao longo do tempo, especialmente nas amostras 5% e 15%. Estudos recentes indicam que a adição de cogumelo nesse intervalo não compromete a aceitabilidade do produto, ao contrário, pode enriquecer o valor nutricional sem causar alterações sensoriais significativas (Subhra *et al.*, 2025; Minim *et al.*, 2006).

A Figura 16 mostra o comportamento da firmeza dos pães de queijo (superfície e base) das amostras com 0% e 5% de farinha de estipe, armazenadas com e sem embalagem de polipropileno, após o forneamento. E a Figura 17 mostra o comportamento da firmeza dos pães de queijo (superfície e base) das amostras com 15% e 30% de farinha de estipe, armazenadas com e sem embalagem de polipropileno, após o forneamento. As Figuras 16 e 17, revelaram variações na firmeza significativas ao longo do tempo. A amostra controle (0%), sem adição da farinha de estipe (Figura 16), apresentou valores de firmeza mais estáveis na superfície do pão de queijo ao longo dos tempos quando armazenada dentro da embalagem, com aumento gradual da resistência até 120 minutos e ligeira redução da firmeza aos 240 minutos. Em contraste, fora da embalagem, observou-se aumento mais expressivo da firmeza na superfície até 120 minutos e redução posterior, enquanto na base houve elevação significativa da firmeza inicial, seguida por estabilização. Este comportamento evidencia maior ressecamento em condições sem embalagem, associada à evaporação de umidade superficial — fenômeno já bem descrito em produtos amiláceos (Pereira; Gonçalves; Assis, 2024).

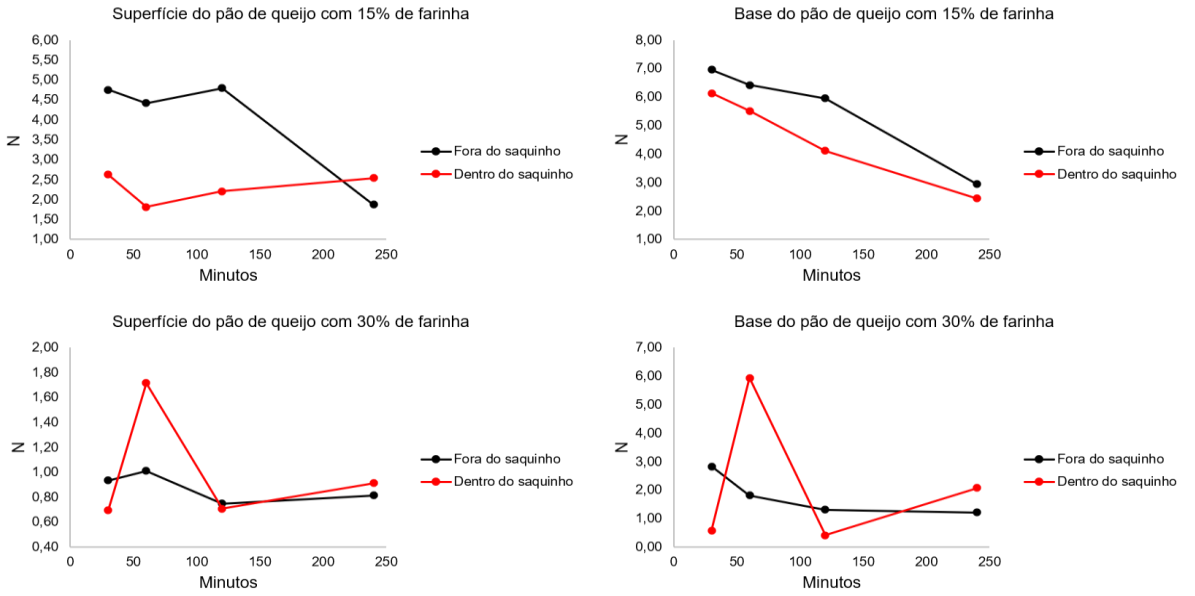
A adição de 5% de farinha de estipe (Figura 16) resultou em valores iniciais de firmeza mais elevados, com comportamento irregular ao longo do tempo, especialmente na base. Fora da embalagem, a firmeza diminuiu gradualmente tanto na superfície quanto na base, evidenciando o impacto da perda de umidade. Dentro da embalagem, embora a firmeza da superfície tenha oscilado, manteve-se mais estável, e na base houve queda progressiva até 240 minutos. A amostra com 15% de farinha (Figura 17) apresentou comportamento similar, porém com firmeza inicial ainda mais elevada fora da embalagem, seguida por acentuada redução aos 240 minutos. Já dentro da embalagem, houve menor variação, principalmente na superfície do pão de queijo. Isso demonstra que, em formulações com maior teor de fibra, o acondicionamento é essencial para a preservação da firmeza, pois reduz a taxa de perda hídrica e retarda a retrogradação do amido (Borges et al., 2020).

Figura 16 – Firmeza (N) dos pães de queijo (superfície e base) das amostras com 0% e 5% de farinha de estipe, armazenadas com e sem embalagem de polipropileno, aos 30 a 240 minutos após o forneamento



Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2025).

Figura 17 – Firmeza (N) dos pães de queijo (superfície e base) das amostras com 15% e 30% de farinha de estipe, armazenadas com e sem embalagem de polipropileno, aos 30 a 240 minutos após o forneamento



Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2025).

A amostra com 30% de farinha (Figura 17) apresentou os menores valores de firmeza ao longo do tempo, tanto dentro quanto fora da embalagem. Contudo, observou-se um pico transitório de firmeza aos 60 minutos nas amostras armazenadas dentro da embalagem, mais pronunciado na base e mais discreto na superfície. Esse comportamento pode ser atribuído à condensação do vapor d'água retido pela embalagem de polipropileno quando o produto é acondicionado ainda quente, promovendo absorção rápida e localizada de umidade pelo amido gelatinizado e acelerando a recristalização da amilopectina — fenômeno conhecido como retrogradação — que fortalece transitoriamente a rede de amido (Bosmans; Lagrain; Delcour, 2013). Com a redistribuição homogênea da umidade ao longo do tempo, esse efeito se dissipa. O pico mais pronunciado na base em relação à superfície é coerente com o maior gradiente térmico e hídrico nessa região, que permanece em contato direto com a assadeira durante o forneamento (Bosmans; Lagrain; Delcour, 2013). O comportamento global, no entanto, foi de baixa resistência mecânica, indicando que a alta incorporação de fibra insolúvel da farinha de estipe interfere na formação da rede amido-proteica típica do pão de queijo, comprometendo sua estabilidade estrutural (Silva *et al.*, 2021).

A adição de 5% a 15% da farinha, associada ao armazenamento em embalagem de polipropileno, proporcionou manutenção da firmeza, enquanto a formulação com 30% revelou limitações tecnológicas evidentes, como baixa resistência mecânica e comprometimento da rede amido-proteica, resultando em menor firmeza e coesão.

A Tabela 15 mostra o resultado da cor instrumental dos pães de queijo com diferentes concentrações de farinhas de estipe de cogumelo e a Tabela 16 mostra os valores dos autovetores da análise de componentes principais (PCA) da cor instrumental dos pães de queijo com diferentes concentrações de farinhas de estipe de cogumelo shiitake, a Figura 18 mostra a análise de componentes principais (PCA) da cor instrumental dos pães de queijo com diferentes concentrações de farinhas de estipe de cogumelo shiitake e a Figura 19 mostra a análise de componentes principais (PCA) por autovetores da cor instrumental dos pães de queijo com diferentes concentrações de farinhas de estipe de cogumelo shiitake.

A análise de componentes principais (PCA) aplicada aos dados de cor instrumental (L*, C* e h) dos pães de queijo enriquecidos com diferentes concentrações de farinha de estipe de cogumelo shiitake revelou padrões estruturados de variação cromática entre as amostras. Os dois primeiros

componentes principais explicaram conjuntamente 76,44% da variabilidade total dos dados, sendo 62,24% atribuídos ao primeiro componente (CP1) e 14,2% ao segundo (CP2).

Tabela 15 - Cor instrumental dos pães de queijo com diferentes concentrações farinhas de estipe de cogumelo shiitake

T1 - 0% de farinha (controle)

Parâmetros	Casca (superior)	Casca (inferior)	Miolo (superior)	Miolo (inferior)
L*	77,99 ± 0,28	55,28 ± 8,48	56,91 ± 2,67	58,41 ± 1,91
C*	37,67 ± 2,66	43,68 ± 3,27	24,1 ± 1,52	25,15 ± 1,45
h	87,33 ± 1,82	71,54 ± 4,76	93,91 ± 1,46	93,54 ± 1,54

T2 - 5% de farinha

Parâmetros	Casca (superior)	Casca (inferior)	Miolo (superior)	Miolo (inferior)
L*	68,66 ± 1,70	49,15 ± 6,66	57,05 ± 16,40	48,71 ± 5,34
C*	37,3 ± 0,83	38,85 ± 3,74	25,68 ± 0,83	25,19 ± 1,31
h	80,28 ± 2,10	69,27 ± 3,71	80,06 ± 14,85	85,81 ± 1,91

T3 - 15% de farinha

Parâmetros	Casca (superior)	Casca (inferior)	Miolo (superior)	Miolo (inferior)
L*	59,21 ± 2,49	40,24 ± 5,29	45,41 ± 2,00	45,73 ± 2,15
C*	33,35 ± 0,86	32,38 ± 3,73	28,05 ± 0,97	27,73 ± 0,46
h	78,33 ± 2,31	65,51 ± 3,22	80,15 ± 0,99	80,32 ± 1,47

T4 - 30% de farinha

Parâmetros	Casca (superior)	Casca (inferior)	Miolo (superior)	Miolo (inferior)
L*	43,83 ± 1,73	34,97 ± 4,43	39,39 ± 0,58	38,78 ± 2,07
C*	28,65 ± 1,26	24,28 ± 4,34	24,41 ± 1,01	24,39 ± 1,37
h	74,75 ± 1,70	64,53 ± 5,13	76,6 ± 0,69	76,23 ± 1,14

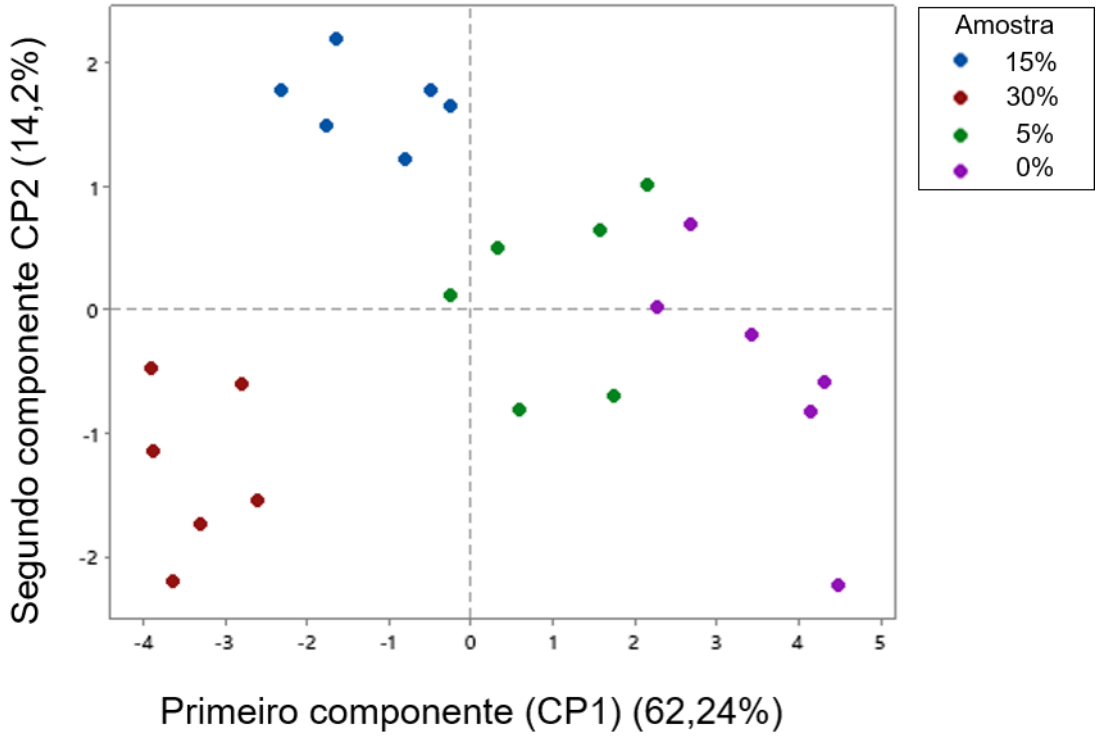
Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2025). Nota: Parâmetros: L*: luminosidade; h: ângulo ºHue (ângulo de tonalidade); C*: croma (intensidade da cor).

O primeiro componente (CP1) apresentou altas cargas positivas para variáveis relacionadas à luminosidade (L*) e ao croma (C*) tanto na casca quanto no miolo, além do ângulo ºHue (h) em diversas regiões, indicando que esse componente

representou majoritariamente a clareza e a intensidade geral da coloração dos produtos.

A amostra controle (0%), isenta de farinha de estipe, foi associada aos maiores valores de L* (casca (superior) = 77,99; miolo (superior) = 56,91) e de ºHue (até 93,91°), situando-se no primeiro quadrante de CP1 e CP2, o que denota coloração amarelada clara, típica de pães de queijo convencionais. À medida que a concentração da farinha aumentou (5%, 15% e 30%), observou-se tendência de deslocamento das amostras no gráfico para a esquerda, com redução progressiva da luminosidade e da saturação da cor, refletindo escurecimento sistêmico das amostras.

Figura 18 - Análise de componentes principais (PCA) da cor instrumental dos pães de queijo com diferentes concentrações de farinhas de estipe de cogumelo shiitake

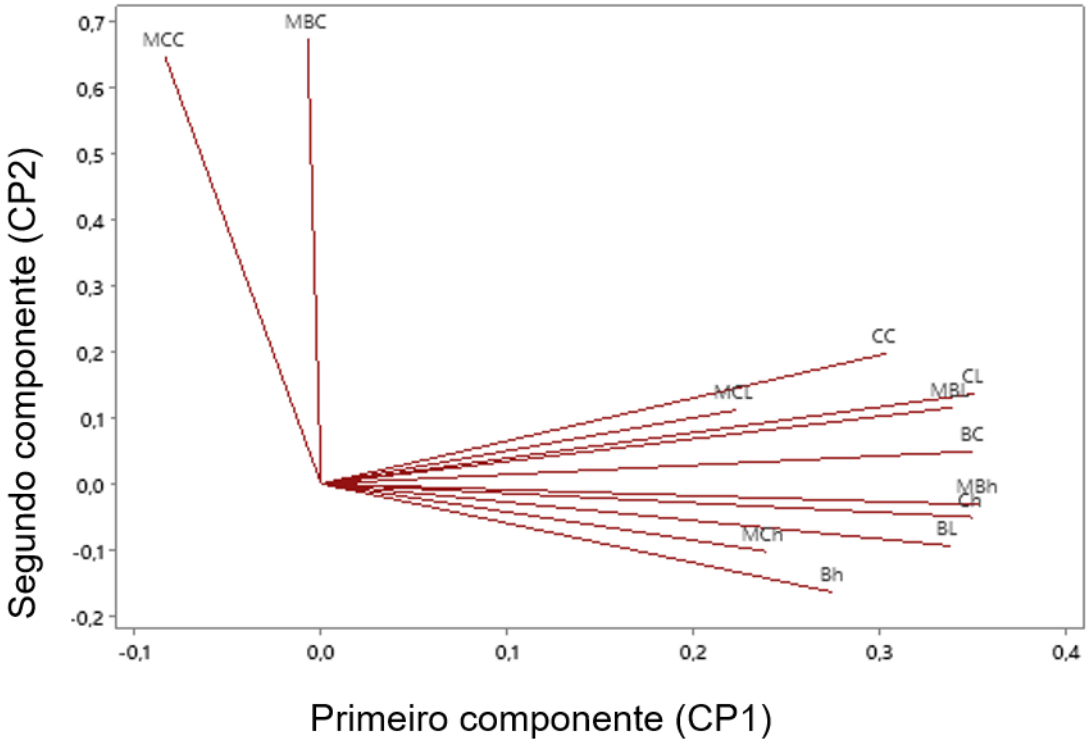


Fonte: Elaborado pelo autor (2025).

Esse comportamento pode ser atribuído à presença de compostos fenólicos, melanoidinas e pigmentos naturais como carotenoides e melaninas na farinha de estipe de shiitake, os quais participam ativamente de reações de escurecimento não enzimático durante o assamento, como a reação de Maillard (Zhang *et al.*, 2021; Lin, 2008; Nunes, 2022).

A redução dos valores do parâmetro croma (C*) nas amostras com maior teor de farinha (15% e 30%) indica menor saturação de cor, o que sugere que a interação entre os componentes bioativos da farinha e a matriz amilácea da massa interfere na vivacidade da coloração. Já a mudança no ângulo ºHue, com desvios de tonalidades amareladas para matizes mais avermelhadas ou amarronzadas, reforça a influência desses pigmentos na modulação da tonalidade final do produto (Das; Singh; Swaminathan, 2025).

Figura 19 - Análise de componentes principais (PCA) por autovetores da cor instrumental dos pães de queijo com diferentes concentrações de farinhas de estipe de cogumelo shiitake



Fonte: Elaborado pelo autor (2025). Nota: CL: casca superior referente ao parâmetro luminosidade (L*); CC: casca superior referente ao parâmetro croma (C*); Ch: casca superior referente ao ângulo ºHue; BL: casca inferior referente ao parâmetro luminosidade (L*); BC: casca inferior referente ao parâmetro croma (C*); Bh: casca inferior referente ao ângulo ºHue; MCL: miolo superior referente ao parâmetro luminosidade (L*); MCC: miolo superior referente ao parâmetro croma (C*); MCh: miolo superior referente ao ângulo ºHue; MBL: miolo inferior referente ao parâmetro luminosidade (L*); MBC: miolo inferior referente ao parâmetro croma (C*); MBh: miolo inferior referente ao ângulo ºHue.

O segundo componente principal (CP2), embora explique menor variância (14,2%), revelou-se útil para captar variações mais específicas, especialmente aquelas relacionadas à intensidade da cor no miolo, como indicado pelas cargas

elevadas das variáveis MCC (miolo superior, parâmetro croma (C*)) e MBC (miolo inferior, parâmetro croma (C*)) (Figura 19). Essas variáveis apresentaram baixa influência em CP1, mas influência significativa em CP2, sugerindo que esse eixo expressa variações complementares, possivelmente associadas à heterogeneidade térmica durante o cozimento ou à distribuição não uniforme dos pigmentos da farinha (Silva; Almeida; Sousa, 2022). Estudos anteriores com farinhas funcionais relatam que componentes bioativos, como fibras insolúveis e polissacarídeos fúngicos, podem afetar diferentemente regiões internas e externas dos produtos assados (Oliveira *et al.*, 2019).

Tabela 16 - Valores dos autovetores da análise de componentes principais (PCA) da cor instrumental dos pães de queijo com diferentes concentrações de farinhas de estipe de cogumelo shiitake

Variável	CP1	CP2
CL	0,351	0,136
CC	0,302	0,197
Ch	0,349	-0,05
BL	0,337	-0,094
BC	0,35	0,049
Bh	0,274	-0,164
MCL	0,222	0,111
MCC	-0,083	0,644
MCh	0,238	-0,102
MBL	0,339	0,115
MBC	-0,007	0,672
MBh	0,353	-0,031

Fonte: Elaborado pelo autor (2025). Nota: CL: casca superior referente ao parâmetro luminosidade (L*); CC: casca superior referente ao parâmetro croma (C*); Ch: casca superior referente ao ângulo ºHue; BL: casca inferior referente ao parâmetro luminosidade (L*); BC: casca inferior referente ao parâmetro croma (C*); Bh: casca inferior referente ao ângulo ºHue; MCL: miolo superior referente ao parâmetro luminosidade (L*); MCC: miolo superior referente ao parâmetro croma (C*); MCh: miolo superior referente ao ângulo ºHue; MBL: miolo inferior referente ao parâmetro luminosidade (L*); MBC: miolo inferior referente ao parâmetro croma (C*); MBh: miolo inferior referente ao ângulo ºHue.

A separação clara entre as amostras ao longo dos eixos dos componentes principais (PCA) indica que é possível distinguir de forma objetiva e robusta os efeitos da adição de farinha de estipe de cogumelo shiitake nos atributos visuais dos pães de queijo. O biplot dos autovetores mostra que as variáveis associadas à casca superior (CL, CC) e casca inferior (BL, BC) (Figura 19) estão fortemente alinhadas com o eixo do primeiro componente (CP1), enquanto as variáveis do miolo (MCC, MBC) se alinham com o eixo do segundo componente (CP2), revelando que os componentes cromáticos respondem de forma diferenciada à presença da farinha conforme a região analisada. Isso reforça o papel da PCA como ferramenta para rastreamento e padronização de produtos alimentícios com diferentes ingredientes, especialmente quando se busca compreender a complexa relação entre formulação, processamento térmico e aparência final (Kowalska *et al.*, 2021). Em síntese, a análise multivariada demonstrou que o primeiro componente (CP1) atua como principal discriminador das amostras com base na luminosidade e tonalidade externa, enquanto o segundo componente (CP2) contribui com informações adicionais sobre a intensidade da cor interna.

De acordo com a Figura 19, o eixo do primeiro componente (CP1) revelou-se fortemente associado aos parâmetros de luminosidade (L*) e ângulo ºHue (h), sobretudo nas regiões da casca superior e inferior, além do parâmetro croma (C*) em algumas dessas áreas. Os autovetores (Tabela 16) elevados para variáveis como CL (casca superior, parâmetro luminosidade (L*)) (0,351), Ch (casca superior, ângulo ºHue (h)) (0,349), BL (casca inferior, parâmetro luminosidade (L*)) (0,337) e MBh (miolo inferior, ângulo ºHue (h)) (0,353) indicam que a coloração da superfície é o principal fator de distinção entre as amostras ao longo deste componente. Esse resultado é consistente com estudos prévios que descrevem o escurecimento progressivo de produtos panificados com a adição de farinhas ricas em compostos fenólicos e pigmentos escuros, como a de cogumelos, os quais influenciam diretamente reações de escurecimento não enzimático, como a de Maillard (Zhang *et al.*, 2024; Lin, 2008; Tulbeck; Fernandes; Delgado, 2016).

Na Figura 19, observou-se separação nítida entre a amostra controle e aquelas com adição crescente de farinha de estipe de cogumelo shiitake, que se deslocam progressivamente em direção ao segundo quadrante (negativo) de CP1. Essa distribuição espacial está em consonância com a redução observada nos valores médios de luminosidade (L*) e croma (C*) nas amostras com maior concentração de

farinha, evidenciando o impacto da incorporação do ingrediente sobre a aparência visual do produto. Ingredientes como o shiitake, ricos em melaninas e polissacarídeos, contribuem não apenas para a intensificação da coloração marrom, mas também para a diminuição da luminosidade e da vivacidade da cor (Maffei; Borges; Sousa, 2020; Liu, 2018).

Já o CP2 está mais relacionado à intensidade da cor no miolo, apresentando autovetores elevados para MCC (0,644) e MBC (0,672), ambos referentes ao parâmetro croma na região do miolo do pão de queijo. Esse componente revela que, embora a coloração externa seja o fator dominante de variação entre as amostras (CP1), a saturação da cor no interior do produto também desempenha um papel relevante. Essa separação entre as regiões externa e interna pode ser explicada pela distribuição heterogênea dos compostos da farinha de shiitake durante o processamento térmico, com efeitos diferenciados de cor em função da exposição ao calor e da interação com a matriz alimentar (Oliveira *et al.*, 2019; Li *et al.*, 2019).

A análise conjunta dos autovetores (Figura 19) e do biplot reforça a existência de correlações intrínsecas entre variáveis ligadas à casca, que se alinham no eixo CP1, e variáveis do miolo, mais representativas no eixo CP2. A orientação quase ortogonal entre os vetores de MCC (miolo superior, parâmetro croma (C*)) e MBC (miolo inferior, parâmetro croma (C*)) em relação aos de CL (casca superior, parâmetro luminosidade (L*)) , CC (casca superior, parâmetro croma (C*)) e Ch (casca superior, ângulo ºHue (h)) sugere que essas variáveis fornecem informações complementares sobre a coloração do produto. A baixa contribuição do ângulo ºHue em CP2, com autovetores próximos de zero, aponta que a tonalidade não desempenha papel significativo na variabilidade residual, sendo as alterações de luminosidade e saturação os principais fatores perceptíveis tanto instrumental quanto sensorialmente (Martins; Pinho; Ferreira, 2022).

Dessa forma, os resultados da PCA por autovetores demonstram que a adição de farinha de estipe de cogumelo shiitake alterou sistematicamente os atributos de cor do pão de queijo, com ênfase na redução da luminosidade (L*) da casca e na modificação do croma (C*) no miolo. Essa abordagem multivariada permitiu não apenas discriminar as amostras com base na concentração da farinha de estipe de cogumelo shiitake, mas também identificar os parâmetros cromáticos mais sensíveis a essas modificações. Tais evidências corroboram estudos que utilizam PCA como

ferramenta para controle de qualidade e desenvolvimento de formulações funcionais com melhor apelo visual (Kowalska *et al.*, 2021).

A descrição da cor foi atribuída com base na posição estimada no espaço de cor CIELAB (Commission Internationale de l'Éclairage – L; a; b*), de acordo com Konica Minolta (2023). A Tabela 17 mostra a cor aproximada das amostras dos pães de queijo com diferentes teores de farinha de estipe de cogumelo shiitake depois do forneamento de acordo com os parâmetros colorimétricos no espaço CIELAB.

Tabela 17 - Cor aproximada dos pães de queijo com diferentes teores de farinha de estipe de cogumelo shiitake depois do forneamento de acordo com os parâmetros colorimétricos no espaço CIELAB

Amostra	Componente	L*	C*	h (°)	Cor aproximada no diagrama CIELAB
T1 - 0% de farinha	Casca superior	78	37,7	87,3	Amarelo claro
	Casca inferior	55,3	43,7	71,5	Amarelo-alaranjado intenso
	Miolo superior	56,9	24,1	93,9	Amarelo pálido
	Miolo inferior	58,4	25,2	93,5	Amarelo pálido
T2 - 5% de farinha	Casca superior	68,7	37,3	80,3	Amarelo-laranja
	Casca inferior	49,2	38,9	69,3	Laranja amarelado
	Miolo superior	57,1	25,7	80,1	Amarelo-laranja
	Miolo inferior	48,7	25,2	85,8	Amarelo menos saturado
T3 - 15% de farinha	Casca superior	59,2	33,4	78,3	Laranja médio
	Casca inferior	40,2	32,4	65,5	Laranja avermelhado escuro
	Miolo superior	45,4	28,1	80,2	Laranja escurecido
	Miolo inferior	45,7	27,7	80,3	Laranja escurecido
T4 - 30% de farinha	Casca superior	43,8	28,7	74,8	Laranja escuro e opaco
	Casca inferior	35	24,3	64,5	Laranja-avermelhado apagado
	Miolo superior	39,4	24,4	76,6	Laranja amarelado escuro
	Miolo inferior	38,8	24,4	76,2	Laranja amarelado escuro

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2025). Nota: L* representa a luminosidade, C* a intensidade da cor (croma), h o ângulo de tonalidade (ºHue), e a descrição da cor foi atribuída com base na posição estimada no Diagrama CIELAB, conforme Konica Minolta (2023).

A análise instrumental das cores nas quatro amostras de pão de queijo indicou clara correlação entre o aumento da porcentagem de farinha de estipe de cogumelo

shiitake e a mudança nos parâmetros L*, C* e h, conforme visualizado no diagrama do espaço de cor CIELAB (Figura 9A) e no modelo tridimensional de cromaticidade (Figura 9B).

A amostra controle (0%) apresentou valores elevados de luminosidade (L*), com a casca atingindo 77,99, e um ângulo ºHue de 87,33°, indicando coloração mais clara e amarelada, coerente com a posição próxima ao eixo +b* (amarelo) no círculo cromático (Figura 9B). A casca inferior, com C* de 43,68 e h = 71,54°, demonstrou tonalidade mais intensa e levemente alaranjada.

Na amostra com 5% de farinha, houve redução da luminosidade, especialmente na casca inferior (L* = 49,15), e um deslocamento do ângulo ºHue para regiões de laranja-amarelado (h = 69,27°), sugerindo uma tonalidade mais quente e escura, ainda mantendo boa intensidade cromática (C* > 38). Com 15% de farinha, a tendência de escurecimento e alteração tonal foi acentuada, com L* da casca inferior em apenas 40,24 e h em 65,51°, aproximando-se do setor laranja-avermelhado do diagrama de cor (Figura 6). Por fim, a amostra com 30% de farinha atingiu os menores valores de L* (casca inferior: 34,97), com C* e h também reduzidos, apontando para uma coloração mais opaca e terrosa.

A avaliação integrada dos parâmetros demonstrou que a coloração da casca inferior de cada amostra foi o componente mais afetado pela formulação, posicionando-se em regiões progressivamente mais próximas do quadrante laranja-avermelhado (+a*/+b*) no espaço CIELAB com o aumento da farinha de cogumelo.

A intensidade da cor (parâmetro croma (C*)) foi mais evidente nas cascas do que nos miolos, o que é esperado dado o contato direto com o calor durante o assamento. Dessa forma, o uso crescente da farinha de estipe cogumelo shiitake impactou significativamente a aparência visual do produto final, tornando-o mais escuro, menos brilhante e com tonalidades quentes e menos saturadas. A Figura 20 mostra os pães de queijo com diferentes concentrações de farinhas de estipe de cogumelo shiitake antes do forneamento e a Figura 21 mostra os pães de queijo com diferentes concentrações de farinhas de estipe de cogumelo shiitake depois do forneamento.

A Figura 22 mostra a comparação da luminosidade (L*) por componente dos pães de queijo com diferentes concentrações de farinhas de estipe de cogumelo shiitake e evidenciando claramente a tendência de redução da luminosidade (L*) nas amostras dos pães de queijo à medida que se eleva a concentração de farinha de

estipe de cogumelo shiitake na formulação. A amostra controle (0%), isenta da farinha, apresentou os maiores valores de luminosidade (L*) em todos os componentes analisados, indicando coloração mais clara e visualmente atrativa. Em contrapartida, a amostra com maior teor de farinha (30%) apresentou os menores valores de luminosidade, destacando-se a casca inferior como o componente mais escurecido. A diferença consistente entre a casca superior e a casca inferior indicando a influência direta da intensidade térmica no processo de escurecimento (Kowalska *et al.*, 2021).

Figura 20 - Pães de queijo com diferentes concentrações de farinhas de estipe de cogumelo shiitake antes do forneamento

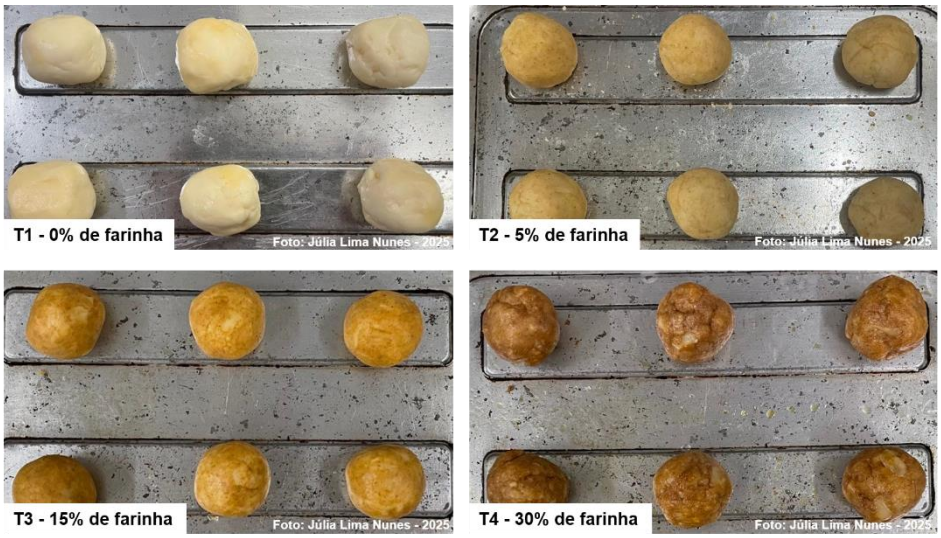
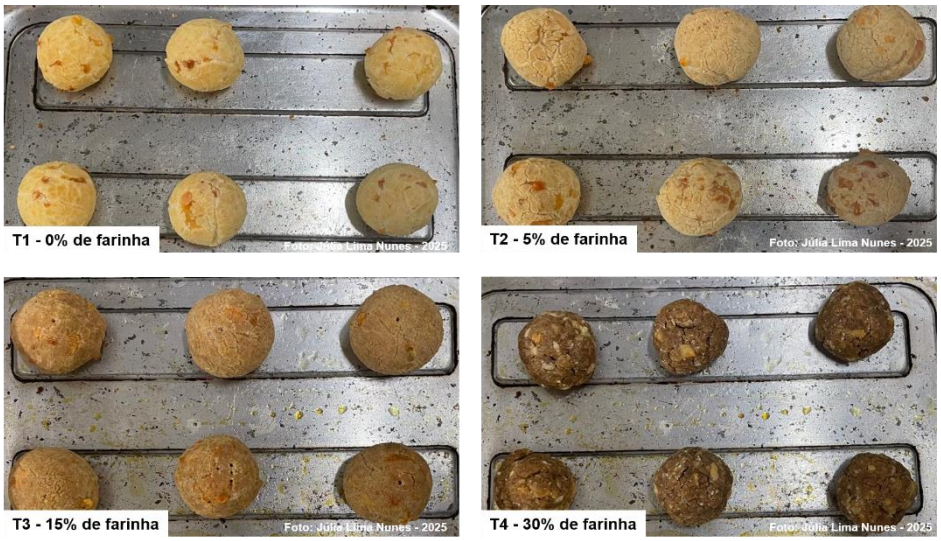
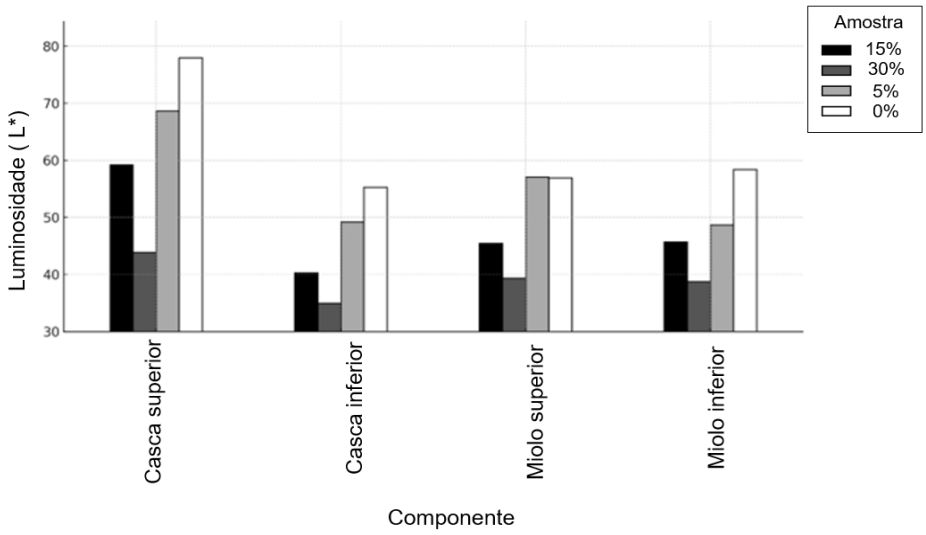


Figura 21 - Pães de queijo com diferentes concentrações de farinhas de estipe de cogumelo shiitake depois do forneamento



O miolo superior e o miolo inferior, embora menos afetados, também apresentaram redução nos valores de luminosidade (L*), revelando que os efeitos da formulação, ainda que atenuados pela posição interna, se estendem a toda a estrutura do produto. Este comportamento corrobora que o aumento da concentração da farinha de estipe de cogumelo shiitake contribui significativamente para o escurecimento da matriz alimentar e desloca sua tonalidade para regiões do espectro próximas ao laranja-avermelhado, modificando de forma perceptível a aparência externa e interna do pão de queijo (Costa, 2018).

Figura 22 - Luminosidade (L*) por componente dos pães de queijo com diferentes concentrações de farinhas de estipe de cogumelo shiitake



Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2025).

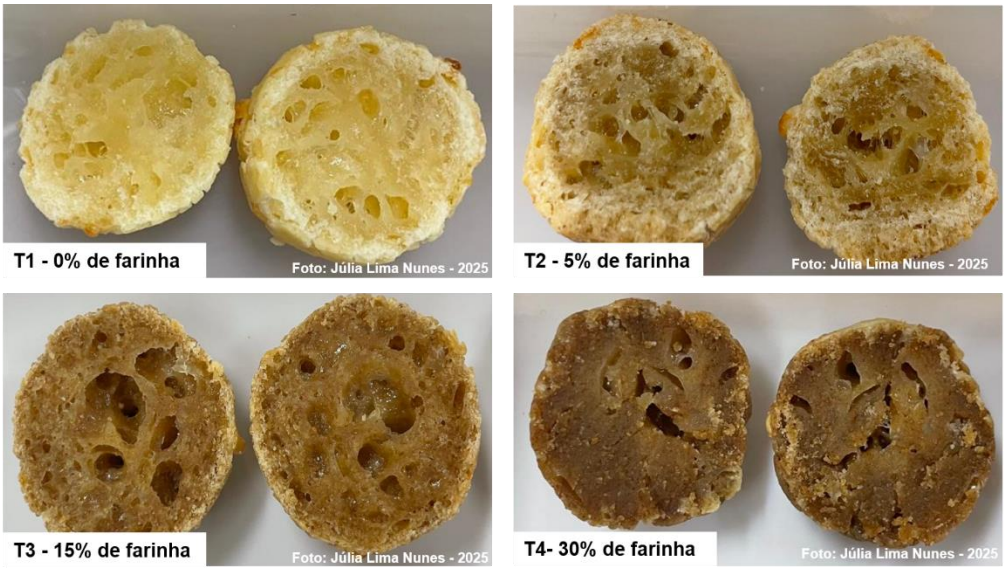
4.5 ESTRUTURA DO MIOLO DOS PÃES DE QUEIJO

A Figura 23 mostra a estrutura do miolo dos pães de queijo com diferentes concentrações de farinhas de estipe de cogumelo shiitake depois do assamento.

A análise das amostras de pão de queijo (0%, 5%, 15% e 30%) revelou alterações significativas na estrutura do miolo correlacionadas com a adição de farinha de estipe de cogumelo shiitake. A amostra 0%, sem adição de farinha de cogumelo, apresentou miolo com estrutura alveolar uniforme, típica de pães de queijo tradicionais, caracterizada por poros bem distribuídos e textura macia. De acordo com Machado e Pereira (2010b), essa estrutura é resultado da interação entre o polvilho,

o queijo e os ovos, que conferem elasticidade e retenção de gases durante o forneamento e de acordo com esses autores, o perfil reológico adequado da massa é essencial para a formação de estruturas porosas que garantem boa expansão e textura agradável no pão de queijo.

Figura 23 - Estrutura do miolo dos pães de queijo com diferentes concentrações de farinhas de estipe de cogumelo shiitake depois do assamento



Com a introdução de 5% de farinha de estipe de shiitake, observou-se leve densificação do miolo, com poros ligeiramente menores e a textura pouco mais firme. A farinha de estipe de shiitake é rica em fibras insolúveis (57,36%) e proteínas (13,97%), o que pode interferir na formação da matriz amilácea, resultando numa estrutura menos aerada (Nunes, 2022). Segundo Nunes (2022), a presença significativa de fibras na farinha de estipe impacta diretamente a retenção de gases na massa, comprometendo a expansão e afetando a textura do produto final.

Na amostra com 15% de adição de farinha de estipe, a densificação do miolo foi mais pronunciada, com poros significativamente menores e textura mais compacta. A maior concentração de fibras e proteínas interfere ainda mais na formação da estrutura do miolo, possivelmente devido à competição por água durante o processo de gelatinização do amido e à interrupção da rede proteica, resultando numa estrutura menos coesa (Costa, 2018). LU *et al.* (2021) relatam que o enriquecimento de produtos de panificação com compostos bioativos de cogumelos, como fibras

dietéticas, alterou significativamente as propriedades físico-químicas da massa, especialmente no que diz respeito à formação de poros e textura final.

A amostra com 30% de farinha de estipe de shiitake, apresentou miolo denso e compacto, com poros quase inexistentes e textura firme. A alta concentração de fibras insolúveis pode ter causado interrupção significativa na formação da matriz amilácea, resultando numa estrutura rígida e menos palatável (Sławińska *et al.,* 2022). Estudos de Sławińska *et al.* (2022) demonstram que teores elevados de cogumelo em formulações de panificação reduzem o volume específico e aumentam a dureza do produto final, corroborando a aparência densa e compacta.

4.6 BIOATIVOS NO PÃO DE QUEIJO

Os compostos fenólicos nas amostras de pão de queijo, com diferentes níveis de adição de farinha de estipe de cogumelo shiitake, demonstrou que o incremento deste ingrediente promoveu aumento estatisticamente significativo nos teores de fenólicos totais, como mostra a Tabela 18.

O tratamento controle, sem a adição da farinha, apresentou 43,90 mg EAG.g^{-1}, enquanto o com maior teor de farinha de estipe (30%), atingiu 85,63 mg EAG.g^{-1}. Comparativamente, Ferreira *et al.* (2015) reportaram 104,93 mg EAG.$100g^{-1}$ em pão de queijo com gengibre, valor substancialmente inferior ao encontrado nas formulações com farinha de estipe de cogumelo shiitake, reforçando o potencial antioxidante superior deste ingrediente.

Quando comparados aos resultados de Coelho (2014), que observaram aumento dos compostos fenólicos totais de 197,2 para 261,9 mg EAG g^{-1} em pães enriquecidos com farinha de chia, verifica-se que, embora os valores obtidos com a farinha de estipe de shiitake sejam inferiores aos da chia, ainda se mostram superiores aos relatados para outras fontes naturais, como feijão-caupi e gengibre. Ressalta-se que os resultados de Coelho (2014) referem-se ao pão de forma, cuja matriz alimentar pode favorecer a retenção de compostos fenólicos em maior escala do que produtos como o pão de queijo, uma vez que este apresenta formulação rica em amido de mandioca e características físico-químicas distintas.

Tabela 18 - Bioativos nos pães de queijo com diferentes concentrações farinhas de estipe de cogumelo shiitake

Amostra	Compostos fenólicos (mg EAG g^{-1})	Compostos antioxidantes (DPPH mol^{-1})
T1 - 0% de farinha	43,90 ± 3,90^{C}	37,82 ± 1,35^{A}
T2 - 5% de farinha	56,93 ± 6,87^{B}	32,03 ± 2,78^{B}
T3 - 15% de farinha	66,99 ± 5,46^{B}	30,66 ± 4,59^{B}
T4 - 30% de farinha	85,63 ± 5,92^{A}	22,88 ± 2,17^{C}

Fonte: Elaborado pelo autor (2025). Nota: Médias com letras iguais na mesma coluna não diferem significativamente a $p < 0,05$, segundo o teste de Tukey e médias com letras diferentes na mesma coluna diferem significativamente a $p < 0,05$, segundo o teste de Tukey.

Os dados obtidos por Kazerski (2020), que trabalhou com pão de queijo adicionado de extrato de erva-mate e obteve teores de compostos fenólicos variando de 3,33 a 11,26 mg EAG.g^{-1}, corroboram o potencial do uso da farinha de cogumelo. Mesmo o tratamento que não continha farinha de estipe de cogumelo shiitake, apresentou valores mais altos (43,90 mg EAG g^{-1}) do que os relatados por Kazerski (2020), sugerindo que outros fatores, como ingredientes base e processamento térmico, podem influenciar a retenção e liberação de compostos fenólicos. A superioridade dos valores encontrados nos tratamentos com 5%, 15% e 30% indicou capacidade do estipe de cogumelo shiitake de fornecer e manter fenólicos mesmo após o processo de cocção, o que é coerente com sua composição rica em polissacarídeos e fenóis termorresistentes (Kazerski, 2020; Liu, 2018; Deng *et al.*, 2023).

Cavalcante *et al.* (2018), obtiveram, em seu estudo, 105,29 mg EAG g^{-1} para o pão de queijo padrão e 188,39 mg EAG g^{-1} para o pão de queijo enriquecido com feijão-caupi, resultados bastante elevados. Embora os valores obtidos neste experimento tenham variado de 43,90 a 85,63 mg EAG g^{-1} e não tenham alcançado os níveis reportados em alguns estudos, tais resultados devem ser interpretados considerando o perfil funcional específico do cogumelo shiitake, que, além de compostos fenólicos, também contém β-glucanas e outros compostos imunomoduladores ausentes no feijão. Além disso, diferenças metodológicas entre os estudos, como tipo de extração, matriz alimentar e método de quantificação de fenólicos, devem ser consideradas na comparação dos resultados (Kazerski, 2020).

Os tratamentos com 5%, 15% e 30% de farinha de estipe demonstraram ganhos progressivos e significativos, atingindo valores de 56,93, 66,99 e 85,63 mg EAG g^{-1}, respectivamente. Mesmo que outras fontes, como o feijão-caupi, apresentem teores ainda mais elevados de compostos fenólicos totais, como demonstrado por Cavalcante *et al.* (2018), os cogumelos destacam-se por oferecer perfil funcional mais diversificado. Esses resultados reforçam o potencial dos cogumelos como ingredientes altamente eficazes para aplicações na panificação, como o pão de queijo, agregando propriedades nutricionais relevantes sem prejuízo à formulação-base (Cavalcante *et al.*, 2018).

Os dados de atividade antioxidante (DPPH mol^{-1}) das amostras de pão de queijo (Tabela 18) indicam variação conforme o teor de farinha de estipe de cogumelo shiitake. Os resultados foram expressos em DPPH mol^{-1}, representando a relação entre mol de radical DPPH consumido por mol de amostra, de modo que valores menores indicam maior atividade antioxidante. O tratamento controle, sem adição de farinha, apresentou o maior valor (37,82 DPPH mol^{-1}), indicando menor capacidade antioxidante entre os tratamentos avaliados. À medida que a concentração de farinha de estipe de cogumelo aumentou (de 5% a 30%), observou-se redução progressiva e estatisticamente significativa nos valores de DPPH mol^{-1} (valores com letras diferentes indicam diferenças significativas a $p < 0,05$), refletindo melhora na atividade antioxidante dos produtos enriquecidos. Isso pode estar relacionado à presença de compostos fenólicos bioativos no cogumelo, como lentinana e eritadenina, que têm reconhecida ação antioxidante. Estudos como o de Negri (2012) reforçam essa ideia, mostrando que o cogumelo shiitake possui componentes antioxidantes relevantes, mesmo após processamentos térmicos típicos da panificação.

Comparando esses dados com a literatura, especialmente com os valores reportados por Kazerski (2020), que encontrou uma faixa de 9,63 a 71,95 DPPH mol^{-1} em pães de queijo enriquecidos com extrato de erva-mate, observa-se que as amostras analisadas neste estudo se encontram dentro desse intervalo, embora numa faixa intermediária. O menor valor obtido na amostra com 30% de farinha de estipe reforça a hipótese de que o shiitake pode ser eficaz na neutralização de radicais livres, de forma comparável à erva-mate, embora com mecanismos distintos (Negri, 2012). Cabe ressaltar que a erva-mate apresenta polifenóis como ácido clorogênico e cafeína, enquanto o shiitake apresenta betaglucanas e compostos enxofrados que também atuam na neutralização de radicais (Cavalcante *et al.*, 2018). Assim, a

comparação entre fontes diferentes de antioxidantes deve sempre considerar a composição química específica dos extratos adicionados.

A análise estatística mostra que os tratamentos com 5% e 15% de farinha de estipe de cogumelo shiitake não diferiram significativamente entre si, sugerindo que a elevação do conteúdo da farinha até 15% não alterou significativamente o comportamento antioxidante. A amostra com 30% de farinha de estipe apresentou diferença estatística significativa em relação aos demais tratamentos, indicando melhora mais acentuada na capacidade antioxidante, possivelmente por ultrapassar o limiar mínimo de compostos bioativos necessários para provocar efeito mensurável (Bertolini *et al*., 2001). Tal comportamento é comum em estudos com ingredientes funcionais em produtos de panificação, como observado por Bertolini *et al*. (2001), que notaram efeito dose-dependente apenas a partir de certo ponto de inclusão de extrato antioxidante em massas.

A interpretação dos dados também deve considerar que o processo de panificação pode degradar parte dos compostos bioativos presentes na farinha de estipe (Cavalcante *et al*., 2018). Temperaturas elevadas, umidade reduzida e tempo de cocção influenciam diretamente na estabilidade dos compostos fenólicos, como evidenciado por Silva *et al*. (2019a) ao estudarem a estabilidade de compostos antioxidantes em panificados enriquecidos. Isso implica que, mesmo que a farinha de estipe de shiitake tenha alta concentração de antioxidantes em estado bruto, a fração efetiva presente no produto final pode ser inferior ao esperado. Ainda assim, os resultados mostraram que a adição de farinha de estipe de cogumelo shiitake foi viável e eficiente para potencializar os atributos funcionais do pão de queijo, podendo posicioná-lo como um alimento funcional de interesse comercial e científico.

5 CONCLUSÕES

Nas condições em que foi realizado este trabalho, pode-se concluir que:

- Os pães de queijo com 0% e 5% de farinha de estipe de shiitake obtiveram maior aceitação visual, preservando coloração atrativa, sabor tradicional e perfil aromático característico do pão de queijo;
- Os pães de queijo com 5% e 15%, especialmente quando embalados, apresentaram firmeza, coesão e estabilidade;
- Todos os pães de queijo apresentaram baixa acidez e a formulação com 15% não comprometeu a expansão;
- Os pães de queijo sem farinha apresentaram coloração amarelada clara; 15% apresentaram laranja-avermelhado e 30% apresentaram laranja-avermelhada escura (menos atrativa);
- A atividade antioxidante aumentou proporcionalmente à concentração de farinha, sendo maior na formulação com 30%;
- A adição de 30% de farinha resultou na melhor qualidade nutricional, classificando o produto como "rico em fibras" e "fonte de proteínas"; todas as formulações foram classificadas como "baixas em sódio";
- Os pães de queijo com 5% e 15% mostraram viabilidade comercial; a formulação com 30% apresentou menor aceitação e compactação excessiva;

5.1 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho permitiu explorar de forma aprofundada o potencial da farinha de estipe de cogumelo shiitake como ingrediente funcional na formulação de pão de queijo, promovendo não apenas melhorias nutricionais, mas também contribuindo com práticas sustentáveis na cadeia produtiva de cogumelos. A adição da farinha, sobretudo na proporção de 5%, revelou-se eficaz na manutenção das características sensoriais desejáveis do produto, além de proporcionar um incremento significativo no teor de compostos fenólicos e na atividade antioxidante. Esses resultados indicam que é possível unir inovação tecnológica e valorização de resíduos agroindustriais sem comprometer a aceitabilidade do consumidor.

Futuros estudos podem explorar outras matrizes alimentares para a aplicação da farinha de estipe de cogumelo shiitake, como massas, biscoitos, snacks extrusados e produtos cárneos, ampliando o portfólio de produtos funcionais e sustentáveis no mercado. Também seria relevante investigar a estabilidade dos compostos bioativos durante o armazenamento e a biodisponibilidade dos nutrientes adicionados, a fim de avaliar o impacto real sobre a saúde dos consumidores. Outro aspecto promissor consiste na combinação da farinha de estipe de cogumelo shiitake com outros ingredientes funcionais, como probióticos ou proteínas vegetais, potencializando o valor agregado dos alimentos desenvolvidos.

Do ponto de vista ambiental, este estudo reforça a viabilidade do reaproveitamento de subprodutos da indústria de cogumelos, contribuindo diretamente para a economia circular e mitigando os impactos negativos associados ao descarte de resíduos orgânicos. Ao transformar um insumo antes considerado resíduo em ingrediente de valor tecnológico e nutricional, o trabalho se alinhou às diretrizes contemporâneas de sustentabilidade, reforçando o papel da engenharia agrícola na busca por soluções inteligentes e ambientalmente responsáveis.

Sob a perspectiva econômica, considera-se que a farinha de estipe de cogumelo shiitake apresenta viabilidade comercial promissora, uma vez que seu custo de produção, com preço unitário estimado em R$ 4,05 e valor de venda em torno de R$ 4,53, mantém-se dentro dos padrões praticados para outras farinhas no mercado nacional. Esse cenário reforça o potencial do subproduto não apenas como alternativa tecnológica e nutricional, mas também como oportunidade de agregação de valor economicamente competitiva para a cadeia produtiva de cogumelos.

Os resultados sensoriais e tecnológicos demonstraram que o pão de queijo sem adição de farinha de estipe de shiitake apresentou alvéolos bem formados, estrutura uniforme e textura agradável, enquanto as formulações com 5% e 15% indicaram leve compactação, e a de 30% ausência de alvéolos. Entre as formulações com adição da farinha, a de 5% destacou-se pelas melhores características físicas e maior aceitabilidade, enquanto a de 15% manteve-se dentro de limites aceitáveis e a de 30%, apesar da inferioridade em estrutura, apresentou a maior atividade antioxidante e melhor perfil nutricional.

Observou-se ainda que as formulações com 0% e 5% foram mais bem aceitas visualmente, preservando coloração e características sensoriais típicas do produto, enquanto o aumento da concentração promoveu escurecimento progressivo e redução da atratividade. Em termos tecnológicos, a adição da farinha de estipe mostrou-se viável como substituição parcial do polvilho nas concentrações de 5% e 15%, sendo essas também as formulações com melhor potencial de aceitação e viabilidade comercial.

Este estudo ofereceu uma resposta científica à demanda por alimentos saudáveis e sustentáveis, ao valorizar resíduos agroindustriais como ingredientes funcionais. Amplia o campo de pesquisa, incentiva a circularidade e destaca a importância de estudos interdisciplinares para sistemas alimentares resilientes e alinhados ao desenvolvimento sustentável.

REFERÊNCIAS

ABIMAPI. **Relatório anual do setor de massas e panificação**. São Paulo, 2022. Disponível em: https://www.abimapi.com.br. Acesso em: 15 mai. 2024.

ABIQ, Associação Brasileira das Indústrias de Queijo. Produção de queijos no Brasil perde folego em 2015. **Milkpoint**, 2015. Disponível em: https://www.milkpoint.com.br/noticias-e-mercado/giro-noticias/producao-de-queijos-no-brasil-perde-folego-em-2015-100443/. Acesso em: 15 fev. 2024.

AGUIAR, D. L. *et al*. Elaboração de pão de queijo com adição de okara. **Revista Brasileira de Agrotecnologia**, Garanhuns, v. 11, n. 2, p. 591 – 596, dez. 2021. Disponível em: https://www.gvaa.com.br/revista/index.php/REBAGRO/article/view/8902/10743. Acesso em: 15 fev. 2024.

AGUIAR, E. V. *et al*. Influence of pseudocereals on gluten-free bread quality: a study integrating dough rheology, bread physical properties and acceptability. **Food Research International**, Santos, v. 150, p. 110762, dez. 2021. Elsevier BV. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0963996921006621. Acesso em: 20 ago. 2025.

ALMEIDA, E. L.; CHANG, Y. K.; STEEL, C. J. Impact of insoluble fibers on the rheology and baking performance of gluten-free products. **Food Hydrocolloids**, Reino Unido, v. 104, p. 690-695, 10 jun. 2020a.

ALMEIDA, E. L.; CHANG, Y. K.; STEEL, C. J. Impact of mushroom flour on the physicochemical properties of gluten-free bread. **Food Chemistry**, Reino Unido, v. 318, p. 490-491, 2020b.

ANTUNES, F. *et al*. Valorization of Mushroom By-Products as a Source of Value-Added Compounds and Potential Applications. **Molecules**, Portugal, v. 25, n. 11, p. 2672, 9 jun. 2020. MDPI AG. DOI: http://dx.doi.org/10.3390/molecules25112672. Disponível em: https://www.mdpi.com/1420-3049/25/11/2672. Acesso em: 15 set. 2024.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Instrução Normativa nº 75, de 8 de outubro de 2020. Estabelece os requisitos técnicos para declaração da rotulagem nutricional. **Diário Oficial da União**: seção 1, Brasília, DF, 9 out. 2020.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. 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**: seção 1, Brasília, DF, 09 out. 2020.

ANZALDÚA-MORALES, A. **La evaluación sensorial de los alimentos en la teoría y la práctica**. Zaragoza: Acribia SA, 1994. 198 p.

APLEVICZ, K. S.; DEMIATE, I. M. Análises físico-químicas de pré-misturas de pães de queijo e produção de pães de queijo com adição de okara. **Ciência e Agrotecnologia**, [S.L.], v. 31, n. 5, p. 1416–1422, ago. 2007. Disponível em:

https://www.scielo.br/j/cagro/a/F7gKBD8jV3Hg9gSgvQBQ3Yz/. Acesso em: 15 jan. 2025.

ARES, G.; VARELA, P. **Methods in Consumer Research**, Volume 1: new approaches to classic methods. Cambridge: Woodhead Publishing, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/328267714_Methods_in_Consumer_Research_Volume_1_New_Approaches_to_Classic_Methods. Acesso em: 13 set. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 14141: escalas utilizadas em análise sensorial de alimentos e bebidas**. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS PRODUTORES DE COGUMELOS (ANPC). **Cogumelos**: Associação Nacional dos Produtores de Cogumelos. 2013. Disponível em: https://www.anpccogumelos.org/cogumelos. Acesso em: 20 set. 2023.

ATWATER, W. O.; BRYANT, A. P. The availability and fuel value of foods. **U.S. Department of Agriculture, Office of Experiment Stations, Bulletin n. 69**. Washington, D.C.: Government Printing Office, 1900.

BAPTISTA, F. *et al*. Nutraceutical Potential of Lentinula edodes' Spent Mushroom Substrate: a comprehensive study on phenolic composition, antioxidant activity, and antibacterial effects. **Journal Of Fungi**, Portugal, v. 9, n. 12, p. 1200, 15 dez. 2023. MDPI AG. http://dx.doi.org/10.3390/jof9121200.

BARROS, L.; PEREIRA, C.; FERREIRA, I. C. F. R. Optimized analysis of organic acids in edible mushrooms from Portugal by ultra-fast liquid chromatography and photodiode array detection. *Food Analytical Methods*, New York, v. 6, n. 1, p. 309–316, 2013. DOI: https://doi.org/10.1007/s12161-012-9443-1

BEHRENS, J. H. **Fundamentos e técnicas em análise sensorial**. São Paulo: Conselho Regional de Química IV Região, 2010. Disponível em: https://www.crq4.org.br/sms/files/file/analise_sensorial_2010.pdf. Acesso em: 14 nov. 2024.

BELLETTINI, M. B. *et al*. Factors affecting mushroom Pleurotus spp. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 26, n. 14, p. 633-646, jun/jul. 2019. Disponível em: https://dev.emarefa.net/en/detail/BIM-890904-factors-affecting-mushroom-pleurotus-spp. Acesso em: 25 fev. 2025.

BEMILLER, J. Starches: conversions, modifications, and uses. In: BEMILLER, J. **Carbohydrate Chemistry for Food Scientists**. 3.ed. St. Paul: Woodhead Publishing And Aacc International Press, 2019. p. 117-151.

BENNETT, R. W.; HAIT, J. M.; TALLENT, S. M. **Bacillus cereus and Bacillus cereus toxins**. In: SALFINGER, Y.; TORTORELLO, M.L. (ed.). Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. 5th Ed. Washington: Apha, 2015b. p. 375-387.

BENNETT, R. W.; HAIT, J. M.; TALLENT, S. M. **Staphylococcus aureus and Staphylococcal enterotoxins**. In: SALFINGER, Y.; TORTORELLO, M. L. (ed.).

Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. 5. ed. Washington, D.C.: American Public Health Association, 2015a. cap. 39, p. 509–526.

BERTOLINI, A.C. *et al*. Relationship between thermomechanical properties and baking expansion of sour cassava starch (Polvilho azedo). **Journal of the Science of Food and Agriculture**, Cambridge, v. 81, p. 429-435, out. 2001. Disponível em: https://scijournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/1097-0010(200103)81:4%3C429::AID-JSFA833%3E3.0.CO;2-2. Acesso em: 20 jun. 2025.

BOSMANS, G. M.; LAGRAIN, B.; FIERENS, E.; DELCOUR, J. A. The impact of baking time and bread storage temperature on bread crumb properties. **Food Chemistry**, Amsterdam, v. 141, n. 4, p. 3301–3308, 2013.

BOSMANS, G. M.; LAGRAIN, B.; OOMS, N.; FIERENS, E.; DELCOUR, J. A. Biopolymer interactions, water dynamics, and bread crumb firming. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 61, n. 19, p. 4646–4654, 2013.

BRAND-WILLIAMS, W.; CUVELIER, M.e.; BERSET, C. Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. **Lwt - Food Science And Technology**, Amsterdam, v. 28, n. 1, p. 25-30, 1995. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/s0023-6438(95)80008-5.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 259, de 20 de setembro de 2002**. Aprova o Regulamento Técnico sobre Boas Práticas de Fabricação para Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de Alimentos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 2002. Disponível em: https://www.gov.br/anvisa. Acesso em: 15 mai. 2024.

BRASIL. Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

BRASIL. **Lei nº 8.918, de 14 de julho de 1994**. Dispõe sobre a padronização, a classificação, o registro, a inspeção, a produção e a fiscalização de bebidas e estabelece padrões de identidade e qualidade para alimentos em geral. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 15 jul. 1994. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l8918.htm. Acesso em: 15 mai. 2024.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). **Instrução Normativa nº 60, de 22 de novembro de 2019**. Estabelece os requisitos técnicos para a produção e comercialização de produtos de origem vegetal. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 22 nov. 2019. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br. Acesso em: 15 mai. 2024.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 68, de 12 de dezembro de 2019**. Aprova os Regulamentos Técnicos de Identidade e Qualidade de Queijos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 13 dez. 2019. Disponível em: https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/defesa-agropecuaria/suasa/regulamentos-tecnicos-de-identidade-e-qualidade-de-produtos-de-origem-animal-1/rtiq-leite-e-seus-derivados. Acesso em: 15 maio 2024.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Instrução Normativa nº 161, de 1º de julho de 2022.** Estabelece os padrões microbiológicos dos alimentos. Brasília: ANVISA, 2022. Disponível em:

https://anvisalegis.datalegis.net/action/ActionDatalegis.php?acao=abrirTextoAto&cod_menu=9431&cod_modulo=310&link=S&numeroAto=00000161&orgao=ANVISA%2FMS&seqAto=000&tipo=INM&valorAno=2022. Acesso em: 19 maio 2025.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Consulta Pública n° 80, de 11 de setembro de 2001**. Dispõe sobre a Aprovação do regulamento técnico para fixação de identidade e qualidade de massa de pão de queijo e mistura para o preparo de pão de queijo. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 12 set. 2001.

BRASIL. **Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005**. Aprova o "Regulamento técnico produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos" constante do anexo desta Resolução. Órgão emissor: ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Disponível em: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/rdc0263_22_09_2005.html. Acesso em: 28 ago. 2023.

BRENNAN, M. A. *et al*. Enrichment of extruded snack products with coproducts from chestnut mushroom (Agrocybe aegerita) production: interactions between dietary fiber, physicochemical characteristics, and glycemic load. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 60, n. 17, p. 4396–4401, 2012. American Chemical Society (ACS). DOI: https://doi.org/10.1021/jf3008635. Disponível em: https://pubs.acs.org/doi/10.1021/jf3008635. Acesso em: 15 abr. 2025.

BRUNI, A. R. S.; SILVA, L. M.; OLIVEIRA, M. F. Massa de pizza low carb à base de couve-flor. In: PIZZINATTO, A.; ORMENESE, R. de C. S. C. (Ed.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**: Desenvolvimento de Produtos Inovadores. São Paulo: SENAI, 2022. p. 45–58.

BRUNI, A.R.S.; MORETO, V. O; CZAIKOSKI, A.; CZAIKOSKI, K. Desenvolvimento e análise sensorial de pão de queijo com adição de farinha de batata-doce. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 8, p. 58391-58403, out. 2020. Brazilian Journal of Development. DOI: https://doi.org/10.34117/bjdv6n8-303. Disponível em: https://ojs.brazilianjournals.com.br/ojs/index.php/BRJD/article/view/15042/12419. Acesso em: 25 fev. 2025.

BUGAJEWSKI, M. *et al*. Lentinula edodes as a source of bioactive compounds with therapeutical potential in intestinal inflammation and colorectal cancer. **International Journal Of Molecular Sciences**, Basileia, v. 26, n. 7, p. 3320, 2 abr. 2025. MDPI AG. http://dx.doi.org/10.3390/ijms26073320. Disponível em: https://www.mdpi.com/1422-0067/26/7/3320. Acesso em: 14 set. 2024.

BUSINESS RESEARCH INSIGHTS. **Tamanho do mercado de cogumelos comestíveis, compartilhamento, crescimento e análise da indústria por tipo (cogumelo de botão, cogumelo shiitake, cogumelo de ostras, outros) por aplicação (supermercados/hipermercados, varejistas especializados, lojas de conveniência, loja on-line), ideias regionais e previsão de 2025 a 2033**. 2025. Disponível em: https://www.businessresearchinsights.com/pt/market-reports/edible-mushroom-market-107866. Acesso em: 13 fev. 2025.

CANAVESI, E. *et al*. Efeito da concentração dos ingredientes nas características físico-químicas do pão de queijo. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA

DOS ALIMENTOS, 2., 1997, Campinas. **Resumos**. Campinas: UNICAMP, 1997. p. 39.

CAPRILES, V. D.; ARÊAS, J. A. G. Strategies to improve the nutritional quality of gluten-free bread. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 34, n. 2, p. 191-198, out. 2014.

CARDELLO, A. V. Measuring consumer expectations to improve food product development. In: MACFIE, H. J. H. (org.). **Consumer-led food product development**. Cambridge: Woodhead Publishing, 2007. p. 223-261. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/279434405_Measuring_consumer_expectations_to_improve_food_product_development. Acesso em: 10 jun. 2025.

CARDOSO, G. F. *et al*. Influência da farinha do albedo da laranja nas características de qualidade de pães de queijo com reduzido teor de lactose**. Revista Brasileira de Obesidade, Nutrição e Emagrecimento**, São Paulo, v. 18, n. 115, p. 805-815, 2024.

CARNEIRO, A. A. J.; FERREIRA, I. C. F. R.; DUEÑAS, M.; BARROS, L.; SILVA, R.; GOMES, E.; SANTOS-BUELGA, C. Chemical composition and antioxidant activity of dried powder formulations of *Agaricus blazei* and *Lentinus edodes*. *Food Chemistry*, v. 138, n. 4, p. 2168–2173, 2013.

CARVALHO, A. C. M. S.; SILVA, P. N. Teor de sódio e gordura saturada em pães de queijo produzidos em panificadoras da região central de Goiânia-Goiás. **Arquivos de Ciências da Saúde da UNIPAR**, Umuarama, v. 18, n. 3, p. 181-187, set./dez. 2014.

CARVALHO, A. M. *et al*. Mushroom-based ingredients in gluten-free bakery products: A review. **Food Chemistry**, London, v. 318, n.3, p. 472- 477, set. 2020.

CAVALCANTE, R. B. M. *et al*. Fibras alimentares, aminas bioativas, compostos fenólicos e atividade antioxidante em pão de queijo enriquecido com feijão-caupi biofortificado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 2018, Belém. **O uso consciente da biodiversidade: Perspectivas para o avanço da ciência e tecnologia de alimentos**: resumos. Campinas: SBCTA, 2018. Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1102390. Acesso em: 15 maio 2024.

CEREDA, M. P. Tecnologia e qualidade do polvilho azedo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 13, n. 145, p. 63–68, 1987.

CEREGATTI, G. **Valorização de resíduos agroindustriais na forma de produtos com alto valor nutricional**. 2022. 34 f. TCC (Graduação) - Curso de Bacharel em Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2022.

CHANG, S. T.; MILES, P. G. **Mushrooms**: cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact. 2. ed. Boca Raton: Crc Press, 2004. 480 p.

CHANNAIAH, L. H. *et al.* Evaluation of thermal inactivation parameters of *Salmonella* in whole wheat multigrain bread. **Food Microbiology,** v. 82, p. 1–7, 2019.

CHOU, W. T.; SHEIH, I.C.; FANG, T.J. The applications of polysaccharides from various mushroom wastes as prebiotics in different systems. **Journal of Food Science**, Champaign, v. 78, n. 7, p. 1041-1048, jun. 2013.

CLARETO, S. S. **Influência da formulação e da adição de substitutos de gordura na qualidade de pão de queijo**. 2000. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos). Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2000.

COELHO, M. S. **Pão enriquecido com chia (Salvia hispânica L.): desenvolvimento de um produto funcional**. 2014, 148 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos). Universidade Federal de Rio Grande. Rio Grande, 2014. Disponível em: http://repositorio.furg.br/handle/1/7652. Acesso em: 30 set. 2024.

COSTA, M. G. *et al*. Functional fibers in bakery products: A review. **Trends in Food Science & Technology**, Reino Unido, v. 75, n. 6, p. 129-140, jul. 2018.

COUTINHO, F. M. B.; MELLO, I. L.; MARIA, L. C. S. Polietileno: principais tipos, propriedades e aplicações. **Polímeros**, São Paulo, v. 13, n. 1, p. 01-13, jan. 2003. FapUNIFESP (SciELO). DOI: http://dx.doi.org/10.1590/s0104-14282003000100005. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/26367236_Polietileno_Principais_tipos_propriedades_e_aplicacoes. Acesso em: 25 set. 2025.

COUTO, M. A. C. L.; ANDRADE, P. F. Queijo Parmesão - tecnologia industrial. **Ciência do Leite**, 2018. Disponível em: https://cienciadoleite.com.br/noticia/1864/queijo-parmesao-tecnologia-industrial. Acesso em: 30 set. 2024.

COX, N.A. *et al*. **Salmonella**. In: SALFINGER, Y.; TORTORELLO, M.L. (ed.). Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods. 5th Ed. Washington: Apha, 2015. p. 445-463.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K. L.; FENNEMA, O. R. **Química de alimentos de Fennema**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

DARIVA, R. C. **Propriedades tecnológicas e reológicas de formulações de pães de queijo com amidos nativos e modificados**. 2017. 105 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai e das Missões, Erechim, 2017.

DAS, N. *et al*. Fungal Biotechnology and Functional Foods. In: **Advancements in Drug Delivery and Food Biotechnology**. Cham: Springer, 2025. p. 142-160.

DEMIATE, I. M. *et al*. Organic acid profile of commercial sour cassava starch. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 19, n. 1, p. 131–135, 1999.

DENG, G. *et al*. Volatile compounds and aroma characteristics of mushrooms: a review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Londres, v. 64, n. 33, p. 13175-13192, 3 out. 2023. Informa UK Limited. DOI: http://dx.doi.org/10.1080/10408398.2023.2261133. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/37788142/. Acesso em: 23 out. 2024.

DIAS, E. S. Cultivo de cogumelos no Brasil: desafios e potencialidades. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 4, p. 795–803, jul./ago. 2010.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos.** 5. ed. Curitiba, PR: Champagnat, 2019. 531 p.

EGÍDIO, E. S.; JUNIOR, J. R. S.; MENEZES, M. E. S. Alimentos funcionais: uma revisão. **Revista Educação, Ciência e Saúde**, Campina Grande, v. 3, n. 1, 2016.

ESTELLER, S. M.; LANNES, S. C. S. Parâmetros complementares para fixação de identidade e qualidade de produtos panificados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, São Paulo, v. 25, n. 4, p. 802-806, dez. 2005. FapUNIFESP (SciELO). DOI: http://dx.doi.org/10.1590/s0101-20612005000400028. Disponível em: https://www.scielo.br/j/cta/a/w75fBr8sJygP8NhkzzNmZsz/?lang=pt. Acesso em: 25 out. 2024.

FAO. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A AGRICULTURA E A ALIMENTAÇÃO. **FAOSTAT: Produção de cogumelos: comparação entre o Brasil e outros países**. 2017. Disponível em: http://www.fao.org/faostat/en/#data. Acesso em: 13 fev. 2025.

FAO. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A AGRICULTURA E A ALIMENTAÇÃO. **FAOSTAT: Produção mundial de cogumelos no período de 2004 a 2018**. 2022. Disponível em: http://www.fao.org/faostat/en/#data. Acesso em: 13 fev. 2025.

FAO. Organização das nações unidas para a agricultura e a alimentação. **FAOSTAT: Produção de cogumelos e trufas no mundo**. 2025. Disponível em: http://www.fao.org/faostat/en/#data. Acesso em: 13 fev. 2025.

FAO. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A AGRICULTURA E A ALIMENTAÇÃO. **FAOSTAT: Valor Bruto da Produção (milhares de dólares) - Cogumelos e trufas no período de 2015 a 2020 e quantidade de produção de cogumelos e trufas no mundo no período de 2019 a 2023**. 2023. Disponível em: http://www.fao.org/faostat/en/#data. Acesso em: 13 fev. 2025.

FAO. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E A AGRICULTURA. **FAOSTAT: Produção mundial de cogumelos 2024**. Roma: FAO, 2024. Disponível em: http://www.fao.org/3/ca7345pt/ca7345pt.pdf. Acesso em: 13 fev. 2025.

FAO. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA. **FAOSTAT: Mushroom production statistics**. 2021. Disponível em: https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL. Acesso em: 17 jan. 2025.

FAO. ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA A ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA. **FAOSTAT: Mushroom production statistics**. 2023. Disponível em: https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL. Acesso em: 5 fev. 2024.

FERNANDES, D. S. *et al*. Elaboração de pão de queijo adicionado com farinha de banana verde: características físicas e sensoriais. **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, Campinas, v. 11, n. 1, p. 56–65, jun. 2015. Disponível em:

https://revistas.fca.unesp.br/index.php/rat/article/view/2128. Acesso em: 21 abr. 2025.

FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. *et al*. The potential of cultivated mushrooms as salt substitutes in meat products. **Foods**, Alicante, v. 14, n. 6, p. 977, mai. 2025. Disponível em: https://www.mdpi.com/2304-8158/14/6/977. Acesso em: 14 abr. 2025.

FERREIRA, I. C. F. R. *et al*. Free-radical scavenging capacity and reducing power of wild edible mushrooms from northeast Portugal: individual cap and stipe activity. **Food Chemistry**, v. 100, n. 4, Barking, p. 1511–1516, nov. 2007. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814605011040?via%3Dihub. Acesso em: 15 abr. 2025.

FERREIRA, I. C. F. R.; MORALES, P.; BARROS, L. Mushrooms as global functional foods: trade, challenges and opportunities. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, New York, v. 62, n. 8, p. 2031-2044, jan/mar. 2022.

FERREIRA, L. F. D. *et al*. Atividade antioxidante e aceitação sensorial de pão de queijo contendo gengibre. In: SIMPÓSIO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIAS DE ALIMENTOS (SLACA), 2015, Campinas. **Anais [...].** Campinas: Galoá, 2015. Disponível em: https://proceedings.science/slaca/slaca-2015/papers/atividade-antioxidante-e-aceitacao-sensorial-de-pao-de-queijo-contendo-gengibre?lang=pt-br. Acesso em: 19 maio 2025.

FERREIRA, M. D.; SPRICIGO, P. C. Colorimetria: princípios e aplicações na agricultura. In: FERREIRA, M. D. (Ed. técnico). **Instrumentação pós-colheita em frutas e hortaliças**. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2017. p. 209–220. Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1084379. Acesso em: 21 abr. 2025.

FIGUEIREDO, A. S. **Caracterização nutricional e desenvolvimento de produto alimentício adicionado de Pleurotus albidus**. 2017. Tese (Doutorado em Biotecnologia) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus. Disponível em: https://tede.ufam.edu.br/handle/tede/5961. Acesso em: 6 abr. 2025.

FINIMUNDY, T. C. *et al*. Aqueous extracts of Lentinula edodes and Pleurotus sajor-caju exhibit high antioxidant capability and promising in vitro antitumor activity. **Nutrition Research**, Tarrytown, v. 33, n. 1, p. 76–84, jan. 2013. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23351413/. Acesso em: 5 jan. 2025.

FINIMUNDY, T. C.; DILLON, A. J. P.; HENRIQUES, J. A. P.; ELY, M. R. A review on general nutritional compounds and pharmacological properties of the Lentinula edodes mushroom. **Food And Nutrition Sciences**, Caxias do Sul, v. 05, n. 12, p. 1095-1105, 2014. Scientific Research Publishing. Disponível em: https://file.scirp.org/Html/1-2701100_47339.htm. Acesso em: 15 fev. 2025.

FORSYTHE, S. J. **Microbiologia da Segurança Alimentar**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

FRANCO, B. D. G. M.; LANDGRAF, M. **Microbiologia dos Alimentos**. São Paulo: Atheneu, 2008. 182 p.

FURLANI, R. P. Z. **Valor nutricional de cogumelos cultivados no Brasil**. 2004, 88 f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) - Faculdade de Engenharia de alimentos, Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), Campinas, 2004.

FURLANI, R.P.Z.; GODOY, H.T. Valor nutricional de cogumelos comestíveis. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 27, n. 1, p. 154-157, jan/mar. 2007. Disponível em: https://www.scielo.br/j/cta/a/778cD6MTPJ5KfYZ6y7GyW8h/?format=pdf&lang=pt. Acesso em: 20 mar. 2024.

GALLARDO, M. A. *et al*. Impact of button mushroom stem residue as a functional ingredient for improving nutritional characteristics of pizza dough. **Molecules**, Albacete, v. 29, n. 21, p. 5140, set. 2024. MDPI AG. Disponível em: https://www.mdpi.com/1420-3049/29/21/5140. Acesso em: 10 fev. 2025.

GIRI, S. *et al*. Edible mushrooms: a comprehensive review on bioactive compounds with health benefits and processing aspects. **Foods**, Basel, v. 10, n. 12, e2996, out. 2021. MDPI AG. DOI: https://doi.org/10.3390/foods10122996. Disponível em: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8700757/. Acesso em: 2 set. 2025.

GONÇALVES, J. J. Aplicação de gordura vegetal em pão de queijo. In: PIZZINATTO, A.; ORMENESE, R. de C. S. C. (Org.). **Seminário pão de queijo: ingredientes, formulação e processo**. Campinas: Governo do Estado de São Paulo, Secretaria de Agricultura e Abastecimento, 2000. p. 43-57.

GONZÁLEZ, A. *et al*. Edible mushrooms as a novel protein source for functional foods. **Food & Function**, Coahuila, v. 11, n. 10, p. 7400–7414, ago. 2020. Disponível em: https://pubs.rsc.org/en/content/articlelanding/2020/FO/D0FO01746A. Acesso em: 21 maio 2025.

GRANUM, P. E.; LUND, T. *Bacillus cereus* and its food poisoning toxins. **FEMS Microbiology Letters**, Oxford, v. 157, n. 2, p. 223–228, 1997. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378109797004382. Acesso em: 16 mai. 2025.

GREIS, M. *et al*. Consumer acceptance of mushrooms in food products. **Food Quality and Preference**, Amsterdã, v. 87, n.3, p.104-109, set. 2021.

GRISWOLD, R.M. **Estudo experimental dos alimentos**. São Paulo: Edgard Blücher, 1972. 469 p.

GRUNERT, K. G. Sustainability in the food sector: A consumer behaviour perspective. **International Journal on Food System Dynamics**, v. 10, n. 3, p. 207-218, jun. 2019. Disponível em: https://pure.au.dk/portal/da/publications/sustainability-in-the-food-sector-a-consumer-behaviour-perspectiv. Acesso em: 25 jun. 2025.

HAJEB, P.; JINAP, S. Umami taste components and their sources in Asian foods. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Abingdon, v. 55, n. 6, p. 778-791, mai. 2014. Informa UK Limited. DOI: 10.1080/10408398.2012.678422. Disponível em: https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10408398.2012.678422. Acesso em: 15 jan. 2025.

HE, F. J.; MACGREGOR, G. A. Reducing Population Salt Intake Worldwide: from evidence to implementation. **Progress In Cardiovascular Diseases**, Amsterdã, v. 52, n. 5, p. 363-382, mar. 2010. Elsevier BV. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.pcad.2009.12.006. Disponível em: https://nusearch.nottingham.edu.my/discovery/fulldisplay?docid=cdi_pascalfrancis_primary_22774074&context=PC&vid=44NOTTS_UNMC:44NOTMY&lang=en&adaptor=Primo%20Central&tab=Everything&query=creator,exact,MacGregor,%20Graham.&offset=0. Acesso em: 12 set. 2025.

HEARST, R. *et al*. An examination of antibacterial and antifungal properties of constituents of Shiitake (Lentinula edodes) and Oyster (Pleurotus ostreatus) mushrooms. **Complementary Therapies In Clinical Practice**, Amsterdam, v. 15, n. 1, p. 5-7, fev. 2009. Elsevier BV. DOI: https://doi.org/10.1016/j.ctcp.2008.10.002. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1744388108000996?via%3Dihub. Acesso em: 20 set. 2024.

HEIDMANN, P. M.; PATEL, V. **Farinha de casca de cajá-manga e elaboração de pão: avaliação dos compostos fenólicos e atividade antioxidante**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão. Disponível em: http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/11700. Acesso em: 17 abr. 2025.

HO, L.; ZULKIFLI, N. A.; TAN, T. C. Edible Mushroom: Nutritional Properties, Potential Nutraceutical Values, and Its Utilisation in Food Product Development. In: PASSARI, A. K.; SÁNCHEZ, S. **An introduction to mushroom**. 2. ed. London: Intechopen, 2020. p. 1-20.

ICMSF — International commission on microbiological specifications for foods. Microorganisms in Foods 5: **Microbiological Specifications of Food Pathogens**. London: Blackie Academic & Professional, 1996.

INSTITUTE OF FOOD TECHNOLOGISTS. Sensory evaluation guide for testing food and beverage products. **Food Technology**, Chicago, v. 35, n. 11, p.50-59, nov. 1981.

IZAH, S. C. *et al*. **Bioactive compounds in edible mushrooms**. In: Reference series in phytochemistry: bioactive compounds in edible mushrooms. Cham: Springer Nature Switzerland, 2025. p. 1-41. Disponível em: https://ouci.dntb.gov.ua/en/works/9QnnnGmg/. Acesso em: 2 set. 2025.

JAY, J. M.; LOESSNER, M. J.; GOLDEN, D. A. **Modern Food Microbiology**. 7. ed. New York: Springer, 2005.

JAYACHANDRAN, M.; XIAO, J.; XU, B. A critical review on health promoting benefits of edible mushrooms through gut microbiota. **International Journal of Molecular Sciences**, Basel, v. 18, n. 9, p.1934 - 1939, fev. 2017. MDPI AG. DOI: https://doi.org/10.3390/ijms18091934. Disponível em: https://www.mdpi.com/1422-0067/18/9/1934. Acesso em: 20 jan. 2025.

JESUS, C. C. de. **Contribuição para a caracterização físico-química e sensorial do pão de queijo**. 1997. 103 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 1997. Disponível em:

https://www.oasisbr.ibict.br/vufind/Record/BRCRIS_bab99fc298995dfba1e116d75e497031. Acesso em: 15 nov. 2024.

JUNQUEIRA, L. A. *et al*. Technological and sensory aspects of cheese bread with alternative flours. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 24, n. 4, p.125-130, nov. 2021.

KADARIYA, J.; SMITH, T. C.; THAPALIYA, D. Staphylococcus aureus and Staphylococcal Food-Borne Disease: an ongoing challenge in public health. **Biomed Research International**, Londres, v. 2014, p. 1-9, out. 2014. Wiley. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2014/827965. Acesso em: 15 jan. 2024.

KALAC, P. **Edible Mushrooms**: Chemical Composition and Nutritional Value. London: Academic Press, 2016.

KALARAS, M. D. *et al*. Mushrooms: A rich source of the antioxidants ergothioneine and glutathione. **Food Chemistry**, Pensilvânia, v. 233, p. 429-433, set. 2017. Elsevier BV. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2017.04.109. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S030881461730691X?via%3Dihub. Acesso em: 18 abr. 2025.

KANG, M. Y. *et al*. In vitro antioxidative and antimutagenic activities of oak mushroom (Lentinus edodes) and king oyster mushroom (Pleurotus eryngii) byproducts. **Food Science and Biotechnology**, Jeonju, v. 21, n. 1, p. 167–173, out. 2012. Springer Science and Business Media LLC. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/s10068-012-0021-5. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s10068-012-0021-5. Acesso em: 20 mar. 2025.

KAZERSKI, R. T. S. **Modificação física de amido de mandioca para elaboração de pão de queijo com extrato de erva-mate e seu efeito nas propriedades tecnológicas, funcionais e sensoriais**. 2020. 103 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2020.

KIM, E.Y.; PARK, S.S. Quality characteristics of white bread prepared with mushroom (Lentinus edodes) powder. **Korean Journal of Food Science and Technology**, Seul, v. 50, n. 2, p. 186-193, set. 2018.

KIM, J. H. *et al*. Effect of mushroom (Pleurotus eryngii) flour addition on physicochemical and sensory properties of wheat bread. **Food Science and Biotechnology**, Seul, v. 29, p. 1297-1305, abr. 2020.

KIM, J. H. *et al*. Effect of mushroom dietary fiber on rheological properties and expansion of wheat-based dough. **Food Hydrocolloids**, Seul, v. 76, p. 70-78, out. 2018.

KIM, M. Y. *et al*. Antioxidant and antiproliferative activities of extracts from shiitake mushroom stems. **Journal of Food Science**, Seul, v. 86, n. 3, p. 789-797, 2021.

KITZBERGER, C. S. G. *et al*. Antioxidant and antimicrobial activities of shiitake (Lentinula edodes) extracts obtained by organic solvents and supercritical fluids. **Journal of Food Engineering**, Essex, v. 80, n. 2, p. 631–638, mai. 2007. Elsevier

BV. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2006.06.013. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0260877406004857. Acesso em: 15 mar. 2024.

KONICA MINOLTA. **Precise color communication**. Ramsey, NJ, 2023. Disponível em: https://sensing.konicaminolta.us/us/learning-center/color-measurement/. Acesso em: 10 jun. 2025.

KORNACKI, J.L; GURTLER, J.B; STAWICK, B.A. Enterobacteriaceae, coliforms, and Escherichia coli as quality and safety indicators. In: SALFINGER, Y; TORTORELLO, M.L. **Compendium of Methods for the Microbiological Examination of Foods**. 5. ed. Washington, D.C.: American Public Health Association, 2015. p. 103–120.

KOWALSKA, H. *et al*. Application of PCA for analyzing physicochemical properties and colour changes in functional bakery products. **Food Chemistry**, Varsóvia, v. 340, n. 3, 12 nov. 2021.

LABORATÓRIO DE ANÁLISES LBN. **Microbiologia de Alimentos - Principais Bactérias Patogênicas**. 2019. Disponível em: https://www.lbnanalises.com.br/blog/microbiologia-de-alimentos/. Acesso em: 19 maio 2025.

LACERDA, S. Cogumelos comestíveis: benefícios à saúde, mercado e aspectos a respeito da sua produção. [S. L.], nov. 2021. Disponível em: https://agronfoodacademy.com/cogumelos-comestiveis-beneficios-a-saude-mercado-e-aspectos-a-respeito-da-sua-producao/. Acesso em: 13 fev. 2025.

LEME, L. L. Ovos pasteurizados resfriados e desidratados e sua importância. In: PIZZINATTO, A.; ORMENESE, R. de C. S. C. (Ed.). **Seminário pão de queijo: ingredientes, formulação e processo**. Campinas: Governo do Estado de São Paulo, Secretaria de Agricultura e Abastecimento, 2000. p. 29-41.

LESSA, V. L. Desenvolvimento, análise físico-química e sensorial de pão de queijo enriquecido com sete grãos. In: VIERA, V. B.; PIOVESAN, N. **Inovação em ciência e tecnologia de alimentos**. Ponta Grossa: Atena, 2019. p. 139-149.

LI, Q *et al*. Flavor compounds and sensory profiles of dried Lentinula edodes mushrooms. **Food Research International**, Changsha, v. 137, n. 11, p. 109656, 15 dez. 2020.

LI, S. *et al*. Evaluation of nutritional values of shiitake mushroom (Lentinus edodes) stipes. **Journal Of Food Measurement And Characterization**, Wuhan, v. 12, n. 3, p. 2012-2019, 25 abr. 2018. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/s11694-018-9816-2. Disponível em: https://www.semanticscholar.org/paper/Evaluation-of-nutritional-values-of-shiitake-stipes-Li-Wang/7f19b52e4fbdb80f3e3a46cf3d6c027c28ef432d. Acesso em: 13 ago. 2025.

LI, W. *et al*. Analysis of volatile compounds of Lentinula edodes grown in different culture substrate formulations. **Food Research International**, Amsterdam, v. 125, p. 108517, nov. 2019. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108517. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/333980273_Analysis_of_volatile_compoun

ds_of_Lentinula_edodes_grown_in_different_culture_substrate_formulations. Acesso em: 14 abr. 2024.

LIMA, G. C. *et al*. Influence of passion fruit peel flour on the rheological and technological properties of bread. **Journal of Food Processing and Preservation**, Rio de Janeiro, v. 43, n. 6, p. 139 -144, mai. 2019.

LIN, L. Y. *et al*. QUALITY OF SHIITAKE STIPE BREAD. **Journal Of Food Processing And Preservation**, Malden, v. 32, n. 6, p. 1002-1015, dez. 2008. Hindawi Limited. DOI: http://dx.doi.org/10.1111/j.1745-4549.2008.00229.x. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/229927461_Quality_of_shiitake_stipe. Acesso em: 12 abr. 2025.

LIN, S. *et al*. Texture modification of gluten-free breads by mushroom polysaccharides. **Food Science and Technology**, Yangling, v. 110, n.4, p. 207-214, 2019.

LIRA, A. P. **Aplicação de farinhas de cogumelos na produção de pão e avaliação das propriedades tecnológicas e sensoriais**. 2017. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos), Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, 2017.

LIU, J. *et al*. Effects of mushroom polysaccharides on the quality of wheat flour bread. **Journal of Food Science**, Illinois, v. 83, n. 6, p. 1565-1572, abr. 2018.

LIU, R. H. Health-promoting components of fruits and vegetables in the diet. **Advances in Nutrition**, Ithaca, v. 4, n. 3, p. 384S-392S, mai. 2013. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23674808/. Acesso em: 21 fev. 2025.

LIU, X. *et al*. Rheological properties of mushroom-enriched bakery products. **Food Hydrocolloids**, Holanda, v. 124, n. 2, p. 107 - 112, ago. 2022.

LOBO, A. R.; SILVA, G. M. L. Amido resistente e suas propriedades físico-químicas. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 16, n. 2, p. 219-226, abr./jun. 2003. Disponível em: https://www.scielo.br/j/rn/a/GfmRYZccVmD6dbNchqBHXgR/. Acesso em: 20 ago. 2023.

LU, X. *et al*. Enhancing the nutritional properties of bread by incorporating mushroom bioactive compounds: the manipulation of the pre-dictive glycaemic response and the phenolic properties. **Foods**, Xangai, v. 10, n. 4, p. 731, 30 mar. 2021. MDPI AG. DOI: http://dx.doi.org/10.3390/foods10040731. Disponível em: https://www.mdpi.com/2304-8158/10/4/731. Acesso em: 14 abr. 2025.

LU, X. Incorporation of mushroom powder into cereal food products. **Agricultural And Food Sciences**, Lincoln, New Zealand, v. 2, n. 1, p. 52-32, 2018. Disponível em: https://www.semanticscholar.org/paper/Incorporation-of-mushroom-powder-into-cereal-food-Lu/14ffe2848e027bea68273cdc4f4f1fc8286d5772. Acesso em: 18 mai. 2025.

MACHADO, A. V. **Efeito do escaldamento nas propriedades tecnológicas da massa e do pão de queijo**. 2003. 99 f. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

MACHADO, A. V.; PEREIRA, J. Efeito do escaldamento nas propriedades tecnológicas e reológicas da massa e do pão de queijo. **Ciências e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 421-427, mar./abr. 2010a. FapUNIFESP (SciELO). DOI: https://doi.org/10.1590/S1413-70542010000200021. Disponível em: https://www.scielo.br/j/cagro/a/4d4ZZB84PkBT9qKwDz7yYWD/. Acesso em: 14 abr. 2025.

MACHADO, A. V.; PEREIRA, J. Perfil reológico de textura da massa e do pão de queijo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 34, n. 4, p. 1009-1014, ago. 2010b. FapUNIFESP (SciELO). DOI: https://doi.org/10.1590/S1413-70542010000400030. Disponível em: https://www.scielo.br/j/cagro/a/YhNqK44pBscKsq863HYyqvh/. Acesso em: 14 abr. 2025.

MACIEL, W. P. **Cultivo de Lentinula edones em diferentes condições de substrato e temperatura**. 2012. 34 f. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2012. Disponível em: http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/1007. Acesso em: 21 maio 2024.

MAFFEI, D. F.; BORGES, L. F.; SOUSA, M. C. Impacto da adição de farinha de cogumelos em alimentos assados: aspectos tecnológicos e nutricionais. **Alimentos e Nutrição**, São Paulo, v. 31, n. 2, p. 56-70, set. 2020.

MANZI, P.; AGUZZI, A.; PIZZOFERRATO, L. Nutritional value of mushrooms widely consumed in Italy. **Food Chemistry**, Campinas, v. 73, n. 3, p. 321–325, set. 2001. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/s0308-8146(00)00304-6. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814600003046?via%3Dihub. Acesso em: 20 set. 2024.

MARIOTTI, M.; LUCISANO, M.; PAGANI, M. A. The role of starch and proteins in the expansion of bread. **Journal of Cereal Science**, Manitoba, v. 87, n. 4, p. 194–202, dez. 2019.

MARTÍN, C. *et al*. Spent substrate from mushroom cultivation: exploitation potential toward various applications and value-added products. **Bioengineered**, Umeå, v. 14, n. 1, p. 4-4, 5 set. 2023. Informa UK Limited. DOI: http://dx.doi.org/10.1080/21655979.2023.2252138. Disponível em: https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/21655979.2023.2252138. Acesso em: 10 out. 2024.

MARTINS, T. S. *et al*. Application of mushroom powder in gluten-free bakery: impact on technological, nutritional and sensory properties. **Journal of Food Science and Technology**, Turquia, v. 57, n. 4, p. 2785–2794, set. 2020.

MARTINS, Z. E.; PINHO, O.; FERREIRA, I. M. P. L. V. O. Effect of dietary fiber enrichment on the microstructure and texture of gluten-free bread. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 110, n. 3, p. 239–245, fev. 2019.

MARTINS, Z. E.; PINHO, O.; FERREIRA, I. M. P. L. V. O. Functional bakery products: current trends and future perspectives. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, Chicago, v. 21, n. 2, p. 1427–1460, out. 2022.

MATTAR, T. V. **Aplicação de extrato de cogumelo shiitake no desenvolvimento de hambúrguer com teor reduzido de cloreto de sódio**. 2016. 89 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.

MATTILA, P. *et al*. Contents of vitamins, mineral elements, and some phenolic compounds in cultivated mushrooms. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Jokioinen, v. 49, n. 5, p. 2343-2348, mai. 2001. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11368601/. Acesso em: 13 ago. 2025.

MENDES, F. Q. *et al*. Incorporação de farinha de cogumelo em pães: impacto nas propriedades físicas e sensoriais. **Brazilian Journal of Food Technology**, Curitiba, v. 24, n. 3, p. 150-155, mai., 2021.

MESTA-CORRAL, M. *et al*. Technological and nutritional aspects of bread production: an overview of current status and future challenges. **Foods**, Suíça, v. 13, n. 13, p. 2062, 28 jun. 2024. MDPI AG. http://dx.doi.org/10.3390/foods13132062. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38998567/. Acesso em: 2 set. 2025.

MINIM, V. P. R. *et al*. **Análise sensorial: estudos com consumidores**. 5. ed. Viçosa: Editora UFV, 2006.

MINIM, V. P. R.; MACHADO, P. T.; CANAVESI, E.; PIROZI, M. R. Perfil sensorial e aceitabilidade de diferentes formulações de pão de queijo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 20, n. 2, p. 154-159, 2000. DOI: https://doi.org/10.1590/S0101-20612000000200009. Disponível em: https://www.scielo.br/j/cta/a/F59qwNvQ4PqDCWkSpLg3w3K/. Acesso em: 25 mar. 2024.

MINOLTA, K. **Comunicação precisa da cor:** controle de qualidade da percepção à instrumentação. Osaka. 1998. 59p.

MORAES, M. A. C. **Métodos para avaliação sensorial dos alimentos**. 6. ed. Campinas: Editora da Unicamp, 1988. 93 p.

MORALES, D. *et al*. Thermal degradation of aroma volatiles from shiitake mushrooms during baking. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 69, n. 15, p. 4556-4565, ago., 2021.

MORIKAWA, K.; NISHINARI, K. Rheological and DSC studies of gelatinization of chemically modified starch heated at various temperatures. **Carbohydrate Polymers**, Nagata, v. 43, n. 3, p. 241-247, nov. 2000. Elsevier BV. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/s0144-8617(00)00148-x. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S014486170000148X. Acesso em: 21 mai. 2024.

MOSKOWITZ, H. R.; BECKLEY, J. H.; RESURRECCION, A. V. A. Sensory science and consumer behavior. In: SHEWFELT, R. L. *et al*. (ed.). **Food flavor: chemistry, sensory evaluation, and biological activity**. Washington: American Chemical Society, 2006. p. 3-18.

MOSKOWITZ, H.; BECKLEY, J.; RESURRECCION, A. **Sensory and Consumer Research in Food Product Design and Development**. 2. ed. Hoboken, NJ: Wiley,

2012. Disponível em: https://www.perlego.com/book/1012952/sensory-and-consumer-research-in-food-product-design-and-development-pdf. Acesso em: 16 set. 2025.

MURALIKRISHNA, G.; NIRMALA, M. Cereal α-amylases—an overview. **Carbohydrate Polymers**, Mysore, v.60, n. 2, p.163-173, mai. 2005. Elsevier BV. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.carbpol.2004.12.002. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S014486170400462X?via%3Dihub. Acesso em: 15 ago. 2025.

NAGATA, C. L. P. **Otimização de uma pré-mistura para pão de queijo**. 2011. 146 f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2011.

NASIRI, F. *et al*. Comparative study on the main chemical composition of button mushroom's (Agaricus bisporus) cap and stipe. **Annals of Biological Research**, Lorestão, v. 3, n. 12, p. 5677–5680, set. 2012. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/302366999. Acesso em: 13 jan. 2025.

NEGRI, S. K. M. **Estudo comparativo de diferentes cogumelos comestíveis comercializados no brasil: ação contra radicais livres, espécies reativas e atividade antibacteriana**. 2012. 105 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia), Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Instituto de Química, Araraquara, 2012. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/bitstreams/7c7acf3b-9388-48af-9538-4c0f2c89d655/download. Acesso em: 19 maio 2025.

NOGUEIRA, B. A. *et al*. Caracterização físico-química de molho de pimenta malagueta (Capsicum frutensens L.) processado de acordo com as boas práticas de fabricação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS, 25., 2016, Gramado. **Anais [...].** Gramado: FAURGS, 2016.

NUNES, J. L. **Farinha de estipe do cogumelo shiitake (Lentinula edodes): caracterização e desenvolvimento**. 2022. 79f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Engenharia na Agricultura), Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2022. Disponível em: https://repositorio.unesp.br/handle/11449/236454. Acesso em: 21 jan. 2025.

NUNES, J. L.; VIEITES, R. L. Protocolo de produção da farinha de estipe do cogumelo shiitake. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v. 38, n. 4, p. 69-79, 2023. Disponível em: https://revistas.fca.unesp.br/index.php/energia/article/view/4557. Acesso em: 18 jun. 2024.

OLIVEIRA, R. C. *et al*. Desafios tecnológicos na industrialização do pão de queijo. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, Francisco Beltrão, v. 12, n. 1, p. 45-56, 2018.

OLIVEIRA, R. F. *et al*. Influência da adição de fibras na cor e textura de produtos de panificação. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v. 22, e2018206, ago., 2019.

PADERMO, S. S. H. **Development and application of flavor enhancer ingredient from shiitake mushroom (*Lentinula edodes*) byproducts**. 2021. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Escola Superior de Agricultura Luiz de

Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2021. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/11/11141/tde-30032021-152800/publico/Samara_dos_Santos_Harada_Padermo.pdf. Acesso em: 25 mar. 2025.

PEDRERO F., D. L; PANGBORN, R. M. **Evaluación sensorial de los alimentos: métodos analíticos**. México D.F.: Editorial Alhambra Mexicana. 1989. 251p.

PEREIRA, A. J. G. **Fatores que afetam a qualidade do pão de queijo**. Belo Horizonte: CETEC, 1998. 52p.

PEREIRA, D. C. B. *et al*. Desenvolvimento de pão de queijo enriquecido com "Agaricus Blazei": propriedades nutricionais e atividade antioxidante. **Iosr Journal of Business and Management**, Belo Horizonte, v. 26, n. 10, p. 01-09, out. 2024. International Organization of Scientific Research. DOI: http://dx.doi.org/10.9790/487x-2610040109. Disponível em: https://www.iosrjournals.org/iosr-jbm/papers/Vol26-issue10/Ser-4/A2610040109.pdf. Acesso em: 16 fev. 2025.

PEREIRA, G. I. S. **Avaliação química e sensorial de pão de queijo enriquecido com folhas de cenoura**. 2002. 77f. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002. Disponível em: https://www.oasisbr.ibict.br/vufind/Record/BRCRIS_dd0ad634170d43416e0d91459f93a798. Acesso em: 21 abr. 2025.

PEREIRA, J. **Caracterização química, física, estrutural e sensorial do pão de queijo**. 2001. 222f. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

PEREIRA, J. *et al*. Féculas fermentadas na fabricação de biscoitos: estudo de fontes alternativas. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.19, n.2, p.287-293, maio/ago. 1999. FapUNIFESP (SciELO). DOI: http://dx.doi.org/10.1590/s0101-20611999000200024. Disponível em: https://www.scielo.br/j/cta/a/R6D6jwzjsf3MGMkxGHBqvws/. Acesso em: 18 ago. 2024.

PEREIRA, J. *et al*. Função dos ingredientes na consistência da massa e nas características do pão de queijo. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 4, p. 494-500, dez., 2004.

PEREIRA, L. M.; GONÇALVES, A. A.; ASSIS, L. R. Aplicação de ingredientes funcionais em pão de queijo: uma revisão. **Revista de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 44, n. 1, p. 113-125, 2024.

PERUSSELLO, C. A. *et al*. Influence of dietary fibre addition on the rheological and sensory properties of dough and bakery products. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, Inglaterra, v. 57, n. 5, p. 902-916, set., 2013. Czech Academy of Agricultural Sciences. DOI: http://dx.doi.org/10.17221/352/2012-cjfs. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/288382111. Acesso em: 25 abr. 2025.

PIMENTEL, T. C. *et al*. Sensory acceptance and drivers of liking for plant-based yogurts: A study with Brazilian consumers. **Food Research International**, Campinas, v. 131, p. 108986, ago., 2020.

PIROZI, M. R; CANAVESI, E. **Como montar uma pequena fábrica de pão de queijo**. Viçosa: CPT, 1998. 42 p.

PLATA-OVIEDO, M. S. V. **Secagem do amido fermentado de mandioca: modificação química relacionada com a propriedade de expansão e características físico-químicas**. 1998. 144f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1998.

RAHMAN, M. A. *et al*. Textural and antioxidant properties of mozzarella cheese fortified with dehydrated oyster mushroom flour. **Foods And Raw Materials**, Dinajpur, p. 251-258, 14 jun. 2023. Kemerovo State University. Disponível em: https://cyberleninka.ru/article/n/textural-and-antioxidant-properties-of-mozzarella-cheese-fortified-with-dehydrated-oyster-mushroom-flour. Acesso em: 20 abr. 2025.

RATHORE, H.; PRASAD, S.; SHARMA, S. Mushroom nutraceuticals for improved nutrition and better human health: a review. **Pharmanutrition**, Amsterdã, v. 5, n. 2, p. 35-46, jun. 2017. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.phanu.2017.02.001. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2213434417300051?via%3Dihub. Acesso em: 23 set. 2024.

RAVLIKOVSKY, A.; PINHEIRO, M. N. C.; DINCA, L.; CRISAN, V.; SYMOCHKO, L. Valorization of Spent Mushroom Substrate: establishing the foundation for waste-free production. **Recycling**, Basel, v. 9, n. 3, p. 44, 22 maio 2024. MDPI AG. DOI: http://dx.doi.org/10.3390/recycling9030044. Disponível em: https://www.mdpi.com/2313-4321/9/3/44. Acesso em: 14 out. 2025.

RIBEIRO, B. *et al*. Comparative study of phytochemicals and antioxidant potential of wild edible mushroom caps and stipes. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 55, n. 22, p. 8761-8767, abr. 2007.

ROBERTSON, G. L. **Food packaging: principles and practice**. 3. ed. Boca Raton: CRC Press, 2013.

RODRIGUES, G.M.; OKURA, M.H. Cogumelos comestíveis no Brasil: uma revisão bibliográfica. **Research, Society And Development**, Triângulo Mineiro, v. 11, n. 8, p. 1-9, jun. 2022. Research, Society and Development. DOI: https://doi.org/10.33448/rsd-v11i8.30830. Disponível em: https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/30830. Acesso em: 14 mai. 2025.

RONDA, F. *et al*. Effect of barley and oat β-glucan concentrates on gluten-free rice-based doughs and bread characteristics. **Food Hydrocolloids**, Amsterdam, v. 48, p. 197-207, jun. 2015. Elsevier BV. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2015.02.031. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/274320418_Effect_of_barley_and_oat_ss-glucan_concentrates_on_gluten-free_rice_based_dough_and_bread_characteristics. Acesso em: 2 set. 2025.

ROSA, L.H. **Cultivo do "Cogumelo do sol"**. 1. ed. Minas Gerais: Cetec, 2006. 20p. Disponível em: https://www.academia.edu/33402805/Cultivo_do_Cogumelo_do_sol_. Acesso em: 14ago. 2025.

ROYSE, D. J. *et al*. Current overview of mushroom production in the world. In: ZIED, D. C.; PARDO-GIMÉNEZ, A. (ed.). **Edible and medicinal mushrooms: technology and applications**. Hoboken: John Wiley & Sons, 2017. p. 5–13. Wiley. DOI: https://doi.org/10.1002/9781119149446.ch2. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9781119149446.ch2. Acesso em: 15 mar. 2025.

SAKA, I. *et al.* The effect of bread-making methods on functional and quality characteristics of oat bran blended bread. **Journal of Cereal Science**, Amsterdam, v. 102, p. 103376, nov. 2021.

SALFINGER, Y; TORTORELLO, M. L. **Compendium of methods for the microbiological examination of foods**. 5. ed. Washington, D.C.: APHA Press, 2015.

SÁNCHEZ, C. Cultivation of Pleurotus ostreatus and other edible mushrooms. **Applied microbiology and biotechnology**, Berlin, v. 85, n. 5, p. 1321-1337, 3 dez. 2009. Springer Science and Business Media LLC. http://dx.doi.org/10.1007/s00253-009-2343-7. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19956947/. Acesso em: 2 set. 2025.

SANTOS, F. G. *et al*. Technological and nutritional aspects of the incorporation of unconventional ingredients in bakery products: a review. **Food Research International**, Amsterdam, v. 113, p. 93-105, jun. 2018.

SANTOS, J. R. U. **Desenvolvimento de pão de queijo funcional pela incorporação de isolado protéico de soja e polidextrose**. 2006. 279f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2006. Disponível em: https://www.repositorio.unicamp.br/acervo/detalhe/368570. Acesso em: 7 fev. 2025.

SÃO PAULO (Estado). Centro de Vigilância Sanitária (CVS). **Portaria CVS nº 6, de 10 de março de 1999**. Aprova o Regulamento Técnico que estabelece os parâmetros e critérios para o controle higiênico-sanitário em estabelecimentos de alimentos. **Diário Oficial do Estado de São Paulo**, São Paulo, 10 mar. 1999.

SAVOIE, J.-M.; FOULONGNE-ORIOL, M. International mushroom production and trade: recent trends and prospects. **Agronomy**, Nouzilly, v. 12, n. 6, p. 1380, fev. 2022.

SHARMA, D. S. *et al*. Revolutionizing Mushroom Processing: Innovative Techniques and Technologies. **Food Chemistry: X**, Amsterdam, v. 23, n. 30, p. 101774, out. 2024. Elsevier BV. DOI: https://doi.org/10.1016/j.fochx.2024.101774. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S259015752400662X. Acesso em: 15 mar. 2025.

SHIMADA, S. *et al*. Formation mechanism of an inclusion complex of lenthionine with α-cyclodextrin and enhancement of its bioavailability. **Journal of Food Bioactives**,

2024. Tsinghua University Press. DOI: http://dx.doi.org/10.26599/jfb.2024.95028397. Disponível em: http://www.isnff-jfb.com/index.php/JFB/article/view/389. Acesso em: 4 set. 2025.

SHRESTHA, S.; BIRBARI, W.; SHEEHAN, T.; GLASS, K. A. Thermal inactivation of *Salmonella* on sesame-topped bread during baking using high and low oven humidity. **Food Protection Trends,** v. 36, n. 2, p. 116–124, mar. 2016.

SIEGEL, S.; CASTELLAN, N. J. **Estatística não paramétrica para ciências do comportamento**. 2 ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 448p.

SIEGRIST, M.; HARTMANN, C. Impact of sustainability perception on consumption of organic meat and meat substitutes. **Appetite**, Amsterdã, v. 132, p. 196-202, jan. 2019. Elsevier BV. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.appet.2018.09.016. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0195666318308079?via%3Dihub. Acesso em: 15 mar. 2025.

SILVA, A.R. *et al*. Estabilidade de compostos fenólicos em panificação: influência do processamento térmico. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 49, n. 5, e20180716, 2019a.

SILVA, E. M.; OLIVEIRA, M. B; COSTA, F. H. Potencial de exportação do pão de queijo brasileiro: uma análise de mercado. **Revista de Economia e Agronegócio**, Viçosa, v. 18, n. 3, p. 35 - 40, set. 2020.

SILVA, E. P.; MARTINS, L. J.; FERREIRA, A. L. Partial substitution of wheat flour by mushroom flour in bread production. **Journal of Food Processing and Preservation**, Hoboken, v. 43, n. 10, e14149, 20 ago. 2019b.

SILVA, F.T. **Queijo Mussarela**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Rio de Janeiro: Embrapa Agroindústria de Alimentos, 2005. 52 p.

SILVA, J. C. *et al*. Farinha de cogumelo como ingrediente funcional: potencial tecnológico e nutricional em alimentos panificados. **Scientia Agropecuaria**, Trujillo, v. 13, n. 2, p. 89–96, jun. 2022.

SILVA, M. C. R. **PÃO DE QUEIJO: Fundamentos práticos para produção**. 2022. 95 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Alimentos, Universidade Federal de Uberlândia – Campus Patos de Minas, Patos de Minas, 2022. Disponível em: https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/37947/2/PaoQueijoFundamentos.pdf. Acesso em: 25 abr. 2025.

SILVA, N. *et al*. **Manual de Métodos de Análise Microbiológica de Alimentos**. 4. ed. São Paulo: Varela, 2018. 624p.

SILVA, R. P. G.; PEREIRA, J.; NERY, F. C.; VILELA, E. R. Efeito do congelamento nas características físicas e químicas do pão de queijo. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 207–212, 2009.

SINGLETON, V. L.; ORTHOFER, R.; LAMUELA-RAVENTÓS, R. M. Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. **Methods in Enzymology**, San Diego, v. 299, p. 152-178, ago. 1999.

Disponível em: https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1. Acesso em: 15 mai. 2025.

SŁAWIŃSKA, A., *et al*. Wheat bread supplemented with Agaricus bisporus powder: effect on bioactive substances content and technological quality. **Foods**, Lublin, v. 11, n. 23, p. 3786, 2022. MDPI AG. DOI: http://dx.doi.org/10.3390/foods11233786. Disponível em: https://www.mdpi.com/2304-8158/11/23/3786. Acesso em: 14 abr. 2025.

SOUZA, V. G. L.; FERNANDO, A.L. Nanoparticles in food packaging: biodegradability and potential migration to food - a review. **Food packaging and shelf life**, Caparica, v. 8, p. 63-70, jun. 2016. Elsevier BV. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.fpsl.2016.04.001. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S221428941630028X?via%3Dihub. Acesso em: 15 set. 2024.

STONE, H.; SIDEL, J. L. **Sensory evaluation practices**. 3 ed. San Diego: Elsevier Academic Press, 2004. 408p.

SUBHRA, S. *et al*. Techno-Functional Biochemical Analysis and Food Applications of Edible Mushroom Powder. **Journal Of Food Biochemistry**, Índia, v. 2025, n. 1, p. 1-21, jan. 2025. Wiley. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1155/jfbc/2888689. Acesso em: 15 jan. 2025.

TEIXEIRA, E.; MEINERT, E. M.; BARBETTA, P. A . **Análise sensorial de alimentos**. Florianópolis: Ed. da UFSC, 1987. 180p.

THOMAS, D. J.; ATWELL, W. **Starches: Practical Guides for the Food Industry**. Minnesota: Eagan Press, 2. ed, 1999. 94p.

TIAN, Y. *et al*. Effects of different drying methods on the product quality and volatile compounds of whole shiitake mushrooms. **Food Chemistry**, Amsterdã, v. 197, p. 714-722, abr. 2016. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.11.029. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0308814615301746. Acesso 28 fev. 2025.

TULBECK, K. *et al*. Color formation and antioxidant retention in baked products enriched with mushroom powders. **Journal of Culinary Science and Technology**, Nova Iorque, v. 14, n. 3, p. 205–217, 2016.

UNICAMP. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO**. 4. ed. Campinas: Núcleo de Estudos e Pesquisas em Alimentação – NEPA/UNICAMP, 2011.

UNIPAR – Universidade Paranaense. **Unidade I - Higiene, Controle de Qualidade e Bioquímica dos Alimentos**. 2022. Disponível em: https://moodle.ead.unipar.br/materiais/webflow/higiene-controle-de-qualidade-e-bioquimica-dos-alimentos/unidade-i.html. Acesso em: 19 mai. 2025.

VALLE, J. L. E. Características de qualidade de queijos. In: PIZZINATTO, A.; ORMENESE, R. de C. S. C. (Ed.). **Seminário pão de queijo: ingredientes,**

formulação e processo. Campinas: Governo do Estado de São Paulo, Secretaria de Agricultura e Abastecimento, 2000. p. 59-61.

VALVERDE, M. E.; HERNÁNDEZ-PÉREZ, T.; PAREDES-LÓPEZ, O. Edible Mushrooms: improving human health and promoting quality life. **International Journal Of Microbiology**, Nova York, v. 2015, p. 1-14, 2015. Wiley. http://dx.doi.org/10.1155/2015/376387. Disponível em: https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2015/376387. Acesso em: 18 set. 2024.

VERBEKE, Wim. Profiling consumers who are ready to adopt insects as a meat substitute in a Western society. **Food Quality And Preference**, Amsterdã, v. 39, p. 147-155, jan. 2015. Elsevier BV. http://dx.doi.org/10.1016/j.foodqual.2014.07.008. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/264087220_Profiling_consumers_who_are_ready_to_adopt_insects_as_a_meat_substitute_in_a_Western_society. Acesso em: 20 jul. 2025.

VILELA, E. R.; FERREIRA, M. E. Tecnologia de produção e utilização do amido de mandioca. **Informe Agropecuário**, n. 145, p. 69-74, 1987.

VITAL, A. C. P. *et al*. Effect of addition of Agaricus blazei mushroom residue to milk enriched with Omega-3 on the prevention of lipid oxidation and bioavailability of bioactive compounds after in vitro gastrointestinal digestion. **International Journal of Food Science and Technology**, Reino Unido, v. 52, n. 9, p. 1990–1998, 2017. Oxford University Press (OUP). DOI: http://dx.doi.org/10.1111/ijfs.13413. Disponível em: https://www.academia.edu/79651479/. Acesso em: 15 abr. 2025.

WANG, J. *et al*. Physicochemical properties and bioactivities of Lentinula edodes polysaccharides at different development stages. **International Journal Of Biological Macromolecules**, Amsterdam, v. 150, p. 573-577, mai. 2020. Elsevier BV. DOI: http://dx.doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.02.099. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0141813020303780?via%3Dihub. Acesso em: 12 set. 2025.

WANG, L. *et al*. Effects of balsa fish skin gelatin, Lentinula edodes mushrooms, soy protein isolate, and starch on the sensory quality and characterization of physicochemical and antioxidant properties of new sausage. **Foods**, v. 13, n. 3, p. 465, 2024. MDPI AG. DOI: http://dx.doi.org/10.3390/foods13030465. Disponível em: https://www.mdpi.com/2304-8158/13/3/465. Acesso em: 25 out. 2024.

WASSER, S. Medicinal mushrooms as a source of antitumor and immunomodulating polysaccharides. **Applied Microbiology And Biotechnology**, Haifa, v. 60, n. 3, p. 258-274, 1 nov. 2002. Springer Science and Business Media LLC. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/s00253-002-1076-7. Disponível em: https://link.springer.com/article/10.1007/s00253-002-1076-7#citeas. Acesso em: 14 set. 2024

XIE, L. *et al*. Characterization of volatile flavor compounds and aroma active components in button mushroom (Agaricus bisporus) across various cooking methods. **Foods**, Basel, v. 13, n. 5, p. 685, 23 fev. 2024. MDPI AG. http://dx.doi.org/10.3390/foods13050685. Disponível em: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10930934/. Acesso em: 17 jun. 2024.

XU, X. *et al*. Lentinula edodes-derived polysaccharide rejuvenates mice in terms of immune responses and gut microbiota. **Food & Function**, Londres, v. 6, n. 8, p. 2653-2663, 2015. Royal Society of Chemistry (RSC). DOI: http://dx.doi.org/10.1039/c5fo00689a. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/26135107/. Acesso em: 20 set. 2024.

YUAN, B. *et al*. Enrichment of Bread with Nutraceutical-Rich Mushrooms: Impact of Auricularia auricula Flour Upon Quality Attributes of Wheat Dough and Bread. **Journal of Food Science**, 2017. Wiley. DOI: http://dx.doi.org/10.1111/1750-3841.13812. Disponível em: https://ift.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/1750-3841.13812. Acesso em: 15 abr. 2025.

ZELAYA, M. P. Tecnología y química de almidones nativos y modificados. In: PIZZINATTO, A.; ORMENESE, R. de C. S. C. (Ed.). **Seminário pão de queijo: ingredientes, formulação e processo**. Campinas: Governo do Estado de São Paulo-Secretaria de Agricultura e Abastecimento, 2000. p. 15-28.

ZHANG, L. *et al*. Effects of drying process on the volatile and non-volatile flavor compounds of Lentinula edodes. **Foods**, Changsha, v. 10, n. 11, p. 2836, 17 nov. 2021. MDPI AG. DOI: http://dx.doi.org/10.3390/foods10112836. Disponível em: https://www.mdpi.com/2304-8158/10/11/2836. Acesso em: 25 ago. 2025.

ZHAO, H.; WANG, L.; BRENNAN, M.; BRENNAN, C. S. **How does the addition of mushrooms and their dietary fibre affect starchy foods?** *Journal of Future Foods*, v. 2, n. 1, p. 15–25, 2022. DOI: https://doi.org/10.1016/j.jfutfo.2022.03.013. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S277256692200026X. Acesso em: 14 fev. 2025.

APÊNDICE A – FICHA DE AVALIAÇÃO SENSORIAL

Imagem da ficha de avaliação sensorial utilizada para o teste de aceitação e intenção de compra do pão de queijo com adição da farinha de estipe com cogumelo shiitake

Avaliação sensorial de pão de queijo com adição de farinha de estipe de cogumelo shiitake

Sexo: ( ) Feminino ( ) Masculino Data: _____

Frequência de consumo de pão de queijo: ( ) 1 vez ao mês; ( ) 2 vezes ao mês; ( ) 1 vez por semana; ( ) 2 vezes por semana; ( ) todos os dias.
Faixa etária: ( ) 18 a 30 anos; ( ) 31 a 45 anos; ( ) 45 a 60 anos; ( ) mais que 60 anos.

Por favor, prove as amostras da esquerda para direita e avalie, utilizando a escala abaixo, o quanto você gostou ou desgostou da aparência, do aroma, do sabor, da textura e da impressão global de cada uma delas. Lave a boca com água entre uma amostra e outra.

9 – Gostei extremamente
8 – Gostei muito
7 – Gostei moderadamente
6 – Gostei ligeiramente
5 – Nem gostei/nem desgostei
4 – Desgostei ligeiramente
3 – Desgostei moderadamente
2 – Desgostei muito
1 – Desgostei extremamente

Nº amostra	Aparência	Aroma	Sabor	Textura	Impressão global

Comentários:_____

Agora, avalie, de acordo com a escala abaixo, a intenção dos pães de queijo com adição de farinha de estipe de cogumelo shiitake.

5 – Certamente compraria
4 – Provavelmente compraria
3 – Tenho dúvidas se compraria
2 – Provavelmente não compraria
1 – Certamente não compraria

Nº amostra	Intenção de compra

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2025).

APÊNDICE B – REGISTROS FOTOGRÁFICOS DA ANÁLISE SENSORIAL DO PÃO DE QUEIJO COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE FARINHAS DE ESTIPE DE COGUMELO SHIITAKE

Entrada do local da análise sensorial – Unesp FCA – Campus Botucatu



Local da análise sensorial – Unesp FCA – Campus Botucatu



Bancada com as amostras de pão de queijo com farinha de estipe de cogumelo shiitake e o forno elétrico



Provadores não treinados realizando a análise sensorial (A)



Provadores não treinados realizando a análise sensorial (B)

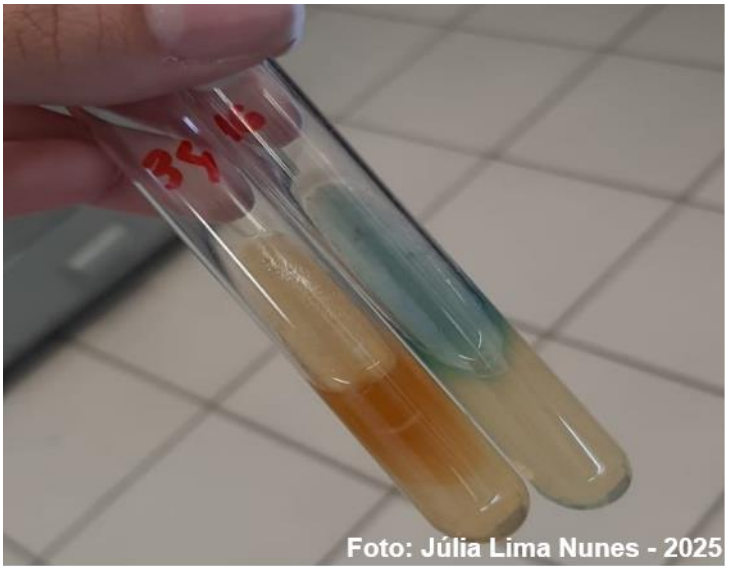


APÊNDICE C – REGISTROS FOTOGRÁFICOS DAS ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS DO PÃO DE QUEIJO COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE FARINHAS DE ESTIPE DE COGUMELO SHIITAKE

Tríplice Açúcar Ferro (TSI), respectivamente, característico e negativo para *Salmonella*



Fenilalanina, respectivamente, característica e negativa para *Salmonella*



Cepas suspeitas de *Salmonella*, submetidas ao kit API 20E



Fonte: Salfinger e Tortorello (2015).

Colônias características em meio Baird-Parker (BP) para detecção de Staphylococcus spp.



APÊNDICE D - ANÁLISE COMPARATIVA DE APARÊNCIA, AROMA, SABOR, TEXTURA, IMPRESSÃO GLOBAL E INTENÇÃO DE COMPRA (KRUSKAL-WALLIS)

Análise comparativa de aparência nos pães de queijo com diferentes concentrações de farinhas de estipe de cogumelo shiitake: estatística de postos médios (Kruskal-Wallis)

Amostra	N	Mediana	Posto médio	Valor-Z
T1 - 0% de farinha	156	8	464,7	12,17
T2 - 5% de farinha	156	7	348,3	2,86
T3 - 15% de farinha	156	6	256,7	-4,46
T4 - 30% de farinha	156	5	180,3	-10,58
Global	624		312,5	

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2025).

Análise comparativa de aroma nos pães de queijo com diferentes concentrações de farinhas de estipe de cogumelo shiitake: estatística de postos médios (Kruskal-Wallis)

Amostra	N	Mediana	Posto médio	Valor-Z
T1 - 0% de farinha	156	8	368,2	4,46
T2 - 5% de farinha	156	8	356,3	3,51
T3 - 15% de farinha	156	7	293,7	-1,50
T4 - 30% de farinha	156	6	231,7	-6,46
Global	624		312,5	

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2025).

Análise comparativa de sabor nos pães de queijo com diferentes concentrações de farinhas de estipe de cogumelo shiitake: estatística de postos médios (Kruskal-Wallis)

Amostra	N	Mediana	Posto médio	Valor-Z
T1 - 0% de farinha	156	8	330,8	1,46
T2 - 5% de farinha	156	8	350,7	3,05
T3 - 15% de farinha	156	7	307,6	-0,39
T4 - 30% de farinha	156	7	261	-4,12
Global	624		312,5	

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2025).

Análise comparativa de textura nos pães de queijo com diferentes concentrações de farinhas de estipe de cogumelo shiitake: estatística de postos médios (Kruskal-Wallis)

Amostra	N	Mediana	Posto médio	Valor-Z
T1 - 0% de farinha	156	7	313,1	0,05
T2 - 5% de farinha	156	8	360,5	3,84
T3 - 15% de farinha	156	8	329,7	1,37
T4 - 30% de farinha	156	7	246,8	-5,26
Global	624		312,5	

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2025).

Análise comparativa de impressão global nos pães de queijo com diferentes concentrações de farinhas de estipe de cogumelo shiitake: estatística de postos médios (Kruskal-Wallis)

Amostra	N	Mediana	Posto médio	Valor-Z
T1 - 0% de farinha	156	8	363,4	4,07
T2 - 5% de farinha	156	8	360,9	3,87
T3 - 15% de farinha	156	7	298,4	-1,13
T4 - 30% de farinha	156	6	227,4	-6,81
Global	624		312,5	

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2025).

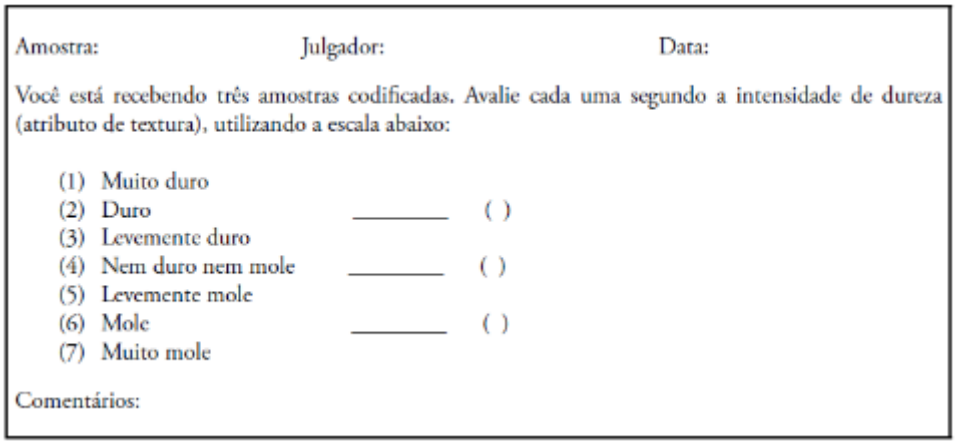
Análise comparativa de intenção de compra nos pães de queijo com diferentes concentrações de farinhas de estipe de cogumelo shiitake: estatística de postos médios (Kruskal-Wallis)

Amostra	N	Mediana	Posto médio	Valor-Z
T1 - 0% de farinha	156	4	367,5	4,40
T2 - 5% de farinha	156	4	360,5	3,84
T3 - 15% de farinha	156	4	294,4	-1,45
T4 - 30% de farinha	156	3	227,7	-6,79
Global	624		312,5	

Fonte: Elaborado pelo próprio autor (2025).

ANEXO A – MODELO DE ESCALA ESTRUTURADA DE 7 PONTOS

Imagem do modelo de escala estruturada de 7 pontos



Amostra: Julgador: Data:

Você está recebendo três amostras codificadas. Avalie cada uma segundo a intensidade de dureza (atributo de textura), utilizando a escala abaixo:

(1) Muito duro
(2) Duro _____ ( )
(3) Levemente duro
(4) Nem duro nem mole _____ ( )
(5) Levemente mole
(6) Mole _____ ( )
(7) Muito mole

Comentários:

Fonte: ABNT, NBR 14141 (1998).

ANEXO B - PARECER CONSUBSTANCIADO DO COMITÊ DE ÉTICA EM PESQUISA (CEP)

Parecer consubstanciado do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Faculdade de Medicina de Botucatu

FACULDADE DE MEDICINA DE BOTUCATU (FMB)

PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DA EMENDA

Título da Pesquisa: Aproveitamento de estipes de cogumelo shiitake na produção de pão de queijo com potencial funcional: análise físicas, sensorial e nutricional

Pesquisador: JULIA LIMA NUNES
Área Temática:
Versão: 3
CAAE: 77566924.9.0000.5411
Instituição Proponente: CAMPUS DE BOTUCATU FACULDADE DE CIENCIAS AGRONOMICAS
Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 8.568.978

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situaçã
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_2835910_E1.pdf	26/06/2026 20:40:36		Aceito
Folha de Rosto	FolhadeRostoAtualizada2026.pdf	26/06/2026 20:39:57	JULIA LIMA NUNES	Aceito
Outros	Justificativadeemendaatualizada.pdf	23/06/2026 13:19:55	JULIA LIMA NUNES	Aceito
Outros	CARTARESPOSTATCLE.docx	25/03/2024 14:48:05	JULIA LIMA NUNES	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	15/03/2024 12:34:41	JULIA LIMA NUNES	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	ProjetoJuliaSensorial.pdf	23/01/2024 14:48:30	JULIA LIMA NUNES	Aceito
Outros	FichaSensorial.pdf	23/01/2024 14:45:16	JULIA LIMA NUNES	Aceito
Declaração de Pesquisadores	AutorizacaoPesquisa.pdf	23/01/2024 14:41:48	JULIA LIMA NUNES	Aceito
Declaração de Instituição e Infraestrutura	DeclaracaoUniversidade.pdf	23/01/2024 14:41:05	JULIA LIMA NUNES	Aceito

Situação do Parecer:
Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:
Não

BOTUCATU, 07 de Julho de 2026

Assinado por:
Eneida Maria Boteon Schmitt
(Coordenador(a))

Endereço: Chácara Butignolli , s/n
Bairro Rubião Junior **CEP:** 18.618-970
UF: SP **Município** BOTUCATU
Telefone (14)3880-1609 **E-** cep.fmb@unesp.br

Fonte: Plataforma Brasil (2026).