

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

ASSIA GHATTAS FARES

**EFEITO DA CONCENTRAÇÃO DE DIFERENTES COGUMELOS E DE GOMA
XANTANA NAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DO PÃO DE FORMA**

MEDIANEIRA

2022

ASSIA GHATTAS FARES

**EFEITO DA CONCENTRAÇÃO DE DIFERENTES COGUMELOS E DE GOMA
XANTANA NAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DO PÃO DE FORMA**

**Effect of the concentration of different mushrooms and xantan gum on the
technological properties of loaf bread**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação apresentado como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).

Orientadora: Profa. Dra. Daiane Cristina Lenhard.

Coorientadora: Profa. Dra. Nádia Cristiane Steinmacher

MEDIANEIRA

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

ASSIA GHATTAS FARES

**EFEITO DA CONCENTRAÇÃO DE DIFERENTES COGUMELOS E DE GOMA
XANTANA NAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS DO PÃO DE FORMA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia de Alimentos da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(UTFPR).

Data de aprovação: 21 de novembro de 2022.

Daiane Cristina Lenhard
Dra. em Engenharia Química
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Medianeira

Nádia Cristiane Steinmacher
Dra. em Ciências de Alimentos
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Medianeira

Glaucia Cristina Moreira
Dra. em Engenharia e Agronomia/horticultura
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Medianeira

Carolina Castilho Garcia
Dra. em Engenharia e Ciências de Alimentos
Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Medianeira

MEDIANEIRA

2022

Dedico este trabalho a minha família, professores e amigos. E agradeço a todos que cruzaram pelo meu caminho e me apoiaram, incentivaram e contribuíram para esta conquista.

RESUMO

Diversos estudos apontam que os cogumelos comestíveis apresentam alto valor proteico, baixo teor lipídico e são considerados fontes de minerais, fibras alimentares, vitamina B1, B2, B3, biotina e vitamina C. As principais espécies de cogumelos comestíveis cultivadas no Brasil são *Agaricus bisporus*, popularmente conhecida como champignon de Paris; *Lentinula edodes*, conhecido como shitake e *Pleurotus spp.*, conhecido como shimeji. Diante do cenário atual, a procura por alimentos benéficos à saúde tem se destacado, entretanto, há poucos estudos sobre a aplicação de cogumelos comestíveis em alimentos. Desse modo, o presente trabalho objetiva a produção de pão de forma com a incorporação de cogumelos comestíveis e goma xantana, a fim de avaliar através do programa STATISTICA 7.0 e análise de variância (ANOVA) o efeito da concentração destas variáveis sobre as respostas de índice de expansão (IE), volume específico (VE), número de alvéolos (NA) e cor. Em um primeiro momento, realizou-se análise de Índice de solubilidade em água (ISA), índice de absorção em água (IAA) e sólidos totais (ST) para os cogumelos comestíveis *in natura*. Shitake apresentou menor ISA, e não houve diferença significativa entre os cogumelos para o IAA. Para ST, as três espécies apresentaram valores baixos, destacando-se o porto belo, que apresentou menor valor, o que comprova o alto teor de umidade. Para elaboração do pão de forma, adaptou-se a formulação padrão do pão de forma a partir da substituição da água por pasta de cogumelo comestível e adição de goma xantana. Neste estudo, analisou-se um planejamento fatorial 2² com repetição em triplicata no ponto central para três espécies de cogumelos - shimeji-preto, shitake e porto belo – para avaliar o efeito das variáveis concentração de cogumelo e concentração de goma xantana nas respostas IE, VE, NA e cor, avaliada quanto aos parâmetros L*, a* e b* de pães de forma. Para a resposta índice de expansão, nenhuma variável apresentou influência significativa. No parâmetro luminosidade (L*), a resposta tendeu a diminuir com o aumento da concentração de cogumelo, o que pode ser um atrativo, pois a cor assemelhou-se a de pão integral. Para a resposta volume específico, a concentração das três espécies de cogumelo e a goma xantana apresentaram efeito significativo e negativo, ou seja, com o aumento das variáveis estudadas, o volume específico diminuiu. Para L* e b*, as variáveis não apresentaram efeito significativo e para a resposta cromaticidade a*, a concentração das três espécies de cogumelos apresentou efeito significativo. De forma geral, a partir dos resultados das análises, a adição de cogumelo e goma xantana no pão de forma não apresentou resultados divergentes aos estudos de outros autores sobre pão de forma padrão e pode-se considerar uma boa opção para agregar valor nutricional ao produto.

Palavras-chave: cogumelos; panificação; planejamento experimental.

ABSTRACT

Several studies point out that edible mushrooms have a high protein value, low lipid content and are considered sources of minerals, dietary fiber, vitamin B1, B2, B3, biotin and vitamin C. The main species of edible mushrooms cultivated in Brazil are *Agaricus bisporus* popularly known as champignon de Paris; *Lentinula edodes*, known as shitake and *Pleurotus spp.*, known as shimeji. Given the current scenario, the search for foods that are beneficial to health has been highlighted, however, there are few studies on the application of edible mushrooms in food. Thus, the present work aims at the production of sliced bread with the incorporation of edible mushrooms and xanthan gum, in order to evaluate, through the STATISTICA 7.0 program and analysis of variance (ANOVA), the effect of the concentration of these variables on the index responses expansion (IE), specific volume (VE), number of alveoli (NA) and color. At first, an analysis of the water solubility index (ISA), water absorption index (IAA) and total solids (ST) was carried out for the in natura edible mushrooms. Shitake had the lowest ISA, and there was no significant difference between the mushrooms for the IAA. For ST, the three species showed low values, especially Porto Belo, which showed the lowest value, which proves the high moisture content. To prepare sliced bread, the standard formulation of sliced bread was adapted by replacing water with edible mushroom paste and adding xanthan gum. In this study, a 2² factorial design with repetition in triplicate at the central point was analyzed for three species of mushrooms - black shimeji, shitake and portobello - to evaluate the effect of the variables mushroom concentration and xanthan gum concentration on the responses IE, VE, NA and color, evaluated according to the L*, a* and b* parameters of sliced bread. For the expansion index response, no variable had a significant influence. In the luminosity parameter (L*), the response tended to decrease with the increase in mushroom concentration, which may be attractive, as the color resembled that of wholemeal bread. For the specific volume response, the concentration of the three mushroom species and xanthan gum had a significant and negative effect, that is, with the increase of the studied variables, the specific volume decreased. For L* and b*, the variables did not show a significant effect and for the a* chromaticity response, the concentration of the three mushroom species showed a significant effect. In general, based on the results of the analyses, the addition of mushrooms and xanthan gum to sliced bread did not show divergent results from studies by other authors on standard sliced bread and can be considered a good option to add nutritional value to the product.

Keywords: mushrooms; bread making; experimental planning.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Morfologia dos cogumelos	16
Figura 2 - Ciclo de vida dos cogumelos	17
Fluxograma 1 - Processo de preparo dos pães.....	28
Figura 3 - Superfície de resposta (a) e curvas de contorno (b) ajustada ao modelo do volume específico em função das variáveis concentração de goma xantana e concentração da pasta de cogumelo	40
Figura 4 - Superfície de resposta (a) e curvas de contorno (b) ajustada ao modelo da cromaticidade a^* em função das variáveis concentração de goma xantana e concentração da pasta de cogumelo.....	40
Figura 5 - Superfície de resposta (a) e curvas de contorno (b) ajustada ao modelo da cromaticidade a^* em função das variáveis concentração de goma xantana e concentração da pasta de cogumelo.....	45
Figura 6 - Superfície de resposta (a) e curvas de contorno (b) ajustada ao modelo índice de expansão em função das variáveis concentração de goma xantana e concentração de pasta de cogumelo.	50
Gráfico 1 - Comportamento das diferentes espécies de cogumelo na resposta índice de expansão	51
Gráfico 2 - Comportamento das diferentes espécies de cogumelo na resposta volume específico.....	52
Gráfico 3 - Comportamento das diferentes espécies de cogumelo na resposta número de alvéolos	52
Gráfico 4 - Comportamento das diferentes espécies de cogumelo na resposta de luminosidade	53
Gráfico 5 - Comportamento das diferentes espécies de cogumelo na resposta de cromaticidade a^*	53
Gráfico 6 – Comportamento das diferentes espécies de cogumelo na resposta de cromaticidade b^*	54

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Proporção utilizada para elaboração da pasta de cogumelo.....	26
Tabela 2 - Formulação do pão de forma	27
Tabela 4 - Matriz do planejamento fatorial 2 ² com três repetições no ponto central..	27
Tabela 5 - Resultado da análise de teor de sólidos totais dos cogumelos in natura .	31
Tabela 6 - Resultado da análise de IAA e ISA	32
Tabela 7 - Matriz do DCC para o cogumelo <i>Pleurotus ostreatus</i> (shimeji-preto) com valores codificados e reais em porcentagem (entre parênteses) das variáveis estudadas e suas respostas	34
Tabela 8 - Efeitos das variáveis estudadas no planejamento fatorial 2 ² para a resposta de índice de expansão – cogumelo shimeji-preto.....	34
Tabela 9 - Efeitos das variáveis estudadas no planejamento fatorial 2 ² para a resposta de volume específico – cogumelo shimeji-preto	35
Tabela 10 - Efeitos das variáveis estudadas no planejamento fatorial 2 ² para a resposta de número de alvéolos – cogumelo shimeji-preto.....	36
Tabela 11 - Efeitos das variáveis estudadas no planejamento fatorial 2 ² para a resposta de luminosidade (L*) – cogumelo shimeji-preto	36
Tabela 12 - Efeitos das variáveis estudadas no planejamento fatorial 2 ² para a resposta de cromaticidade a* – cogumelo shimeji-preto	37
Tabela 13 - Efeitos das variáveis estudadas no planejamento fatorial 2 ² para a resposta de cromaticidade b* – cogumelo shimeji-preto	38
Tabela 14 - ANOVA para o modelo preditivo da resposta de volume específico (cm ³ /g)	38
Tabela 15 - ANOVA para o modelo preditivo da resposta de cor parâmetro a*	39
Tabela 16 - Matriz do DCC para o cogumelo <i>Lentinula edodes</i> (shitake) com valores codificados e reais em porcentagem (entre parênteses) das variáveis estudadas e suas respostas.....	41
Tabela 17 - Efeitos das variáveis estudadas no planejamento fatorial 2 ² para a resposta de índice de expansão – cogumelo shitake	41
Tabela 18 - Efeitos das variáveis estudadas no planejamento fatorial 2 ² para a resposta de volume específico – cogumelo shitake	42
Tabela 19 - Efeitos das variáveis estudadas no planejamento fatorial 2 ² para a resposta de número de alvéolos – cogumelo shitake.....	43
Tabela 20 - Efeitos das variáveis estudadas no planejamento fatorial 2 ² para a resposta de luminosidade (L*) – cogumelo shitake	43
Tabela 21 - Efeitos das variáveis estudadas no planejamento fatorial 2 ² para a resposta cromaticidade a* – cogumelo shitake	43
Tabela 22 - Efeitos das variáveis estudadas no planejamento fatorial 2 ² para a resposta cromaticidade b* – cogumelo shitake	43
Tabela 23 - ANOVA para o modelo preditivo da resposta de cromaticidade a*	44
Tabela 24 - ANOVA para o modelo preditivo da resposta de volume específico	45

Tabela 25 - Matriz do DCC para o cogumelo <i>Agaricus bisporus</i> (porto belo) com valores codificados e reais em porcentagem (entre parênteses) das variáveis estudadas e suas respostas.....	46
Tabela 26 - Efeitos das variáveis estudadas no planejamento fatorial 2 ² para a resposta de índice de expansão – cogumelo porto belo	46
Tabela 27 - Efeitos das variáveis estudadas no planejamento fatorial 2 ² para a resposta de volume específico – cogumelo porto belo.....	47
Tabela 28 - Efeitos das variáveis estudadas no planejamento fatorial 2 ² para a resposta de número de alvéolos – cogumelo porto belo	47
Tabela 29 - Efeitos das variáveis estudadas no planejamento fatorial 2 ² para as respostas de luminosidade L* - cogumelo porto belo	48
Tabela 30 - Efeitos das variáveis estudadas no planejamento fatorial 2 ² para as respostas de cromaticidade a* - cogumelo porto belo.....	48
Tabela 31 - – Efeitos das variáveis estudadas no planejamento fatorial 2 ² para as respostas de cromaticidade b* – cogumelo porto belo	48
Tabela 32 - ANOVA para o modelo preditivo da resposta de índice de expansão	49
Tabela 33 - ANOVA para o modelo preditivo da resposta de volume específico	49
Tabela 34 - ANOVA para o modelo preditivo da resposta de cromaticidade a*	49

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
2 OBJETIVO	15
2.1 Objetivo geral	15
2.2 Objetivos específicos	15
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1.1 <i>Pleurotus ostreatus</i> (shimeji-preto).....	18
3.1.2 <i>Lentinula edodes</i> (shitake)	19
3.1.3 <i>Agaricus bisporus</i> porto belo	20
3.2 Goma xantana	23
3.3 Pão de forma	23
4. MATERIAL E MÉTODOS	24
4.1 Análise dos cogumelos in natura	24
4.1.1 Índice de absorção de água (IAA).....	24
4.1.2 Índice de solubilidade em água (ISA).....	25
4.2 Elaboração da pasta de cogumelo	25
4.2.1 Análise de sólidos totais da pasta de cogumelo.....	26
4.3 Elaboração do pão de forma com pasta de cogumelo em diferentes proporções	27
4.4 Análises dos pães de forma	29
4.4.1 Índice de expansão (IE).....	29
4.4.2 Volume específico (VE).....	29
4.4.3 Número de alvéolos (NA)	30
4.4.5 Cor do miolo	30
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5.1 Teor de sólidos totais (ST)	31
5.2 Índice de absorção e Índice de solubilidade em água (IAA e ISA)	32
5.3 Planejamento fatorial realizado com o cogumelo <i>Pleurotus ostreatus</i> (shimeji-preto)	34
5.4 Planejamento fatorial realizado com o cogumelo <i>Lentinula edodes</i> (shitake)	41
5.5 Planejamento fatorial realizado com o cogumelo <i>Agaricus bisporus</i> porto belo	46
6 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS RESULTADOS OBTIDOS PARA CADA COGUMELO	46

7 CONCLUSÃO	46
REFERÊNCIAS	56

1 INTRODUÇÃO

Os cogumelos têm sido utilizados há milhares de anos pelos povos orientais, tanto na medicina curativa quanto na preventiva. Os egípcios os consideravam como um presente do Deus Osíris. Na Grécia antiga, os guerreiros acreditavam que os cogumelos proviam força e coragem. Os romanos chamavam de “Alimento dos Deuses”, assim, os utilizavam apenas em ocasiões especiais. Os chineses acreditavam que era o “elixir da vida”, enquanto os índios mexicanos usavam os cogumelos como alucinógenos em rituais religiosos, de feitiçaria e com finalidades terapêuticos (CHANG; MILES, 1989).

Os cogumelos são macrofungos muito utilizados na alimentação humana desde a antiguidade. Em vista disso, os cogumelos têm atraído o interesse de pesquisadores, devido às suas propriedades nutritivas e medicinais (FURLANI, 2004).

As principais espécies de cogumelos comestíveis cultivadas no Brasil são *Agaricus bisporus*, popularmente conhecida como Champignon de Paris; *Lentinula edodes*, conhecido como Shitake e *Pleurotus spp.*, conhecido como Shimeji (URBEN et al., 2001). As propriedades medicinais dos cogumelos têm sido estudadas desde a década de 70 (EMBRAPA, 2005) e sua composição química varia de acordo com as espécies e condições de tratamento (LIN; SUNG, 2006).

Os cogumelos possuem a facilidade de se propagarem vegetativamente em curto espaço de tempo e sob condições controladas, o micélio pode ser estocado por um longo período, conservando suas características genéticas, o que beneficia a conservação da biodiversidade. Outro importante aspecto ecológico do cultivo de cogumelos é a possibilidade de propagá-los em resíduos provenientes da agroindústria e sem emissão de lixo (WASSER et al., 2005).

Sob o ponto de vista nutricional, devido ao alto valor proteico, considera-se o cultivo dos cogumelos uma alternativa para acrescentar a oferta de proteínas aos países com alto índice de desnutrição. A utilização de certas espécies, em forma de chá ou cápsulas, como preventivo de algumas doenças, também contribuiu na aceleração da produção de cogumelos (CHANG; MILES, 1989).

Os cogumelos apresentam alto teor de proteína e baixo teor lipídico, são considerados fontes de minerais, fibras alimentares, vitaminas B1, B2, niacina (B3), biotina e vitamina C, de acordo com estudos realizados por Breene (1990).

Diante do cenário atual, destaca-se a crescente procura por alimentos naturais, benéficos à saúde, orgânicos, além do interesse da indústria alimentícia em atender as necessidades do consumidor, entretanto, há poucos estudos sobre a aplicação de cogumelos comestíveis em alimentos. Nesse contexto, o presente trabalho objetiva a produção de pão de forma com a incorporação de cogumelos comestíveis e goma xantana, a fim de avaliar o comportamento da concentração destas variáveis sobre as respostas de índice de expansão, volume específico, cor e número de alvéolos.

2 OBJETIVO

2.1 Objetivo geral

Avaliar o efeito da concentração de diferentes cogumelos comestíveis e de goma xantana nas propriedades tecnológicas do pão de forma.

2.2 Objetivos específicos

- Realizar análises de Índice de Absorção de Água (ISA) e Índice de Solubilidade em Água (IAA) para os cogumelos Shimeji-preto, Shitake e Porto Belo;
- Determinar a concentração de cogumelo e água para obtenção da pasta de cogumelo utilizada na elaboração do pão de forma e determinar o teor de sólidos;
- Estudar do efeito das variáveis “concentração de goma xantana” e “concentração de cogumelo” sobre as respostas de índice de expansão, volume específico, número de alvéolos e cor dos pães de forma através de um planejamento fatorial 2^2 com repetição em triplicata no ponto central, para cada cogumelo;
- Comparar os resultados obtidos para cada cogumelo utilizado.

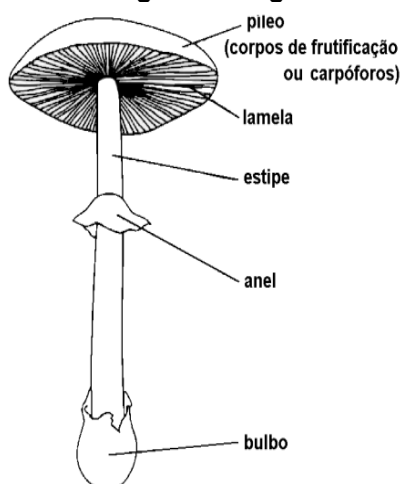
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nesse capítulo está apresentada uma breve revisão a respeito dos insumos que serão utilizados no trabalho, os cogumelos e a goma xantana, assim como, do objeto de estudo desse trabalho, o pão de forma.

3.1 Cogumelos

Os cogumelos pertencem ao reino Fungi, o qual inclui uma série de organismos, sendo que os mais desenvolvidos estão enquadrados no filo Basidiomycota. Os cogumelos possuem diferentes corpos de frutificação e são constituídos de píleo, lamelas, estipe, anel e bulbo, conforme se visualiza na Figura 1. Além disso, podem ser comestíveis, venenosos, alucinógenos e há aqueles que possuem propriedades medicinais (FERGUS; FERGUS, 2003; PUTZKE; PUTZKE 1998).

Figura 1 - Morfologia dos cogumelos



Fonte: Fergus e Fergus (2003)

Os fungos terrestres mais conhecidos são divididos em quatro classes: Zigomicetos, Deuteromicetos, Ascomicetos e Basidiomicetos. Os cogumelos comestíveis pertencem às classes Ascomicetos e Basidiomicetos e se reproduzem sexuadamente por meio de esporos ou assexuadamente através da multiplicação de seus fragmentos (KAVANAGH, 2011).

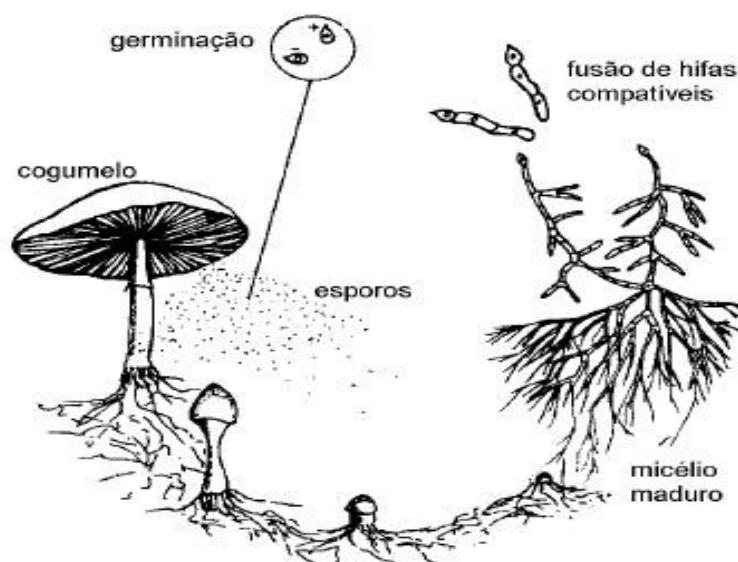
Oei e Nieuwenhuijzen (2006) afirmam que os fungos se diferenciam das plantas por não serem fotossintetizantes, ou seja, não possuem clorofila. Desse modo, não realizam fotossíntese, logo, são dependentes de outros organismos para a sua alimentação, absorvendo os nutrientes do material orgânico no qual residem.

De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA, 2005):

Cogumelos comestíveis são definidos como o produto obtido de espécie de fungos comestíveis, tradicionalmente utilizados como alimento. Podem ser dessecados, inteiros, fragmentados, moídos ou em conserva, submetidos a estudo de secagem e/ou defumação e/ou cocção e/ou salga e/ou fermentação ou outro estudo tecnológico considerado seguro para a produção de alimentos.

Carlile et al. (2001) afirmam que os cogumelos são a parte visível de certos fungos, o “fruto”, os quais possuem esporos - chamados de basidiósporos - necessários para se reproduzirem. A parte vegetativa desses fungos é formada por uma rede de filamentos ramificados chamados hifas. As hifas iniciam-se como formações tubulares a partir de esporos, ramificando-se repetidamente. Constituem, assim, uma rede mais ou menos densa que forma o micélio. Esse ciclo está apresentado na Figura 2.

Figura 2 - Ciclo de vida dos cogumelos



Fonte: Oei e Nieuwenhuijzen (2006)

De acordo com Mahajna et al. (2009), os cogumelos possuem compostos como polissacarídeos, glicoproteínas e triterpenos. Dentre os polissacarídeos mais

encontrados e estudados estão os grupos das β -glucanas. Estudos relatam que as β -glucanas possuem a propriedade de ativação do sistema imunológico, elevando o teor de anticorpos e fortalecendo os mecanismos de defesa fisiológica.

Dentre os cogumelos comestíveis mais consumidos e comercializados destacam-se as espécies *Pleurotus ostreatus*, *Lentinula edodes* e *Agaricus bisporus*.

3.1.1 *Pleurotus ostreatus* ou shimeji-preto

A espécie *Pleurotus spp.* foi cultivada pela primeira vez durante a Primeira Guerra Mundial na Alemanha como medida de subsistência. Várias espécies de *Pleurotus* são cultivados comercialmente pelo rico conteúdo mineral e propriedades medicinais, ciclo de vida curto, reprodutibilidade na reciclagem de certos produtos agrícolas e resíduos industriais e baixa demanda de recursos e tecnologia (YILDIZ et al., 2002).

Os cogumelos do gênero *Pleurotus spp.* estão presentes em zonas temperadas, subtropicais e tropicais, podem ser encontrados nas florestas com mais facilidade e são popularmente conhecidos como cogumelos ostras, devido a morfologia de seus píleos (YILDZ et. al, 2002; DIAS; MUKHERJEE 2007).

Os cogumelos comestíveis apresentam grande potencial como fonte alimentar e a espécie *Pleurotus ostreatus* é um dos cogumelos comestíveis mais pesquisados devido aos compostos funcionais e antioxidantes, além da capacidade de sintetizar aminoácidos essenciais (VALVERDE; PÉREZ; LÓPEZ, 2015; KOZARSKI et al., 2015).

Synytsya et al. (2008) afirmam que os cogumelos da espécie *Pleurotus ostreatus* são considerados boa fonte de carboidratos e fibras alimentares, além disso, contém β -glucano, que é uma fonte de polissacarídeos com propriedades antitumorais. Segundo os mesmos autores, a composição desses polissacarídeos nos corpos frutíferos varia de acordo com as linhagens.

Os carboidratos constituem cerca de 50-60% da matéria seca dos cogumelos e compreende vários compostos - monossacarídeos, seus derivados e oligossacarídeos (comumente chamados açúcares) e polissacarídeos de reserva e construção (glucanos), os quais são importantes para o bom funcionamento do trato alimentar (KALAC, 2009).

Diversos são os estudos que avaliaram a composição do cogumelo shimeji preto. No estudo realizado por Wasser et. al (2005), verificou-se teor de carboidratos na faixa de 57 a 73%, enquanto o estudo de Furlani e Godoy (2007) resultaram em teores na faixa de 65% a 82% para carboidratos.

No que se refere ao teor de lipídeos, Furlani e Godoy (2007) e Chang e Milles (1989) observaram valores de 4,30% e 1,60%, respectivamente.

A quantidade de proteínas encontradas nessa espécie de cogumelo apresenta valores superiores a 10%, como se verifica nos estudos relatados a seguir. Chang e Miles (1989), encontraram valores de proteínas entre 10,5% e 30,4%, Furlani e Godoy (2007), ao analisarem diferentes lotes de *P. ostreatus*, observaram quantidades de proteínas entre 16,19% a 33,73%, enquanto Manzi et al. (1999) verificaram teores de proteína na faixa de 19,93 a 34,73%.

Para teor de fibra alimentar presente no cogumelo shimeji preto estudos revelam valores entre 21,49% e 39,62% (HELM; CORADIN; KESTRING, 2009; FURLANI; GODY, 2007), que são considerados valores bastante significativos.

3.1.2 *Lentinula edodes* ou shiitake

O cogumelo da espécie *Lentinula edodes* é conhecido como “Shiitake”, nome reconhecido pelo Japão que é líder mundial na produção dessa espécie de cogumelo. O cultivo deste cogumelo tem sido praticado há mil anos, com seu cultivo originário da China durante a Dinastia Sung (960-1279). Tanto a história quanto a lenda dão crédito a Wu San Kwung como o originador do cultivo de shiitake (HOBBS, 1995).

De acordo com os autores Chang (1997) e Stamets (2000), o shiitake é considerado um dos cinco cogumelos comestíveis mais cultivados no mundo, sendo cultivado principalmente no Leste Asiático, e pelo interesse do mercado mundial, mercados crescentes foram gerados, em parte pelo sabor exótico e bem apreciado desse cogumelo, e em parte pelos avanços em pesquisas que demonstraram suas propriedades medicinais significativas.

Ainda, o cogumelo shiitake é considerado uma excelente fonte de nutrição, visto que, seus corpos frutíferos crus incluem 88-92% de água, proteínas, lipídios, carboidratos, bem como vitaminas e minerais. As quantidades de nutrientes e os compostos biologicamente ativos diferem-se em várias cepas e são afetados pelo

substrato, condições de frutificação e métodos de cultivo. Em massa seca, eles possuem valor nutricional relativamente alto quando comparado aos vegetais comumente consumidos. Cogumelos shiitake secos contêm entre 58-60% de carboidratos, 20 a 23% de proteína, 3 a 4% de lipídios e 4 a 5% de cinzas (PRZBYLOWICZ; DONOGHUE, 1990; CHANG, 1999; HOBBS, 2000).

Estudos mostram que o consumo do cogumelo shiitake de forma regular beneficia a saúde, aumentando a resistência a doenças (MITAMURA et al., 2000). Além disso, cogumelos shiitake também contêm lentinano, um polissacarídeo que contribui na prevenção da aterosclerose e redução da pressão arterial, além de apresentar propriedades antivirais, anticâncer e imunorregulatórias (MAEDA; TAKAHAMA; YONEKAWA, 1997).

Estudos estão focados no desenvolvimento de cogumelos shiitake como produtos alimentares funcionais na China e em outros países (Li et al., 2014). Além desses benefícios, Hearst et al. (2009) revelaram que o shiitake (*L. edodes*) e shimeji-preto (*P. ostreatus*) apresentaram propriedades antibacterianas e antifúngicas. Nos estudos de Yang, Lin e Mau (2002), evidenciou-se a presença de compostos antioxidantes em espécies como *Lentinula edodes* e *Pleurotus ostreatus*.

No estudo realizado por Furlani e Godoy (2007), ao analisar diferentes lotes de shiitake, os autores verificaram teores de proteína na faixa de 17,97% a 20,48%, valor próximo ao encontrado por Manzi et al. (1999), que foi de 15,19%.

Para o teor de lipídeos no cogumelo shiitake, os ensaios conduzidos por Furlani e Godoy (2007), apresentaram valores entre 2,44% e 6,29%. Os autores também determinaram quantidade de fibra alimentar e cinzas no cogumelo shiitake e observaram valores de 41,92 e 7,04%, respectivamente.

Chang e Milles (1989) avaliaram o teor de carboidratos em amostras de shiitake e obtiveram como resultado 67,50% desse constituinte, enquanto Furlani e Godoy (2007) encontraram 67,50% de carboidratos em amostras de shiitake.

3.1.3 *Agaricus bisporus* ou porto belo

Mais de duas mil espécies de cogumelos são consideradas comestíveis, e o *Agaricus bisporus* é uma das espécies mais consumidas no mundo, incluindo os três

tipos mais conhecidos: branco e dois marrons (crimini e porto belo). Essa espécie também é uma rica fonte de minerais, vitaminas A, C e D, ergosterol, betacaroteno, compostos fenólicos, terpenos, entre outras moléculas com efeitos antioxidantes e implicações potencialmente positivas em diversas doenças, como câncer, doenças reumatóides, artrite, aterosclerose, bem como doenças degenerativas associadas ao envelhecimento (TEICHMANN et al., 2007; CHAKRABART; PRASKAH, 2019).

Segundo Raimundo e Beraldo (2015) o cogumelo porto belo destaca-se por suas características nutricionais, textura, polpa dura, fácil digestibilidade, sabor característico, aroma agradável e versatilidade culinária.

De acordo com os estudos de Ahlawat et al. (2016), o corpo frutífero de *Agaricus bisporus* é constituído por aproximadamente 29,14% de proteínas e 55,05% de carboidratos. Tsai et. al. (2009) também avaliaram as propriedades do cogumelo porto belo e obtiveram teor de fibra alimentar de 17 a 23%, de cinzas de 7 a 11% e de lipídeos de 2,53 a 3,92% em base seca.

Além disso, o cogumelo *Agaricus bisporus* possui baixo teor de gordura e contém ácidos graxos essenciais, como o ácido linoleico. Barros et al. (2008) relataram que *Agaricus bisporus* contém valor menor para ácidos graxos monoinsaturados e alto valor de ácidos graxos poliinsaturados quando comparado a outras espécies, isso devido à maior contribuição do ácido linoleico presente, o qual, além de essencial, possui efeitos benéficos sobre a saúde humana e auxiliam na redução de aterosclerose (colesterol elevado) causado por diminuição de HDL no sangue (SADIQ et al., 2008).

3.2 Goma xantana

As gomas são polissacarídeos hidrogel de natureza hidrofílica e apresentam propriedades de ligação com diversos materiais orgânicos e inorgânicos. Goma xantana, locusta, guar e carboximetilcelulose são aditivos alimentares utilizados para melhoria de textura e aumento de vida de prateleira dos produtos de panificação. Estes hidrocolóides também podem reter a umidade ou diminuir a taxa de desidratação, proporcionando aumento de vida de prateleira e melhoria das características sensoriais (MUNHOZ, 2003; PETRI, 2015).

A goma xantana tem propriedades únicas de ser não tóxica, solúvel em água, biodegradável, biocompatível, termicamente estável, agente imunológico e estável em condições ácidas. Além disso, é capaz de tornar as soluções altamente viscosas mesmo em baixas concentrações (BEJENARIU et al., 2009; KUMAR et al., 2018).

A goma xantana produzida por *Xanthomonas campestris* tem diversas aplicações. As principais aplicações estão associadas às suas características marcantes, como alta viscosidade em baixas concentrações, alta solubilidade em água quente e fria, comportamento viscoelástico, poder de resistência à degradação enzimática, alta estabilidade em uma ampla faixa de pH, temperatura e soluções salinas (FARIA et al., 2011; NWODO; GREEN; OKOH, 2012). A goma xantana possui propriedades reológicas que permitem a formação de soluções viscosas a baixas concentrações (0,5 a 1,0%) (SCAMPARINI; LUVIELMO, 2009).

O principal efeito produzido pela xantana é o atraso da retrogradação da amilose. Um aumento da viscosidade de soluções de amido é observado pela incorporação deste hidrocolóide, que modifica as propriedades reológicas da solução. Desse modo, a goma xantana tem sido utilizada para melhorar as características reológicas das massas em produtos como pães e bolos, aumentando o volume específico, adiando o endurecimento, prolongando o tempo de vida e aumentando a qualidade dos produtos (WEBER; QUEIROZ-COLLARES; CHANG, 2008).

No estudo realizado por Ferrero (2017) concluiu-se que a interação entre a goma xantana e o glúten de trigo pode melhorar a estabilidade de congelamento e descongelamento da massa devido à retenção de água livre e proteção do glúten pela goma xantana. Relatou-se uma relação linear entre o teor de goma xantana e absorção de água, e o volume de pães de trigo foi significativamente melhorado com a utilização de 0,5% de goma xantana. Além disso, observou-se que, com base nas medidas de viscosidade, o aditivo tem alta capacidade de formar complexos com o glúten por meio de grupos carboxílicos, o que pode explicar o efeito dessa goma na resistência da massa.

3.3 Pão de forma

De acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária, na Resolução RDC nº 90, de 18 de outubro de 2000 diz que:

Pão é o produto obtido pela cocção, em condições tecnologicamente adequadas, de uma massa fermentada ou não, preparada com farinha de trigo e/ou outras farinhas que contenham naturalmente proteínas formadoras de glúten ou adicionadas das mesmas e água, podendo conter outros ingredientes. Pão de forma é denominado como o produto obtido pela cocção da massa em formas, apresentando miolo elástico e homogêneo, com poros finos e casca fina e macia.

A panificação está entre os seis maiores segmentos da indústria do Brasil, sendo que as padarias artesanais são responsáveis por produzir 79% dos produtos do setor, as padarias industriais fabricam 14% e as padarias de supermercados, 7%. O setor de panificação tem se fortalecido com a implantação de novas tecnologias, técnicas de preparo e execução e investimentos, desse modo, os profissionais do setor têm conseguido resultados crescentes para a economia brasileira. Com a pandemia da Covid-19, no ano de 2020, o faturamento de R\$ 95,08 bilhões, obtido em 2019, teve um declínio para R\$ 91,94 bilhões (ABIP, 2021).

O tipo de farinha utilizada na panificação deve ser rica em proteínas formadoras de glúten, para que a massa adquira boa consistência. As proteínas gliadinas e gluteninas são as principais componentes do glúten, sendo que quando a farinha de trigo é hidratada e submetida a uma força mecânica, as gliadinas conferem extensibilidade e viscosidade à massa formada, e as gluteninas são responsáveis pela força, elasticidade e tempo de desenvolvimento. O glúten, conseqüentemente, possui características singulares para a panificação, que combinam os dois componentes (ESTELLER, 2004; MATUDA, 2008; AQUINO, 2012).

Resistência a deformação, extensibilidade, elasticidade e viscosidade são as quatro principais características físicas da massa na panificação. As mudanças desejáveis da massa relacionam-se à capacidade de reter bolhas de gás (ar), permitindo assim, a expansão uniforme da massa sob a influência do dióxido de carbono decorrente da fermentação (CAUVAIN; YOUNG, 2009).

4 MATERIAL E MÉTODOS

Os cogumelos *in natura* e demais ingredientes utilizados para a elaboração do pão de forma foram obtidos via comércio local, na cidade de Foz do Iguaçu, Paraná. Os ensaios e as análises com os cogumelos *in natura* e pães foram realizados no laboratório de panificação e de análise de alimentos da Universidade Tecnológica do Paraná, campus Medianeira. Os resultados dos ensaios dos planejamentos foram tratados com o programa STATISTICA 7.0 (Statsoft Inc. 2325 East 13th Street, Tulsa, OK, 74104, EUA) e a análise dos modelos foi avaliada através de análise de variância (ANOVA) ao nível de significância de 5% ($p < 0,05$).

4.1 Análises dos cogumelos *in natura*

As análises realizadas para os cogumelos frescos estão descritas nos itens 4.1.1 e 4.1.2 e foram executadas em triplicata, sendo o mesmo procedimento aplicado para as três espécies de cogumelo, shimeji-preto, shitake e porto belo.

4.1.1 Índice de absorção de água (IAA)

Para os cogumelos *in natura* a análise do Índice de absorção de água (IAA) foi realizada seguindo metodologia adaptada de Anderson et al. (1969).

Triturou-se 50 g de cogumelo com auxílio de um liquidificador e em um tubo tipo falcon, previamente tarado, pesou-se 1,25 g de cogumelo e adicionou-se 15 mL de água destilada com auxílio da pipeta volumétrica. Em seguida, agitou-se por 1 minuto no agitador vortex com descanso de 5 minutos e repetiu-se o procedimento durante 30 minutos. Centrifugou-se em centrífuga Cientec CT 5000-R por 30 minutos a 1000 rpm. Em seguida, pesou-se 10 mL do sobrenadante e transferiu-se para o cadinho previamente seco em estufa e tarado. Por fim, levaram-se as amostras para secagem em estufa a 105 °C por 8 horas. A massa do resíduo de evaporação foi calculada pela diferença da massa do cadinho.

O restante do líquido sobrenadante no tubo foi cuidadosamente descartado, pesando-se o gel remanescente da centrifugação. Desse modo, o IAA foi calculado a partir da Equação 1:

$$IAA = \frac{PRC}{PA-PRC} \quad (1)$$

Em que:

IAA = Índice de absorção de água (g gel / g base seca)

PRC = Massa do resíduo da centrifugação (g)

PA = Massa da amostra (g)

PRE = Massa do resíduo da evaporação (g).

4.1.2 Índice de solubilidade em água (ISA)

O índice de solubilidade em água dos cogumelos foi determinado a partir de informações obtidas na análise do IAA, conforme descrito na Equação 2.

$$ISA = \frac{PRE}{PA} \times 100 \quad (2)$$

Em que:

ISA = Índice de solubilidade em água (%)

PA = Massa da amostra (g)

PRE = Massa do resíduo da evaporação (g).

4.2 Elaboração da pasta de cogumelo

Para o presente estudo, duas concentrações de cogumelo e água foram utilizadas para elaboração da pasta de cogumelo, descritas na Tabela 1. Após a pesagem dos ingredientes, triturou-se com auxílio de um liquidificador de cozinha por 3 minutos até completa homogeneização e obtenção da pasta.

O procedimento repetiu-se para as três espécies de cogumelo, shimeji preto, shitake e porto belo.

Tabela 1 - Proporção utilizada para elaboração da pasta de cogumelo

Formulação (F)	Água (%)	Cogumelo (%)
Formulação 1	50	50
Formulação 2	75	25

Fonte: Autoria própria (2022)

4.2.1 Análise de sólidos totais da pasta de cogumelo

Para a determinação do teor de sólidos totais (ST) utilizou-se a metodologia proposta pelo Instituto Adolfo Lutz (2008), em que a umidade corresponde à perda de massa sofrida pelo produto quando aquecido em condições nas quais a água é removida e/ou outras substâncias que se volatilizam nessas condições. O resíduo obtido pelo aquecimento direto é chamado de resíduo seco (sólidos totais).

Pesou-se 10 g de amostra da pasta de cogumelo em cápsula de porcelana previamente seca em estufa e tarada. Em seguida levou-se para estufa a 105 °C por 3 horas e após, retiraram-se as amostras que foram colocadas em dessecador até atingir temperatura ambiente.

Realizada a primeira pesagem, as amostras retornaram para estufa até atingir peso constante. As análises foram realizadas em triplicata e o mesmo procedimento foi aplicado para as três espécies, já citadas de cogumelo e nas duas proporções determinadas na Tabela 1.

O teor de sólidos totais foi calculado a partir da Equação 3:

$$ST = 100 X \frac{S}{P} \quad (3)$$

Em que:

ST = Sólidos totais (%)

S = Massa da amostra seca (g)

P = Massa da amostra (g).

4.3 Elaboração do pão de forma com pasta de cogumelo em diferentes proporções

O presente estudo baseia-se no planejamento fatorial 2^2 com repetição em triplicata no ponto central. Para elaboração do pão de forma utilizou-se como base a metodologia proposta por El Dash, Cabral e Germani (1994), demonstrado na Tabela 2. Foi realizado um planejamento para cada espécie de cogumelo.

Tabela 2 - Formulação do pão de forma

Ingredientes	Formulação original (%)
Farinha de Trigo	100
Água	50
Açúcar	5
Gordura vegetal	3
Sal refinado	2
Fermento biológico	3

Fonte: El Dash, Cabral e Germani (1994)

A Tabela 3 apresenta as concentrações reais das variáveis concentração de cogumelo *in natura* e de goma xantana, adicionadas ao pão de forma em cada nível utilizado no planejamento e a Tabela 4 apresenta a matriz do planejamento com as variáveis codificadas, totalizando 7 experimentos.

Tabela 3 - Concentração das variáveis adicionadas ao pão de forma em cada nível

Variáveis	-1	0	1
Cogumelo <i>in natura</i> (%)	12,5	18,75	25
Goma xantana (%)	0,5	0,75	1

Fonte: Autoria própria (2022)

Tabela 4 - Matriz do planejamento fatorial 2^2 com três repetições no ponto central

Ensaio	Cogumelo (x_1)	Goma Xantana (x_2)
1	-1	-1
2	1	-1
3	-1	1
4	1	1
5	0	0
6	0	0
7	0	0

Fonte: Autoria própria (2022)

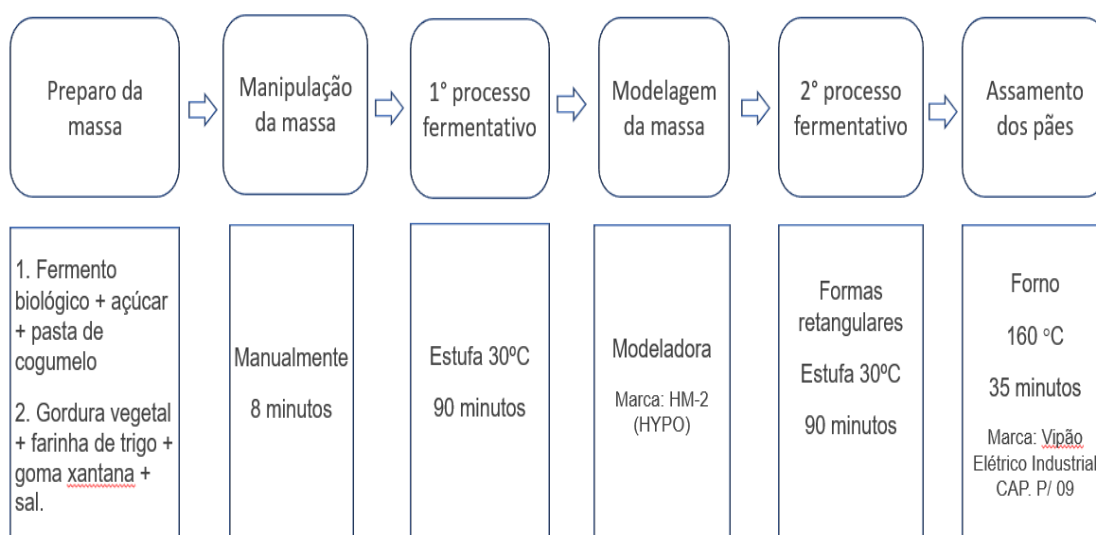
A formação da pasta de cogumelo teve por objetivo substituir a água presente na formulação, visto que, os cogumelos *in natura* possuem alto teor de umidade. O teor de gordura foi fixado na quantidade correspondente à metade do valor proposto pelo autor El Dash, Cabral e Germani (1994) e adicionou-se a goma xantana com o objetivo de substituir parcialmente a gordura, visto que, a goma xantana possui propriedade espessante e estabilizante.

A porcentagem de goma xantana foi adicionada com base na porcentagem de farinha de trigo presente na formulação, que de acordo com os estudos de Ylimaki et al. (1991) e Demirkesen et al. (2010), os hidrocoloides são adicionados em níveis que variaram de 0,5 a 4% com base na farinha e os melhores resultados em termos de volume e textura foram obtidos pela incorporação de 0,5 a 2%.

Testes preliminares, com diferentes teores de goma xantana, foram realizados e, ao final, decidiu-se por utilizar proporções entre 0,5% e 1% de goma xantana. Todos os demais ingredientes também foram adicionados com base na quantidade de farinha de trigo presente na formulação.

Na Figura A está ilustrada o processo de preparo dos pães de forma. Após a etapa de assamento, os pães foram retirados do forno e deixados em repouso por 60 minutos até atingir temperatura ambiente para, então, serem analisados.

Fluxograma 1 - Processo de preparo dos pães



Fonte: Autoria própria (2022)

4.4 Análise dos pães forma

Para cada uma das formulações de pão dos planejamentos experimentais foram realizadas as análises de índice de expansão (IE), volume específico (VE), número de alvéolos (NA) e cor do miolo. As metodologias utilizadas nas análises estão descritas a seguir. Todas as análises foram realizadas em triplicata, exceto para cor, em que se analisou duas fatias de cada pão e as medições foram realizadas em duplicata.

4.4.1 Índice de expansão (IE)

Para o cálculo do índice de expansão foi adaptada a metodologia utilizada por Silva, Garcia e Ferreira (2003) para pães de queijo. Após a primeira etapa do estudo fermentativo, as massas foram modeladas no formato pão de forma e com o auxílio de um paquímetro mediu-se a altura e diâmetro da massa. A segunda medição foi realizada após o cozimento dos pães, após atingirem o tempo de descanso de 1 hora.

O índice de expansão foi determinado através da Equação 4:

$$\text{Índice de expansão (IE)} = \frac{(D_p + H_p)}{\frac{(D_m + H_m)}{2}} \quad (4)$$

Em que:

D_p – Diâmetro do pão (mm)

H_p – Altura do pão (mm)

D_m – Diâmetro da massa modelada (mm)

H_m – Altura da massa modelada (mm).

4.4.2 Volume específico (VE)

Para a determinação do volume específico (cm^3/g), pesou-se o pão de forma em balança semi-analítica e determinou-se o volume pelo deslocamento de sementes de painço, conforme o método descrito por Silva, Silva e Chang (1998). Calculou-se a média e o valor do volume específico foi calculado pela Equação 5:

$$\text{Volume Específico} \left(\frac{\text{cm}^3}{\text{g}} \right) = \frac{\text{Volume}}{\text{peso}} \quad (5)$$

4.4.3 Número de alvéolos (NA)

As estruturas dos miolos dos pães foram avaliadas através de imagens digitais segundo metodologia descrita por Rosales-Juárez et al. (2008) e por Gonzales-Barrón e Butler (2006), com modificações. As imagens foram analisadas com o software ImageJ® 1.47v (National Institute of Health, USA). Os pães foram cortados ao meio e fotografados, as imagens foram salvas como arquivos em formato jpeg e foram cortadas no formato do próprio pão. As imagens coloridas capturadas foram convertidas para 8-bit em tons de preto e branco. A partir disto, o software determinou o número de alvéolos.

4.4.5 Cor do miolo

Neste trabalho a análise de cor instrumental foi realizada em colorímetro Konica Minolta CR-400 (Minolta, Japão). Devido ao processo de cocção, pode ocorrer alterações da cor em diferentes partes da massa. Assim, foram realizadas leitura em locais diferentes em cada amostra.

A escala de medição foi a adotada pelo padrão internacional CIE (Comission Internationale de l'Eclairage) L^* , a^* e b^* . Os parâmetros foram a luminosidade L^* que varia de 0 (tendência a cor preto) a 100 (tendência a cor branca), cromaticidade a^* que mede intensidade de cor na faixa de verde (valor negativo) à vermelho (valor positivo) e cromaticidade b^* na faixa de azul, para valores negativos e tendência a cor amarela para valores positivos (FEITOSA et al., 2013). O ângulo do observador neste trabalho foi de 10° e o iluminante D65.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesse tópico serão apresentados os resultados das análises realizadas na matéria-prima (cogumelos) e, também, no produto final, de acordo com o previsto no planejamento experimental.

5.1 Teor de sólidos totais (ST)

A Tabela 5 refere-se aos resultados obtidos da análise de sólidos totais dos cogumelos *in natura*.

Tabela 5 – Resultado da análise de teor de sólidos totais dos cogumelos *in natura*

Cogumelo	Teor de ST (%)
Shimeji-preto	11,08 ± 0,40 ^a
Shitake	10,62 ± 0,24 ^a
Porto belo	7,77 ± 0,15 ^b

Letras diferentes na mesma coluna indicam que há diferença significativa ($p < 0,05$) pelo teste Tukey.

Fonte: Aatoria própria (2022)

Ao analisar a Tabela 5, observa-se que o teor de ST do cogumelo porto belo foi significativamente menor que os valores obtidos para as demais amostras. Assim, entende-se que o cogumelo shimeji-preto e shitake possuem a mesma quantidade de sólidos totais, estatisticamente, enquanto o porto belo possui maior teor de água.

Os valores encontrados no presente estudo são baixos para sólidos totais, confirmando o estudo realizado por Cheung (1996), que afirma que o teor de umidade presente nos cogumelos *in natura* pode variar entre 73,7 a 94,7%.

No estudo realizado por Bach (2017), encontrou-se teor de umidade semelhantes aos deste estudo para os cogumelos shimeji-preto, shitake e porto belo, sendo possível confirmar que o cogumelo com menor teor de ST é o porto belo (8,06%), seguido por shitake (11,54) e shimeji-preto (11,81%).

O alto teor de umidade dos cogumelos pode afetar a textura e diminuir o prazo de validade dos mesmos quando frescos (KALAC, 2009). A composição bioquímica dos cogumelos torna-os suscetíveis a mudanças indesejadas por enzimas endógenas ou microbianas. Desse modo, os cogumelos devem ser armazenados a baixas

temperaturas e consumidos dentro de um curto prazo após sua coleta ou devem ser processados a fim de conservá-los por mais tempo (MANZI et al., 2004).

Ressalta-se que os cogumelos comestíveis podem apresentar variabilidade no teor de umidade devido a condições de cultivo, armazenamento pós-colheita, entre outros. Assim, devido ao alto teor de umidade dos cogumelos *in natura*, o presente estudo baseia-se na substituição da água pela pasta de cogumelo.

5.2 Índice de absorção e Índice de solubilidade em água (IAA e ISA)

Na Tabela 6 estão apresentados os resultados obtidos para as análises de IAA e ISA dos cogumelos shimeji-preto, shitake e porto belo, *in natura*.

Tabela 6 – Resultado da análise de IAA e ISA dos cogumelos *in natura*

Cogumelo	IAA (g gel / g base seca)	ISA (%)
Shimeji-preto	6,61 ± 0,21 ^a	5,33 ± 0,46 ^a
Shitake	6,63 ± 0,25 ^a	1,86 ± 0,46 ^b
Porto belo	6,90 ± 0,31 ^a	4,53 ± 0,46 ^a

IAA – índice de absorção de água; ISA – índice de solubilidade em água.

Letras diferentes na mesma coluna indicam que há diferença significativa (p < 0,05) pelo teste Tukey.

Fonte: Autoria própria (2022).

O maior ou menor valor de IAA é determinado pela intensidade de ocorrência da gelatinização e fragmentação. Cardoso Filho (1993) relata que grãos de amido gelatinizados absorvem mais água que os grãos de amido nativos e as proteínas. A capacidade de absorção de água está relacionada com a interação proteína-água, podendo variar com a textura, viscosidade, geleificação e emulsificação dos alimentos, e ao teor de fibras (RAMOS, 2018).

O índice de absorção de água (IAA) relaciona-se com a capacidade da ligação da água aos grupos hidrofílicos das moléculas e a formação de gel pelo amido. Desse modo, a capacidade de absorção de água das amostras analisadas associa-se a integridade dos grânulos de amido e a capacidade de absorverem água quando gelatinizados (FIORDA, 2013).

De acordo com Martins, Oliveira e Santos (2006), a determinação do IAA é importante, do ponto de vista tecnológico, pois a água assegura a união das proteínas que dão origem ao glúten, controla a consistência da massa, dissolve os sais,

umedece, faz com que o grânulo de amido fique inchado, deixando-o mais digerível e fornece meio propício à atividade enzimática.

Ao analisar o IAA, observou-se que não houve formação de gel, mas ocorrência de um precipitado capaz de absorver água e a partir da Tabela 6, verifica-se que os três cogumelos apresentaram valor semelhante de IAA.

O índice de solubilidade em água (ISA) é um parâmetro que mede o grau de degradação total do grânulo de amido, ou seja, é empregado como medida de grau de dextrinização do amido durante a extrusão, isto é, quanto maior a degradação das moléculas de amido em moléculas menores, maior solubilidade das moléculas em água, e assim, maior o ISA (FIORDA, 2013).

Para o ISA os valores obtidos e observados foram baixos devido ao baixo teor de substâncias solúveis em água e o cogumelo shiitake possui menor solubilidade que os demais. Segundo Carvalho, Ascheri e Vidal (2002), um baixo ISA indica menor degradação do amido por ruptura da molécula e, assim, maior absorção de água.

Castro et al. (2019) realizou um estudo sobre IAA e ISA em farinha de trigo e obteve como resultado 1,68 g/g para IAA, que é considerado baixo, pois a farinha de trigo possui alto conteúdo de amido. Quanto ao ISA, a farinha de trigo apresentou 13,20%. Ao comparar com os dados obtidos neste estudo, os cogumelos *in natura* apresentaram maior valor de IAA e menor valor de ISA.

O teor de IAA no presente estudo, pode ser justificado pelo alto conteúdo de umidade presente nos cogumelos frescos, visto que, o IAA está relacionado à disponibilidade de grupos hidrofílicos (-OH) em se associar com as moléculas de água e à capacidade de formação de gel das moléculas de amido. Quanto ao ISA, de acordo Moura, Ascheri e Silva (2011), está relacionado à quantidade de sólidos solúveis presentes em uma amostra seca e permite verificar o grau de intensidade do tratamento térmico, em função da gelatinização, dextrinização e consequente solubilização do amido, entre outros componentes, como proteínas, lipídios e fibras. Portanto os baixos valores de ISA dos cogumelos podem estar relacionados ao baixo teor de sólidos nestes.

Soares (2021), em seu estudo sobre as propriedades tecnológicas de pão de forma elaborado com substituição parcial da farinha de trigo por farinha de cogumelos, obteve como resultado na análise de IAA, valor maior quando comparado ao pão de forma elaborado com farinha de trigo. Isso ocorre devido ao cogumelo *in natura*

possuir maior valor de IAA que a farinha de trigo, como comprovado no presente estudo.

5.3 Planejamento fatorial realizado com o cogumelo *Pleurotus ostreatus* (shimeji-preto)

A matriz dos ensaios realizados no planejamento com os valores reais das variáveis estudadas e as respostas de índice de expansão (IE), volume específico (VE), número de alvéolos (NA), L*, cromaticidade a* e cromaticidade b* estão descritas na Tabela 7.

Tabela 7 - Matriz do planejamento fatorial para o cogumelo *Pleurotus ostreatus* (shimeji-preto) com valores reais, em porcentagem, das variáveis estudadas e suas respostas

Ensaio	x_1	x_2	IE (mm)	VE (cm ³ /g)	NA (un)	L*	a*	b*
1	12,5	-0,5	1,134 ± 0,0013	3,000	817	65,995 ± 1,10	- 0,298 ± 0,09	20,125 ± 0,61
2	25	-0,5	1,179 ± 0,0054	2,368	1097	64,658 ± 0,40	0,645 ± 0,13	21,540 ± 0,81
3	-12,5	1	1,246 ± 0,0001	2,720	539	67,910 ± 1,17	- 0,380 ± 0,04	20,518 ± 0,26
4	25	1	1,985 ± 0,0053	1,132	1439	64,785 ± 1,60	0,850 ± 0,07	22,057 ± 1,08
5	18,75	0,75	1,168 ± 0,0011	2,319	1442	67,993 ± 0,75	0,360 ± 0,07	19,980 ± 0,35
6	18,75	0,75	1,151 ± 0,0012	2,327	1651	68,385 ± 0,86	0,373 ± 0,22	20,243 ± 1,01
7	18,75	0,75	1,133 ± 0,0004	2,351	1132	64,190 ± 1,27	0,580 ± 0,20	20,755 ± 0,67

Fonte: Autoria própria (2022)

A partir dos resultados da Tabela 7, foi possível calcular os efeitos das variáveis estudadas no planejamento, os quais estão apresentados nas Tabelas 9 a 13, respectivamente.

Tabela 8 - Efeitos das variáveis estudadas no planejamento fatorial 2² para a resposta de índice de expansão – cogumelo shimeji-preto

Fator	Índice de Expansão (mm)			
	Efeito	Erro Padrão	t (3)	p-valor
Média	1,29	0,07	19,05	0,0003*
(x_1) ^a	0,39	0,18	2,20	0,1158
(x_2) ^b	0,50	0,18	2,57	0,0823
(x_1) X (x_2)	0,35	0,18	1,94	0,1467

a Concentração de cogumelo shimeji-preto (%); b Concentração de goma xantana (%); *efeitos estatisticamente significativos (p<0,05)

Fonte: Autoria própria (2022)

Pode-se observar na Tabela 7 que não houve grande variação entre os valores de índice de expansão (IE) nas diferentes formulações, com exceção da formulação do ensaio 4, em que os níveis das variáveis foram +1. A partir da Tabela 8 observa-se que a variação da concentração de cogumelo e de goma xantana não resultaram em efeitos significativos para a resposta de índice de expansão ($p \geq 0,05$), logo, dentro das faixas estudadas, pode ser utilizada qualquer concentração dessas variáveis sem afetar significativamente essa resposta.

Tabela 9 - Efeitos das variáveis estudadas no planejamento fatorial 2² para a resposta de volume específico – cogumelo shimeji-preto

Volume Específico (cm ³ /g)				
Fator	Efeito	Erro Padrão	t (3)	p-valor
Média	2,32	0,00	262,15	<0,0000*
(x ₁) ^a	-1,11	0,02	-47,59	<0,0000*
(x ₂) ^b	-0,76	0,02	-32,58	0,0001*
(x ₁) X (x ₂)	-0,47	0,02	-20,27	0,0003*

a Concentração de cogumelo shimeji-preto (%); b Concentração de goma xantana (%); *efeitos estatisticamente significativos ($p < 0,05$)

Fonte: Autoria própria (2022)

Para a resposta volume específico, houve uma variação entre 1,3120 a 3,00798 cm³/g (Tabela 7) e de acordo com a análise dos efeitos (Tabela 9), o VE diminuiu significativamente com o aumento das concentrações das variáveis independentes. A concentração de goma xantana, a concentração de cogumelo e sua interação apresentaram efeito negativo e significativo sobre a resposta de VE, ou seja, quanto maior a concentração de goma xantana e de cogumelo, dentro das faixas estudadas, menores foram as respostas de VE.

El Dash, Gonzáles e Ciol (1982), afirmam que o volume específico do pão é um dos atributos mais importantes para avaliar sua estrutura, pois ele afeta principalmente a aceitação visual. Se a massa formada tem baixa resistência à extensão, ela não consegue reter o CO₂ e nem manter o seu volume. Ainda, se a resistência é muito alta, a pressão do dióxido de carbono é insuficiente para expandir a massa, resultando em pequeno volume. Desse modo, maiores valores de volume específico são desejados.

Os estudos realizados por Furlani e Godoy (2007), comprovaram que o cogumelo *Pleurotus ostreatus* possui elevado teor de fibra alimentar, em média, de 39,62% ± 13,12 e o volume específico pode ser afetado pela presença das fibras, que

devido a estruturas alongadas podem comprometer as estruturas que retêm o dióxido de carbono, o qual resulta em grandes bolhas de gás na massa, visualizados como defeitos na fabricação. Além disso, as fibras competem com proteínas geradoras do glúten pela água da formulação que fica indisponível para a criação da rede proteica (BORGES et al., 2013).

No presente estudo, maiores concentrações das variáveis contribuíram na diminuição do volume específico, o que é um efeito indesejado ao pão. Além disso, o *Pleurotus ostreatus* possui alto teor de fibra alimentar, fato que pode afetar o desenvolvimento da rede de glúten e, conseqüentemente, o volume específico do pão.

Tabela 10 - Efeitos das variáveis estudadas no planejamento fatorial 2² para a resposta de número de alvéolos – cogumelo shimeji-preto

Número de Alvéolos (un)				
Fator	Efeito	Erro Padrão	t (3)	p-valor
Média	1159,57	148,20	7,82	0,0043*
(x ₁) ^a	590,00	392,11	1,50	0,2295
(x ₂) ^b	32,00	392,11	0,08	0,9401
(x ₁) X (x ₂)	310,00	392,11	0,79	0,4869

a Concentração de cogumelo shimeji-preto (%); b Concentração de goma xantana (%); *efeitos estatisticamente significativos (p<0,05)

Fonte: Autoria própria (2022)

A partir da Tabela 10, verifica-se que as variáveis concentração de goma xantana e de cogumelo não resultaram em efeitos significativos para a resposta número de alvéolos (p ≥ 0,05), ou seja, qualquer valor dentro das faixas estudadas resultou em resposta de número de alvéolos estatisticamente semelhante.

No estudo realizado por Ferreira et al. (2019) verificou-se que o número de alvéolos do pão de forma padrão foi de 2853 e o volume específico, 2,82 cm³/g. Quanto ao NA, os valores encontrados no presente estudo foram menores e, quanto ao volume específico, apresentaram valores maiores ou próximos aos desses autores.

Tabela 11 - Efeitos das variáveis estudadas no planejamento fatorial 2² para a resposta de luminosidade (L*) – cogumelo shimeji-preto

Luminosidade (L*)				
Fator	Efeito	Erro Padrão	t (3)	p-valor
Média	66,27	0,77	85,83	<0,0000*
(x ₁) ^a	-2,23	2,04	-1,09	0,3546
(x ₂) ^b	1,02	2,04	0,00	0,6516
(x ₁) X (x ₂)	-0,89	2,04	-0,43	0,6912

a Concentração de cogumelo shimeji-preto (%); b Concentração de goma xantana (%); *efeitos estatisticamente significativos (p<0,05)

Fonte: Autoria própria (2022)

Os efeitos encontrados para a luminosidade L^* (Tabela 11) não foram significativos ($p \geq 0,05$), assim, pode-se utilizar qualquer concentração de goma xantana e cogumelo dentro das faixas estudadas sem variação significativa da luminosidade dos pães.

Estudos realizados por Nabeshima et al. (2005) mostraram que valores de luminosidade 72,4 resultaram em boa aceitação sensorial em pão de forma padrão. Esteller e Lannes (2005) ao analisar a luminosidade do miolo do pão de forma padrão, encontraram valor médio de 62,3, valor menor que o avaliado neste estudo.

Tabela 12 - Efeitos das variáveis estudadas no planejamento fatorial 2^2 para a resposta de cromaticidade a^* – cogumelo shimeji-preto

Cromaticidade a^*				
Fator	Efeito	Erro Padrão	t (3)	p-valor
Média	0,30	0,07	3,96	0,0287*
$(x_1)^a$	1,08	0,20	5,34	0,0128*
$(x_2)^b$	0,06	0,20	0,30	0,7819
$(x_1) \times (x_2)$	0,14	0,20	0,70	0,5310

a Concentração de cogumelo shimeji-preto (%); b Concentração de goma xantana (%); *efeitos estatisticamente significativos ($p < 0,05$)

Fonte: Autoria própria (2022)

Para a cromaticidade a^* , observa-se que a variável concentração de cogumelo resultou em efeito significativo e positivo, o que indica que miolos mais vermelhos serão obtidos quando a concentração do cogumelo na formulação for aumentada. Desse modo, para goma xantana é possível trabalhar com qualquer concentração dentro das faixas estudadas sem alterar significativamente o a^* das amostras.

A cromaticidade a^* é um parâmetro importante para o estudo de escurecimento, pois a cor marrom resultante da degradação dos açúcares (reação de caramelização) ou reações enzimáticas (fenolases) representa uma combinação do verde e vermelho. Um maior escurecimento é representado por um tom mais avermelhado, ou seja, valor positivo para a^* (BORGES et al., 2013).

Tabela 13 - Efeitos das variáveis estudadas no planejamento fatorial 2² para a resposta de cromaticidade b* – cogumelo shimeji-preto

Cromaticidade b*				
Fator	Efeito	Erro Padrão	t (3)	p-valor
Média	20,74	0,24	85,57	<0,0000*
(x ₁) ^a	1,47	0,64	2,30	0,1047
(x ₂) ^b	0,45	0,64	0,70	0,5293
(x ₁) X (x ₂)	0,06	0,64	0,09	0,9291

a Concentração de cogumelo shimeji-preto (%); b Concentração de goma xantana (%); *efeitos estatisticamente significativos (p<0,05)

Fonte: Autoria própria (2022)

Para a cromaticidade b*, não houve efeito significativo, assim é possível utilizar qualquer concentração, dentro das faixas estudadas, das variáveis sem afetar significativamente esse parâmetro. Observa-se maiores valores para a resposta de cromaticidade b* comparado com a formulação de pão de forma padrão realizada no estudo de Furlani e Godoy (2007), em que a resposta foi $8,92 \pm 0,10$ para pão de forma padrão. A resposta positiva para b* tende à tonalidade amarela e isso ocorre devido a presença de carotenoides no trigo, que são pigmentos responsáveis pela coloração amarela da farinha (CIACCO; CHANG, 1982).

Em suma, para os resultados das análises de efeitos das Tabelas 8 a 13, verifica-se que as variáveis estudadas não apresentaram efeitos significativos para as respostas IE, número de alvéolos e parâmetros de cor L* e b*. Desse modo, é possível utilizar qualquer concentração de cogumelo e de goma xantana dentro das faixas estudadas no estudo sem afetar significativamente essas respostas.

Do ponto de vista nutricional, maiores concentrações de cogumelo contribuem para um aumento no teor de fibras e proteínas, uma vez que estes possuem altas concentrações desses nutrientes (FURLANI; GODOY, 2007; SYNYTSYA et al., 2008). No entanto, deve-se dar preferência para a utilização de goma xantana em menores concentrações, levando-se em consideração o custo desse aditivo.

As análises de variância (ANOVA) dos modelos para as respostas em que foram verificados efeitos significativos, estão apresentadas nas Tabelas 14 e 15.

Tabela 14 - ANOVA para o modelo preditivo da resposta volume específico (cm³/g)

Fonte de Variação	SQ ^a	GL ^b	MQ ^c	F _{calculado}	F _{tabelado}	p-valor
Regressão	2,046	3	0,682	682,00	9,28	< 0,0000
Resíduos	0,002	3	0,001			
Total	2,048	6				

^a soma de quadrados; ^b graus de liberdade; ^c quadrados médios.

Fonte: Autoria própria (2022)

Tabela 15 - ANOVA para o modelo preditivo da resposta de cor parâmetro a*

Fonte de Variação	SQ ^a	GL ^b	MQ ^c	F _{calculado}	F _{tabelado}	p-valor
Regressão	1,205	3	0,402	9,73	9,28	0,0465
Resíduos	0,124	3	0,041			
Total	1,329	6				

^a soma de quadrados; ^b graus de liberdade; ^c quadrados médios.

Fonte: Autoria própria (2022)

A partir da ANOVA pode-se concluir que os modelos se ajustaram bem aos dados experimentais ao nível de 95% de confiança ($p < 0,05$), sendo possível determinar os modelos de regressão preditivos para as respostas (Equações 6 e 7) e construir as superfícies de resposta, que estão apresentadas nas Figuras 3 e 4, respectivamente.

$$VE = 2,32 - 0,556 \cdot x_1 - 0,38 \cdot x_2 - 0,24 \cdot x_1 \cdot x_2 \quad (6)$$

Em que:

VE = volume específico (%)

x_1 = concentração de cogumelo

x_2 = concentração de goma xantana.

$$a^* = 0,304 - 0,54 \cdot x_1 - 0,03 \cdot x_2 - 0,07 \cdot x_1 \cdot x_2 \quad (7)$$

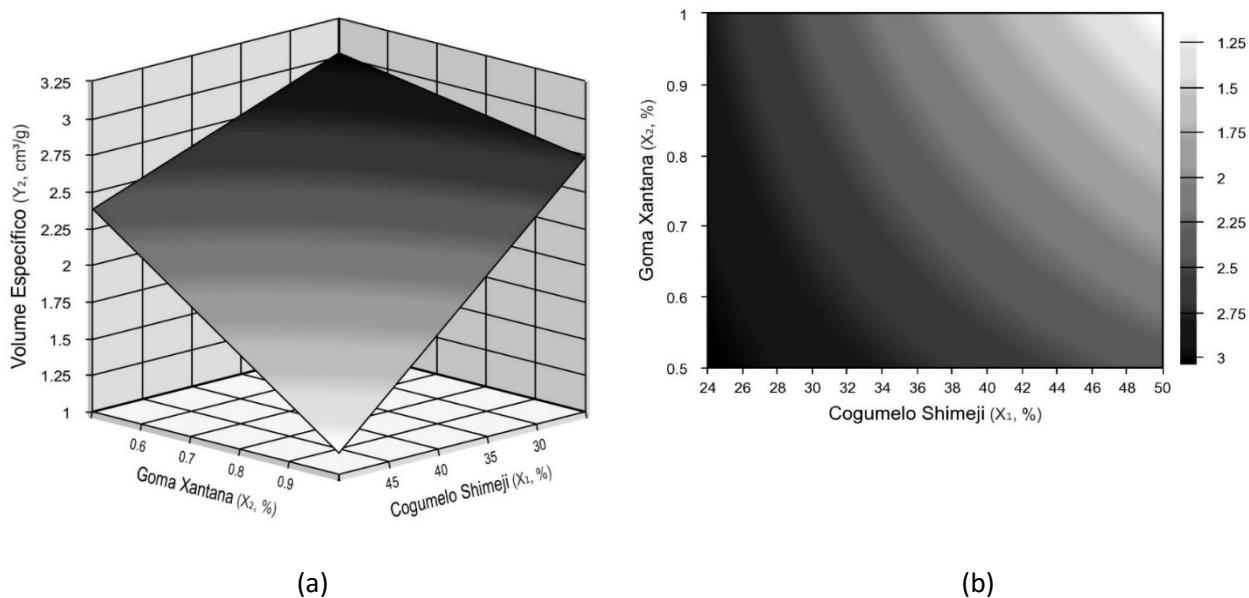
Em que:

a^* = cromaticidade a^* (%)

x_1 = concentração de cogumelo

x_2 = concentração de goma xantana.

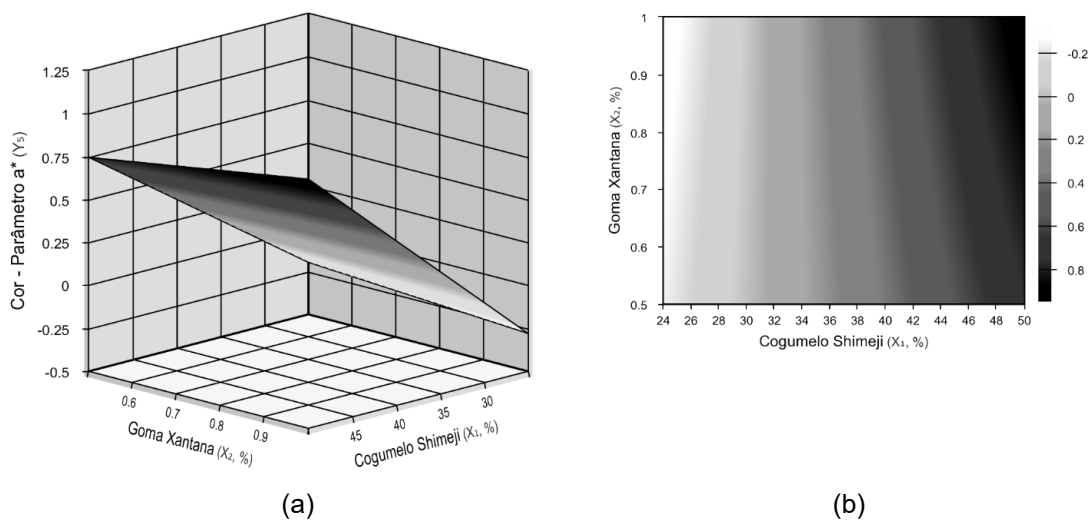
Figura 3 - Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) ajustada ao modelo do volume específico em função das variáveis concentração de goma xantana e concentração de cogumelo na pasta



Fonte: Autoria própria (2022)

Observa-se pela grade de cores que, quanto maior a concentração de cogumelo e de goma xantana, menor tende a ser o volume específico, confirmando o que foi observado na análise de efeitos.

Figura 4 - Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) ajustada ao modelo da cromaticidade a^* em função das variáveis concentração de goma xantana e concentração de cogumelo na pasta



Fonte: Autoria própria (2022)

A partir da análise de cor da Figura 4, pode-se observar que quanto maior a concentração de cogumelo, maior a tendência pra cromaticidade a^* positiva, como mostra os resultados obtidos na análise de efeitos (Tabela 13).

5.4 Planejamento fatorial realizado com o cogumelo *Lentinula edodes* (shitake)

A matriz dos ensaios realizados no planejamento com os valores reais e codificados das variáveis estudadas e as respostas obtidas de índice de expansão (IE), volume específico (VE), número de alvéolos (NA), L^* , cromaticidade a^* e cromaticidade b^* estão descritas na Tabela 16.

Tabela 16 - Matriz do planejamento fatorial para o cogumelo *Lentinula edodes* (shitake) com valores reais, em porcentagem, das variáveis estudadas e suas respostas

Ensaio	x_1	x_2	IE (mm)	VE (cm ³ /g)	NA (un)	L^*	a^*	b^*
1	12,5	-0,5	1,173 ± 0,0220	3,464	1715	63,675 ± 1,34	0,057 ± 0,17	17,703 ± 0,92
2	25	-0,5	1,188 ± 0,0010	2,991	1827	61,935 ± 1,10	1,052 ± 0,13	17,950 ± 0,23
3	-12,5	1	1,188 ± 0,0001	3,328	1499	63,500 ± 0,64	-0,3175 ± 0,31	18,225 ± 1,12
4	25	1	1,175 ± 0,0013	2,701	2279	61,018 ± 2,07	0,875 ± 0,08	18,500 ± 1,54
5	18,75	0,75	1,220 ± 0,0010	2,924	1814	59,960 ± 1,34	0,622 ± 0,33	18,955 ± 0,42
6	18,75	0,75	1,227 ± 0,0003	3,021	1378	63,370 ± 1,23	0,390 ± 0,22	17,392 ± 0,43
7	18,75	0,75	1,203 ± 0,0012	3,176	1614	62,497 ± 1,29	0,655 ± 0,13	17,937 ± 0,66

Fonte: Autoria própria (2022).

Analisando-se os resultados da Tabela 16, calculou-se os efeitos das variáveis estudadas no planejamento, os quais estão apresentados nas Tabelas 17 a 22, respectivamente.

Tabela 17 - Efeitos das variáveis estudadas no planejamento fatorial 2² para a resposta índice de expansão – cogumelo shitake

Fator	Efeito	Índice de Expansão (mm)		
		Erro Padrão	t (3)	p-valor
Média	1,20	0,01	110,92	<0,0000*
(x_1) ^a	0,00	0,03	0,03	0,9749
(x_2) ^b	0,00	0,03	0,03	0,9748
(x_1) X (x_2)	-0,01	0,03	-0,47	0,6661

a concentração de cogumelo shitake (%); b concentração de goma xantana (%); *efeitos estatisticamente significativos (p<0,05).

Fonte: Autoria própria (2022)

Pode-se observar que para IE os valores obtidos foram extremamente próximos nas diferentes formulações e, a partir da análise da tabela dos efeitos, Tabela 17, observa-se que as variáveis concentração de cogumelo e concentração de goma xantana não resultaram em diferença significativa na resposta. Assim é possível utilizar qualquer concentração dentro das faixas estudadas e obter resposta estatisticamente semelhante. A interação entre as variáveis apresentou efeito negativo, desse modo, utilizar as variáveis nas concentrações extremas juntas diminuiu significativamente a resposta de IE.

Tabela 18 – Efeitos das variáveis estudadas no planejamento fatorial 2² para a resposta de volume específico – cogumelo shitake

Volume Específico (cm ³ /g)				
Fator	Efeito	Erro Padrão	t (3)	p-valor
Média	3,08	0,04	67,91	<0,0000*
(x ₁) ^a	-0,55	0,12	-4,57	0,0196*
(x ₂) ^b	-0,21	0,12	-1,76	0,1756
(x ₁) X (x ₂)	-0,07	0,12	-0,64	0,5686

a concentração de cogumelo shitake (%); b concentração de goma xantana (%); *efeitos estatisticamente significativos (p<0,05).

Fonte: Autoria própria (2022)

Para a resposta VE, a concentração de cogumelo, de goma xantana e sua interação apresentaram efeito negativo, como observado para o cogumelo shimeji-preto. Porém, apenas a concentração de cogumelo shitake resultou em diferença significativa de VE dos pães de forma (p < 0,05), sendo esse efeito negativo. Logo, utilizar maior concentração de shitaki na formulação dos pães, dentro das faixas estudadas, contribuiu por reduzir significativamente seu volume específico.

Barbieri, Servalli e Iguti (2012), obtiveram para o pão de forma padrão, volume específico de 3,3 cm³/g e Ferreira et al. (2019), obtiveram 2,82 cm³/g, valores dentro das faixas obtidas neste estudo, o que indica que apesar da concentração de cogumelo afetar o VE do pão, o valor final desse parâmetro está semelhante ao de formulações padrão.

Tabela 19 - Efeitos das variáveis estudadas no planejamento fatorial 2² para a resposta número de alvéolos – cogumelo shiitake

Número de Alvéolos (un)				
Fator	Efeito	Erro Padrão	t (3)	p-valor
Média	1732,28	93,70	18,48	<0,0003*
(x ₁) ^a	446,00	247,91	1,79	0,1698
(x ₂) ^b	118,00	247,91	0,47	0,6666
(x ₁) X (x ₂)	334,00	247,91	1,34	0,2706

a concentração de cogumelo shiitake (%); b concentração de goma xantana (%); *efeitos estatisticamente significativos (p<0,05).

Fonte: Autoria própria (2022)

A partir da Tabela 19, verifica-se que, as variáveis apresentaram efeito não significativo positivo para a resposta número de alvéolos ($p \geq 0,05$), assim, utilizar maior concentração das variáveis, dentro das faixas estudadas, tende a aumentar esta resposta.

Tabela 20 - Efeitos das variáveis estudadas no planejamento fatorial 2² para a resposta luminosidade (L*) – cogumelo shiitake

Luminosidade (L*)				
Fator	Efeito	Erro Padrão	t (3)	p-valor
Média	62,28	0,57	108,87	<0,0000*
(x ₁) ^a	-2,11	1,51	-1,39	0,2573
(x ₂) ^b	-0,54	1,51	-0,36	0,7420
(x ₁) X (x ₂)	-0,37	1,51	-0,24	0,82 ²⁰

a concentração de cogumelo shiitake (%); b concentração de goma xantana (%); *efeitos estatisticamente significativos (p<0,05).

Fonte: Autoria própria (2022)

Foram observados efeitos não significativos e negativos para L* (Tabela 20) em relação às variáveis estudadas. Assim, maiores concentrações das variáveis tendem a contribuir com menores valores para luminosidade, ou seja, para um pão mais escuro.

Tabela 21 - Efeitos das variáveis estudadas no planejamento fatorial 2² para a resposta cromaticidade a* – cogumelo shiitake

Cromaticidade a*				
Fator	Efeito	Erro Padrão	t (3)	p-valor
Média	0,47	0,06	7,97	0,0041*
(x ₁) ^a	1,09	0,15	6,92	0,0061*
(x ₂) ^b	-0,27	0,15	-1,74	0,1786
(x ₁) X (x ₂)	0,09	0,15	0,62	0,5762

a concentração de cogumelo shiitake (%); b concentração de goma xantana (%); *efeitos estatisticamente significativos (p<0,05).

Fonte: Autoria própria (2022)

Para a coordenada de cromaticidade a^* , a partir da Tabela 21, observa-se que a concentração de cogumelo apresentou efeito significativo positivo, a mesma resposta obtida para o estudo com cogumelo shimeji-preto. Logo, utilizar maiores concentrações dessa variável, dentro das faixas estudadas, resulta em pães de forma com cromaticidade a^* significativamente mais alta. A variável concentração de goma xantana apresentou efeito não significativo negativo.

Tabela 22 - Efeitos das variáveis estudadas no planejamento fatorial 2^2 para a resposta cromaticidade b^* – cogumelo shitake

Cromaticidade b^*				
Fator	Efeito	Erro Padrão	t (3)	p-valor
Média	18,09	0,24	73,93	<0,0000*
(x_1) ^a	0,26	0,64	0,40	0,7140
(x_2) ^b	0,53	0,64	0,82	0,4705
(x_1) x (x_2)	0,01	0,64	0,01	0,9867

a concentração de cogumelo shitake (%); b concentração de goma xantana (%); *efeitos estatisticamente significativos ($p < 0,05$).

Fonte: Autoria própria (2022)

Para a cromaticidade b^* , de acordo com a Tabela 22, não houve efeitos significativos e as variáveis apresentaram efeito positivo, o mesmo efeito obtido para o cogumelo shimeji-preto. Para esta resposta é possível utilizar qualquer concentração dentro das faixas estudadas resultando em pães com b^* estatisticamente semelhante.

Sintetizando os resultados das análises de efeitos das Tabelas 17 a 22, verifica-se que as variáveis estudadas não apresentaram efeitos significativos para as respostas IE, número de alvéolos e L^* e b^* . Desse modo, é possível utilizar qualquer concentração de cogumelo e goma xantana dentro das faixas avaliadas sem alterar significativamente os valores dessas respostas.

Para a cromaticidade a^* e o volume específico, realizou-se a análise de variância (ANOVA) dos modelos, que estão apresentadas nas Tabelas 23 e 24.

Tabela 23 - ANOVA para o modelo preditivo da resposta cromaticidade a^*

Fonte de Variação	SQ ^a	GL ^b	MQ ^c	F _{calculado}	F _{tabelado}	p-valor
Regressão	1,282	3,000	0,427	17,125	9,277	0,048041
Resíduos	0,074881	3	0,025			
Total	1,357236	6				

a soma de quadrados; b graus de liberdade; c quadrados médios.

Autoria própria (2022)

Tabela 24 - ANOVA para o modelo preditivo da resposta volume específico

Fonte de Variação	SQ ^a	GL ^b	MQ ^c	F _{calculado}	F _{tabelado}	p-valor
Regressão	0,354	3,000	0,118	8,151	9,277	0,048041
Resíduos	0,043377	3	0,014			
Total	0,396956	6				

a soma de quadrados; b graus de liberdade; c quadrados médios.

Autoria própria (2022)

Para a cromaticidade a^* , $F_{\text{calculado}}$ para a regressão foi significativo ($F_{\text{calculado}} \geq F_{\text{tabelado}}$) e o ajuste do modelo aos dados experimentais (R^2) foi 94,5%. Pode-se concluir que é possível escrever um modelo representativo dos dados experimentais, sendo possível construir a superfície de resposta, que está apresentada na Figura 5.

Para o volume específico, observa-se que $F_{\text{calculado}}$ para a regressão não foi significativo ($F_{\text{calculado}} < F_{\text{tabelado}}$). Pode-se concluir que o modelo não representa os dados experimentais e, portanto, não é possível construir a superfície de resposta.

A Equação 8 representa o modelo de previsão dos dados experimentais para a resposta cromaticidade a^* .

$$a^* = 0,476 + 0,546 \cdot x_1 - 0,138 \cdot x_2 + 0,05 \cdot x_1 \cdot x_2 \quad (8)$$

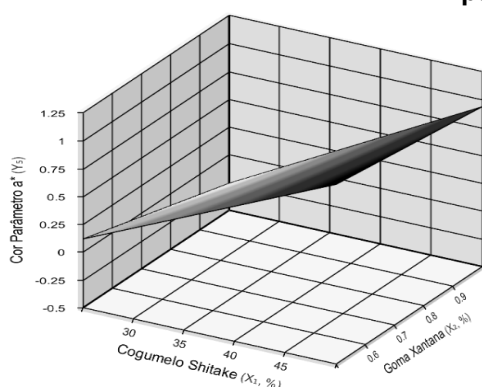
Em que:

a^* = cromaticidade a^* (%)

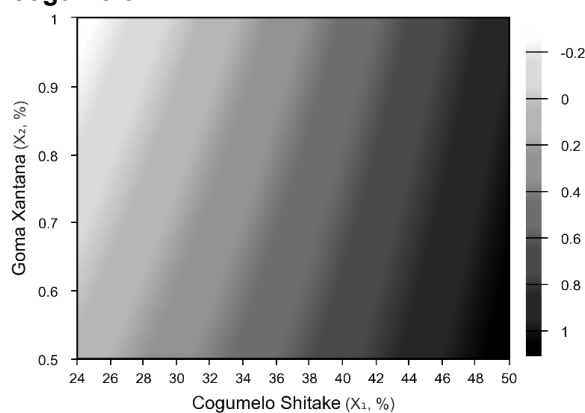
x_1 = concentração de cogumelo

x_2 = concentração de goma xantana.

Figura 5 - Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) ajustada ao modelo da cromaticidade a^* em função das variáveis concentração de goma xantana e concentração da pasta de cogumelo



(a)



(b)

Fonte: Autoria própria (2022)

Observa-se pela grade de cores que, quanto maior a concentração de cogumelo, maior valor para a resposta. Ainda, quanto maior a concentração de goma xantana, maior a tendência a cromaticidade a^* negativa, ou seja, o valor para a resposta diminui. Isso pode ser comprovado na análise de efeitos, em que se observa efeito positivo para a variável concentração de cogumelo e efeito negativo para a concentração de goma xantana.

5.5 Planejamento fatorial realizado com o cogumelo *Agaricus bisporus* (porto belo)

A matriz dos ensaios realizados no planejamento fatorial com os valores reais e codificados das variáveis estudadas e as respostas de índice de expansão (IE), volume específico (VE), número de alvéolos (NA), L^* , cromaticidade a^* e cromaticidade b^* estão descritas na Tabela 25.

Tabela 25 - Matriz do planejamento fatorial para o cogumelo *Agaricus bisporus* (porto belo) com valores reais em porcentagem das variáveis estudadas e suas respostas

Ensaio	x_1	x_2	IE (mm)	VE (cm ³ /g)	NA (un)	L^*	a^*	b^*
1	12,5	0,5	1,128 ± 0,0007	3,196	1293	56,185 ± 0,83	- 1,837 ± 0,15	18,927 ± 0,31
2	25	0,5	1,253 ± 0,0013	3,199	2036	50,635 ± 1,00	- 0,985 ± 0,08	18,290 ± 0,26
3	12,5	1	1,142 ± 0,0006	3,364	2107	56,507 ± 0,55	- 2,050 ± 0,11	18,590 ± 0,58
4	25	1	1,106 ± 0,0567	2,657	1812	52,230 ± 1,12	-1,045 ± 0,07	18,135 ± 0,45
5	18,75	0,75	1,121 ± 0,0009	3,038	1195	56,580 ± 0,79	-1,680 ± 0,08	19,190 ± 0,33
6	18,75	0,75	1,137 ± 0,0009	2,928	742	55,980 ± 0,70	-1,842 ± 0,20	19,535 ± 0,42
7	18,75	0,75	1,137 ± 0,0010	3,175	980	52,060 ± 0,83	-1,370 ± 0,03	18,003 ± 0,09

Fonte: Autoria própria (2022)

A partir da análise dos resultados da Tabela 25, calcularam-se os efeitos das variáveis estudadas no planejamento, os quais estão apresentados nas Tabelas 26 a 31.

Tabela 26 - Efeitos das variáveis estudadas no planejamento fatorial 2² para a resposta índice de expansão – cogumelo porto belo

Índice de Expansão (mm)				
Fator	Efeito	Erro Padrão	t (3)	p-valor
Média	1,15	0,00	147,85	<0,0000*
(x_1) ^a	0,04	0,02	2,17	0,1175
(x_2) ^b	-0,06	0,02	-3,23	0,0481*
(x_1) X (x_2)	-0,08	0,02	-3,91	0,0296*

a concentração de cogumelo porto belo (%); b concentração de goma xantana (%); *efeitos estatisticamente significativos ($p < 0,05$).

Fonte: Autoria própria (2022)

Observou-se que para IE, Tabela 26, a variável concentração de goma xantana e sua interação com a concentração de cogumelo apresentaram efeito negativo significativo, assim, utilizar a goma xantana em maior concentração (dentro das faixas estudadas) resulta em diminuição significativa do IE.

Tabela 27 - Efeitos das variáveis estudadas no planejamento fatorial 2² para a resposta volume específico – cogumelo porto belo

Volume Específico (cm ³ /g)				
Fator	Efeito	Erro Padrão	t (3)	p-valor
Média	3,08	0,04	74,32	<0,0000*
(x ₁) ^a	-0,35	0,11	-3,20	0,0490*
(x ₂) ^b	-0,18	0,11	-1,70	0,1863
(x ₁) X (x ₂)	-0,35	0,11	-3,23	0,0478*

a concentração de cogumelo porto belo (%); b concentração de goma xantana (%); *efeitos estatisticamente significativos ($p < 0,05$).

Fonte: Autoria própria (2022)

Para a resposta de VE, houve uma variação entre 2,657 a 3,364 cm³/g e a partir da análise de efeitos apresentada na Tabela 27, verifica-se efeito significativo e negativo para a variável concentração de cogumelo e sua interação com a concentração de goma xantana. Assim, dentro das faixas estudadas, maiores concentrações das variáveis resultam em um menor VE, o que não é desejável para pães. Resultados semelhantes também foram observados para os outros cogumelos estudados, reforçando que as variáveis estudadas têm relação direta com o VE do pão.

A partir da Tabela 28, verifica-se que a concentração de goma xantana, de cogumelo e sua interação não apresentaram efeitos significativos para a resposta número de alvéolos ($p \geq 0,05$), ou seja, qualquer valor dentro das faixas estudadas resultou em resposta de número de alvéolos estatisticamente semelhante.

Tabela 28 - Efeitos das variáveis estudadas no planejamento fatorial 2² para a resposta número de alvéolos – cogumelo porto belo

Número de Alvéolos (un)				
Fator	Efeito	Erro Padrão	t (3)	p-valor
Média	1452,14	249,88	5,81	0,0101*
(x ₁) ^a	224,00	661,14	0,33	0,7570
(x ₂) ^b	295,00	661,14	0,44	0,6856
(x ₁) X (x ₂)	-519,00	661,14	-0,78	0,4897

a concentração de cogumelo porto belo (%); b concentração de goma xantana (%); *efeitos estatisticamente significativos ($p < 0,05$).

Fonte: Autoria própria (2022)

Na Tabela 25, observa-se para NA, valores estatisticamente semelhantes e menores do que o encontrado na literatura para o pão de forma.

Tabela 29 - Efeitos das variáveis estudadas no planejamento fatorial 2² para as respostas luminosidade L* - cogumelo porto belo

Luminosidade L*				
Fator	Efeito	Erro Padrão	t (3)	p-valor
Média	54,31	0,80	67,21	<0,0000*
(x ₁) ^a	-4,91	2,13	-2,30	0,1051
(x ₂) ^b	0,95	2,13	0,44	0,6843
(x ₁) X (x ₂)	0,63	2,13	0,29	0,7853

a concentração de cogumelo porto belo (%); b concentração de goma xantana (%); *efeitos estatisticamente significativos ($p < 0,05$).

Fonte: Autoria própria (2022)

Para a resposta luminosidade (L*) os resultados reportados na Tabela 29 mostram que não houve efeitos significativos ($p \geq 0,05$). Desse modo, pode-se utilizar qualquer concentração das variáveis, dentro das faixas estudadas, sem alterar significativamente a luminosidade dos pães.

Tabela 30 - Efeitos das variáveis estudadas no planejamento fatorial 2² para as respostas cromaticidade a* - cogumelo porto belo

Cromaticidade a*				
Fator	Efeito	Erro Padrão	t (3)	p-valor
Média	-1,54	0,08	-18,01	0,0003*
(x ₁) ^a	0,92	0,22	4,09	0,0263*
(x ₂) ^b	-0,13	0,22	-0,60	0,5897
(x ₁) X (x ₂)	0,07	0,22	0,33	0,7581

a concentração de cogumelo porto belo (%); b concentração de goma xantana (%); *efeitos estatisticamente significativos ($p < 0,05$).

Fonte: Autoria própria (2022)

Para a cromaticidade a*, a partir da Tabela 30, observa-se que apenas a variável concentração de cogumelo apresentou efeito significativo e positivo ($p < 0,05$), ou seja, a resposta aumenta significativamente com a concentração da variável.

Tabela 31 – Efeitos das variáveis estudadas no planejamento fatorial 2² para as respostas cromaticidade b* – cogumelo porto belo

Cromaticidade b*				
Fator	Efeito	Erro Padrão	t (3)	p-valor
Média	18,66	0,27	67,63	<0,0000*
(x ₁) ^a	-0,54	0,73	-0,74	0,5088
(x ₂) ^b	-0,24	0,73	-0,33	0,7583
(x ₁) X (x ₂)	0,09	0,73	0,12	0,9087

a concentração de cogumelo porto belo (%); b concentração de goma xantana (%); *efeitos estatisticamente significativos ($p < 0,05$).

Fonte: Autoria própria (2022)

Para a cromaticidade b^* , de acordo com a Tabela 31, as variáveis não afetaram significativamente ($p > 0,05$). Assim, ao utilizar as variáveis em qualquer concentração dentro das faixas estudadas tem-se respostas estatisticamente semelhantes.

Sintetizando as respostas, verifica-se que para as respostas índice de expansão, volume específico e cromaticidade a^* houve efeitos significativos, desse modo, realizou-se a ANOVA para essas respostas que estão descritas nas Tabelas 32, 33 e 34.

Tabela 32 - ANOVA para o modelo preditivo da resposta de índice de expansão

Fonte de Variação	SQ ^a	GL ^b	MQ ^c	F _{calculado}	F _{tabelado}	p-valor
Regressão	0,013	3,000	0,004	10,169	9,277	0,0883
Resíduos	0,001263	3	0,000			
Total	0,014101	6				

a soma de quadrados; b graus de liberdade; c quadrados médios.

Autoria própria (2022)

Tabela 33 - ANOVA para o modelo preditivo da resposta de volume específico

Fonte de Variação	SQ ^a	GL ^b	MQ ^c	F _{calculado}	F _{tabelado}	p-valor
Regressão	0,285	3,000	0,095	7,901	9,277	0,0480
Resíduos	0,036051	3	0,012			
Total	0,320880	6				

a soma de quadrados; b graus de liberdade; c quadrados médios.

Autoria própria (2022)

Tabela 34 - ANOVA para o modelo preditivo da resposta de cromaticidade a^*

Fonte de Variação	SQ ^a	GL ^b	MQ ^c	F _{calculado}	F _{tabelado}	p-valor
Regressão	0,887	3,000	0,296	5,744	9,277	0,0480
Resíduos	0,154346	3	0,051			
Total	1,040943	6				

a soma de quadrados; b graus de liberdade; c quadrados médios.

Autoria própria (2022)

Para a resposta IE, $F_{\text{calculado}}$ para a regressão foi significativo ($F_{\text{calculado}} \geq F_{\text{tabelado}}$) e o ajuste do modelo aos dados experimentais (R^2) foi de 91%. Desse modo, o modelo dado pela Equação 9 foi representativo dos dados experimentais, sendo possível construir a superfície de resposta (Figura 4).

Nas Tabelas 33 e 34, observa-se que $F_{\text{calculado}}$ para a regressão não foi significativo ($F_{\text{calculado}} < F_{\text{tabelado}}$) e o ajuste do modelo aos dados experimentais (R^2) foi de 88% e 85%, respectivamente. Assim os modelos não representam bem os dados experimentais e não é possível construir a superfície de resposta.

$$I.E = 1,146 + 0,022.x_1 - 0,033.x_2 - 0,040 x_1.x_2 \quad (9)$$

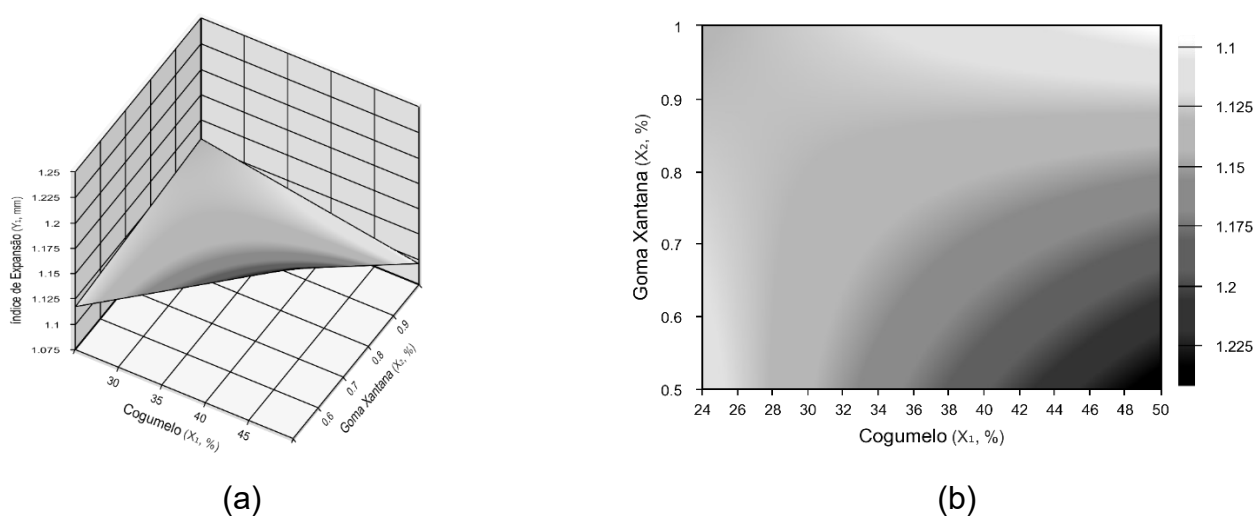
Em que:

IE = índice de expansão (%)

x_1 = concentração de cogumelo

x_2 = concentração de goma xantana.

Figura 6 - Superfície de resposta (a) e curva de contorno (b) ajustada ao modelo do índice de expansão em função das variáveis concentração de goma xantana e concentração de pasta de cogumelo



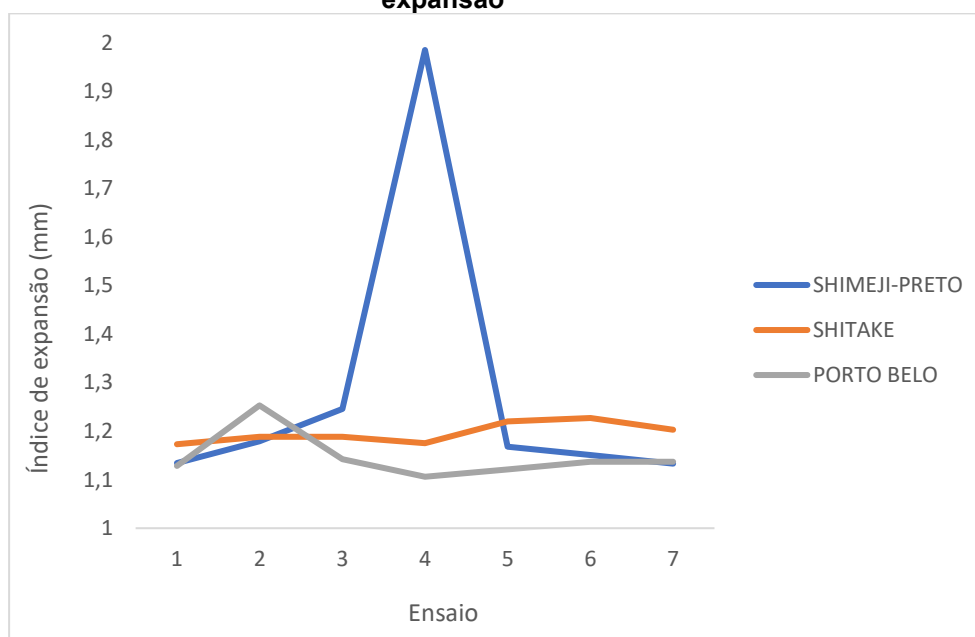
Fonte: Autoria própria (2022)

Como observado na análise de efeitos, o cogumelo tem efeito positivo para a resposta IE . Ao observar a grade de cores, verifica-se que quanto maior a concentração da variável maior é o valor de IE . Entretanto, a concentração de goma xantana apresentou efeito negativo, e observa-se pela grade de cores que quanto maior a concentração do aditivo, menor o valor de IE , fato comprovado na análise de efeitos.

6 ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE OS RESULTADOS OBTIDOS PARA CADA COGUMELO

A partir dos resultados obtidos para cada resposta estudada, foram construídos gráficos para comparar o comportamento das três espécies de cogumelo para cada resposta, que estão apresentados nos gráficos 1 a 5.

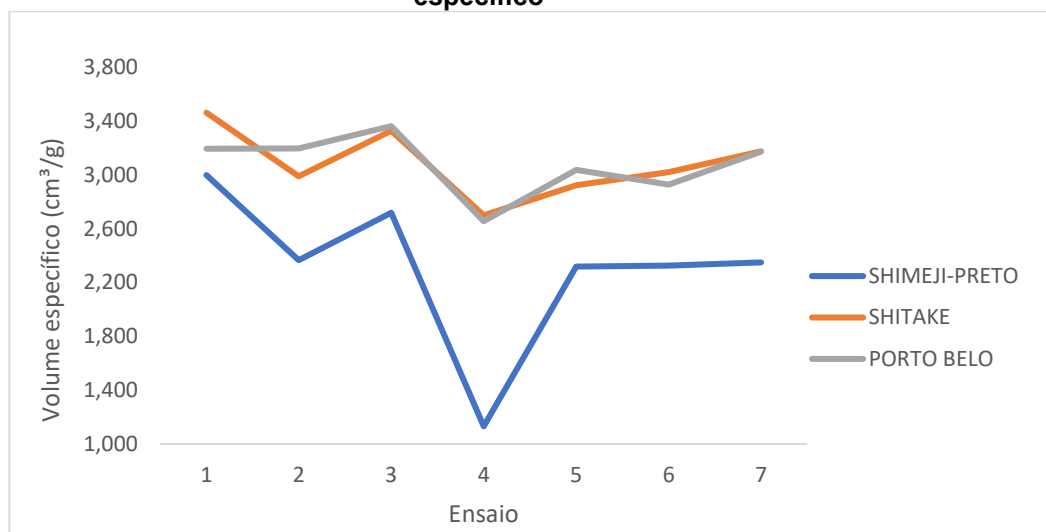
Gráfico 1 - Comportamento das diferentes espécies de cogumelo para resposta índice de expansão



Fonte: Autoria própria (2022)

Para a resposta índice de expansão, observa-se que o cogumelo shimeji-preto apresentou maior valor para o Ensaio 4, onde tem-se maior concentração de cogumelo e de goma xantana. Quando utilizado o cogumelo shitake na fabricação de pães, pouca variação entre os ensaios foi observada e com a pasta de porto belo melhor desempenho foi observado quando em menores concentrações das variáveis, Ensaio 2.

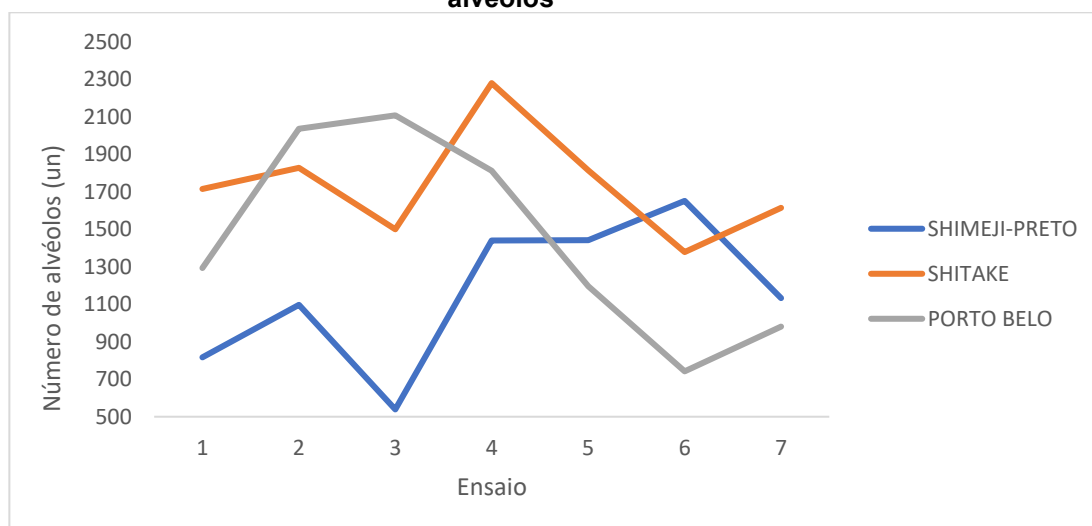
Gráfico 2 - Comportamento das diferentes espécies de cogumelo para a resposta volume específico



Fonte: Autoria própria (2022)

Para a resposta de VE, verifica-se valores semelhantes para as formulações com shitake e porto belo; enquanto que para as formulações com o cogumelo shimeji preto menores valores de VE são observados, principalmente no ensaio com maior concentração de cogumelo e de goma xantana.

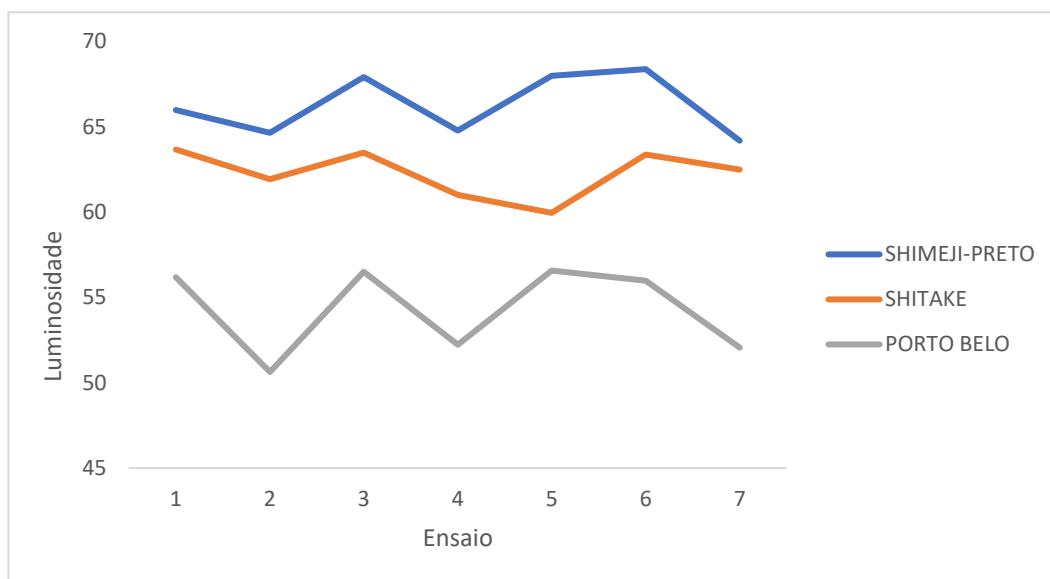
Gráfico 3 - Comportamento das diferentes espécies de cogumelo para a resposta número de alvéolos



Fonte: Autoria própria (2022)

Com relação ao número de alvéolos, os comportamentos foram diferentes para os diferentes cogumelos. De uma forma geral, a formulações com shimeji preto apresentarem menor número de alvéolos.

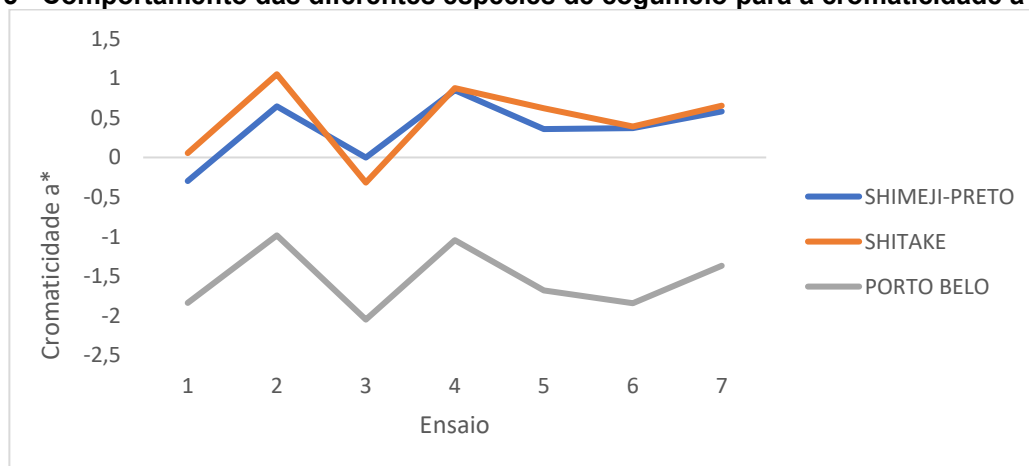
Gráfico 4 - Comportamento das diferentes espécies de cogumelo para a resposta luminosidade L^*



Fonte: Autoria própria (2022)

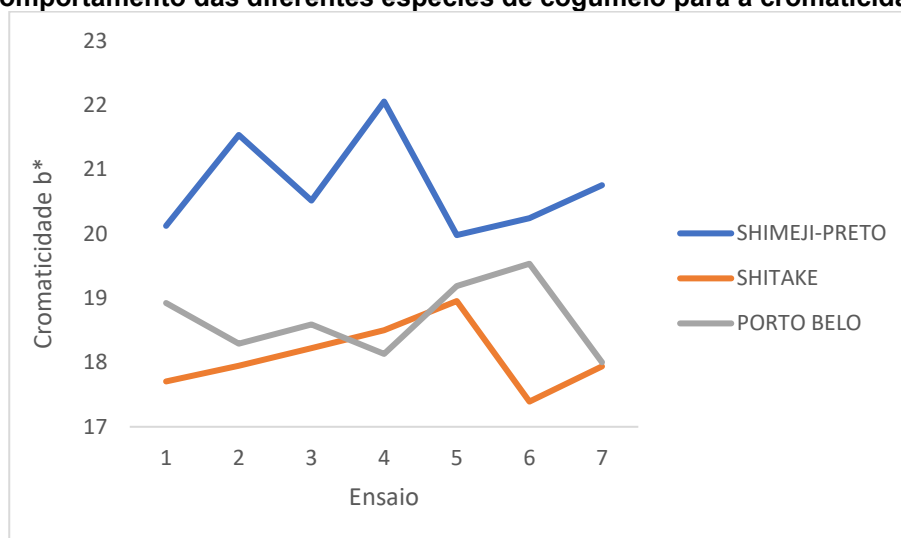
O uso da pasta de cogumelo porto belo resultou em menor luminosidade em todos os ensaios quando comparado aos outros cogumelos, ou seja, os pães fabricados com esse cogumelo tenderam a uma cor mais escura, enquanto que os pães elaborados com o cogumelo shimeji-preto apresentaram cor mais clara.

Gráfico 5 - Comportamento das diferentes espécies de cogumelo para a cromaticidade a^*



Fonte: Autoria própria (2022)

Para a cromaticidade a^* , observa-se que as formulações com o cogumelo porto belo apresentaram valores negativos para esse parâmetro, ou seja, os pães apresentaram coloração com tendência ao verde, enquanto para os outros cogumelos a coloração teve tendência para a cor vermelha.

Gráfico 6 – Comportamento das diferentes espécies de cogumelo para a cromaticidade b*

Fonte: Autoria própria (2022)

Para a cromaticidade b*, observa-se que o uso das três espécies de cogumelo na fabricação dos pães resultou em valores positivos para a resposta, ou seja, com tendência para a cor amarela. Shimeji-preto destaca-se com maiores valores para esta resposta.

7 CONCLUSÃO

Ao analisar os cogumelos *in natura*, verificou-se que o cogumelo shiitake apresentou ISA significativamente menor, e que não houve diferença significativa entre os cogumelos para análise de IAA. Para ST, as três espécies apresentaram valores baixos, o que comprova o alto teor de umidade desta matéria-prima, com destaque para o cogumelo porto belo, que apresentou menor valor para esta análise.

A adição dos cogumelos *in natura* resultou em diminuição da luminosidade (L^*), ou seja, o pão tendeu a ser mais escuro, aspecto semelhante aos pães integrais. Além disso, o aumento das variáveis estudadas ocasionou diminuição significativa do volume específico dos pães, o que não é desejado para este produto.

Mediante os resultados analisados, pode-se considerar que a adição de cogumelos comestíveis e goma xantana são uma boa alternativa para o enriquecimento de produtos panificados. A análise dos pães, apontou que os resultados obtidos não foram discrepantes quando comparado a outros trabalhos referentes ao pão de forma padrão e que a adição de cogumelos comestíveis em pães pode contribuir para seu enriquecimento nutricional, visto que, os cogumelos apresentam alto teor de proteínas, vitaminas e fibras.

Para trabalhos futuros, sugere-se preparar outras formulações de pão com cogumelos, avaliando outros aditivos que possam mitigar o efeito da redução do volume específico do pão. Além disso, a análise sensorial do produto poderia fornecer maiores informações a respeito das características de sabor, odor, cor e textura, assim como, da aceitação por parte do consumidor.

REFERÊNCIAS

Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Regulamento Técnico para produtos de vegetais, produtos de frutas e cogumelos comestíveis**. Resolução RDC nº 272, de 22 de setembro de 2005. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/rdc0272_22_09_2005.html. Acesso em 01/11/2022.

Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). Resolução RDC nº 90, de 18 de outubro de 2000. **Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Pão**. Diário Oficial, Brasília, seção 01, p.27-29, 2000.

ABIP. **Associação Brasileira da Indústria de Panificação e confeitaria**. 2021 Disponível em: <https://www.abip.org.br/site/wp-content/uploads/2021/01/Indicadores2020-abip.pdf>. Acesso em: 01/11/2022

AHLAWAT, K.A.; KATYAL, M.; VIRDI, S.A.; KAUR, A.; SINGH, N.; KAUR, S. SNGH, A. Diversity in quality traits amongst Indian wheat varieties I: Flour and protein characteristics. **Food Chemistry**, v.19, p.337-344, 2016. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.07.125>. Acesso em 01/11/2022.

ANDERSON, R.A.; CONWAY, H.F.; PFEIFER, V.F.; GRIFFIN, L. Gelatinization of corn grits by roll and extrusion cooking. **Cereal Science Today**, v.14, n.1, p.4-11, 1969. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/star.19700220408>. Acesso em 01/11/2022.

AQUINO, V. **Estudo da estrutura de massas de pães elaboradas a partir de diferentes processos fermentativos**. Dissertação (Mestrado). Departamento de Tecnologia Bioquímica-Farmacêutica, Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo, 2012. Disponível em: https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/9/9133/tde-10092012-142302/publico/Mestrado_Vanessa_Cukier_de_Aquino.pdf. Acesso em 01/11/2022

BACH, F. **Avaliação do potencial nutricional, antioxidante e antibacteriano de cogumelos comestíveis**. Tese (doutorado) - Universidade Federal do Paraná, Departamento de Engenharia Química, Curitiba (PR), Brasil, p.50-75, 2017. Acesso em 01/11/2022

BARBIERI, L.; SERVALLI G.A.E.; IGUTI M.A. **Estudo da vida de prateleira do pão de forma adicionado de polpa de coco verde**. Insituto Maua, p.02-05, 2012. Acesso em 01/11/2022

BARROS, L.; FALCÃO, S.; BAPTISTA, P.; FREIRE, C.; VILAS-BOAS, M.; FERREIRA, I. C. F. R. Antioxidant activity of *Agaricus sp.* mushrooms by chemical, biochemical and electrochemical assays. **Food Chemistry**, v. 111, p.61–66, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.03.033>. Acesso em 01/11/2022.

BEJENARIU, A.; POPA, M.; DULONG, V.; PICTON, L.; CERF, D. Trisodium trimetaphosphate cross-linked xanthan networks: synthesis, swelling, loading and

releasing behaviour. **Polymer Bulletin**, v. 62, p.525-538, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s00289-008-0033-8>. Acesso em 01/11/2022.

BORGES, G.S.C.; GONZAGA, L. V.; JARDINI, F. A.; FILHO-MANCINI, J.; HELLER, M.; MICKE, G.; COSTA, A. C. O.; FETT, R. Protective effect of *Euterpe edulis* M. on Vero cell culture and antioxidant evaluation based on phenolic composition using HPLC- ESI- MS/MS. **Food Research International**, v.51, p.363-369, 2013. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2012.12.035>. Acesso em 10/11/2022.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos**. Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/rdc0263_22_09_2005.html. Acesso em 01/11/2022.

BREENE, W. M. Nutritional and medicinal value of specialty mushrooms. **Journal of Food Protection**, v. 53, p.883-894, 1990. Disponível em: <https://doi.org/10.4315/0362-028X-53.10.883>. Acesso em 01/11/2022.

CARLILE, M.J.; WATKINSON, S.C.; GOODAY, G.W. **The Fungi**. Hungary: Academic Press, 2001.

CAUVAIN, S.P.; YOUNG, L.S. **Tecnologia da panificação**. Manole, São Paulo, p.12-20, 2009.

CARDOSO FILHO, N. **Efeito de algumas variáveis no processo de extrusão e nas características funcionais da farinha de feijão comum**. Mestrado em Tecnologia de Alimentos, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, p.126-128, 1993. Acesso em 01/11/2022.

CARVALHO, R. V.; ASCHERI, J. L. R.; VIDAL, C.J. Efeito dos parâmetros de extrusão nas propriedades físicas de pellets de misturas de farinhas de trigo, arroz e banana. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 26, n. 5, p.1006-1018, 2002.

CHANG, S.T. World production of cultivated edible and medicinal mushrooms in 1997 with emphasis on *Lentinus edodes*. **International Journal of Medicinal Mushrooms**, v.1, p.231-300, 1999. Disponível em: <https://doi.org/10.1615/IntJMedMushr.v1.i4.10>. Acesso em 01/11/2022.

CHANG, S.T.; MILES, P.G. **Edible mushrooms and their cultivation**. CRC Press, inc Boca Raton, p. 150-300, 1989.

CHAKRABARTI, A.; PRAKASH, H. **Global Epidemiology of Mucormycosis**. *J. Fungi*, v.5, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/jof5010026>. Acesso em 01/11/2022.

CHEUNG P.C. Dietary fiber content and composition of some edible mushroom fruiting bodies and mycelia. **J Agric Food Chemistry**, v.2, p.468-471, 1996. Disponível em: <https://doi.org/10.1021/jf950455i>. Acesso em 01/11/2022.

CIACCO, C.F.; CHANG, Y.K. **Tecnologia de massas alimentícias**. Secretaria da Indústria, Comércio, Ciência e Tecnologia, P. 180-187, 1982.

DEMIRKESEN, I.M.; MERT, B.; SUMNU, G.; SAHIN, S. Utilization of chestnut flour in gluten-free bread formulations. **Journal of food engineering**, v.101, p.329-336, 2010. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2010.07.017>. Acesso em 01/11/2022.

DIAS, N.; MUKHERJEE M. Cultivation of *Pleurotus ostreatus* on weed plants. **Bioresource Technology**, v.98, p. 2723-2726, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2006.09.061>. Acesso em 01/11/2022.

EL DASH, A.; GONZÁLES, R.; CIOL, M. Application and control of thermoplastic extrusion of cereals for food and industrial uses. **Journal of Food Engineering**, v.2, p. 129-152, 1982. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/0260-8774\(83\)90023-7](https://doi.org/10.1016/0260-8774(83)90023-7). Acesso em 01/11/2022.

EL DASH, A.; CABRAL, C. L.; GERMANI, R. **Tecnologia de farinhas mistas: uso de farinha mista de trigo e soja na produção de pães**. EMBRAPA, v.3, p.62-68, 1994.

EMBRAPA. **Produção de cogumelos comestíveis e medicinais. Técnica chinesa modificada**, 2005.

ESTELLER, M. S. **Fabricação de pães com reduzido teor calórico e modificações reológicas ocorridas durante o armazenamento**. Mestrado em Tecnologia de Alimentos, Universidade de São Paulo, p.120-240, 2004. Acesso em 01/11/2022.

ESTELLER, M.S.; LANNES, S.C.S. Parâmetros complementares para fixação de identidade e qualidade de produtos panificados. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, p.802-806, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/pdf/cta/v25n4/27654.pdf>. Acesso em: 01/11/2022.

FEITOSA, L. R. G. F.; MACIEL, J. M., BARRETO, T. A., MOREIRA, R. T. **Avaliação de qualidade do pão tipo francês por métodos instrumentais e sensoriais**. Semina: Ciências Agrárias, v. 34, n. 2, p. 693-704, 2013. Acesso em 01/11/2022

FERGUS, C.L; FERGUS, C. **Common Edible and Poisonous. Mushroom of the Northeast**. Stacjpole Books, Pennsylvania, 2003.

FERRERO, C. Hydrocolloids in wheat breadmaking: A concise review. **Food Hydrocolloids**, v.68, p.15-22, 2017. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2016.11.044>. Acesso em 01/11/2022.

FERREIRA, C.M.; LIMA, S.B.; ZAMBELLI, R. A.; AFONSO, M.R.A. Efeito da farinha mista de subprodutos vegetais em pães de forma. **Brazilian Journal of Development**, v.6, p.8705–8724, 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.34117/bjdv6n2-254>. Acesso em 01/11/2022.

FIORDA, FERNANDA ASSUMPÇÃO. **Farinha de bagaço de mandioca: aproveitamento de subproduto e comparação com fécula de mandioca.** Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v.43, p.408-416, 2013. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.1590/s1983-40632013000400005>. Acesso em 01/11/2022.

FURLANI, R. P. Z. **Valor nutricional de cogumelos cultivados no Brasil.** Tese (Doutorado) - Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, p.27-55, 2004. Disponível em: <https://hdl.handle.net/20.500.12733/1598684>. Acesso em 10/11/2022

FURLANI, R. P. Z.; GODOY, H. T. **Valor nutricional de cogumelos comestíveis.** Food Science and Technology, v.64, p.149-154, 2007. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612007000100027>. Acesso em 01/11/2022.

GONZALES-BARRÓN, U.; BUTLER, F. A comparison of seven thresholding techniques with the k-means clustering algorithm for measurement of bread-crumbs features by digital image analysis. **Journal of Food Engineering**, v. 74, p. 268-278, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2005.03.007>. Acesso em 01/11/2022.

HEARST R.; NELSON D.; MCCOLLUM G.; MILLAR B.C.; MAEDA Y.; GOLDSMITH C. **An examination of antibacterial and antifungal properties of constituents of shitake (*Lentinus edodes*) and oyster (*Pleurotus ostreatus*) mushroom.** Complementary Ther Clin Pract, v.15, p.5-7, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ctcp.2008.10.002>

HOBBS, CH. **Medicinal value of *Lentinus edodes*.** A literature review, v.2, p.287-302, 2000. Acesso em 01/11/2022.

HOBBS, CH. **Medicinal Mushrooms: An Exploration of Tradition, Healing, and Culture.** Botanica Press, Santa Cruz, v.2, p.250-372, 1995.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Métodos físico-químicos para análise de alimentos.** Instituto Adolfo Lutz, v.4, p.376-380, 2008. Disponível em: <https://wp.ufpel.edu.br/nutricaoobromatologia/files/2013/07/NormasADOLFOLUTZ.pdf>. Acesso em 01/11/2022.

KALAC, P. Chemical composition and nutritional value of European species of wild growing mushrooms: A review. **Food Chemistry**, v.113, p.7-16, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.07.077>. Acesso em 01/11/2022.

KAVANAGH, K. **Fungi: Biology and Applications.** John Wiley and Sons, v.2, p.121-267, 2011.

KOZARSKI M.; KLAUS A.; JAKOVLJEVIC D.; TODOROVIC N. Antioxidants of Edible Mushrooms. **Molecules**, v.20, p. 250-311, 2015. Disponível em: <https://doi.org/doi:10.3390/molecules201019489>. Acesso em 01/11/2022.

KUMAR A. Application of xanthan gum as polysaccharide in tissue engineering: a review. **Carbohydrate Polymers**, v.180, p.128-144, 2018. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2017.10.009>. Acesso em 01/11/2022.

Li, W.; Gu, Z.; Yang, Y.; Zhou, S.; Liu, Y.; Zhang, J. Non-volatile taste components of several cultivated mushrooms. **Food Chemistry**, v.143, p.427-431, 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.08.006>. Acesso em 01/11/2022.

LIN, E.; SUNG, S. Cultivation conditions influence exopolysaccharide production by the edible basidiomycete *Antrodia cinnamomea* in submerged culture. **International Journal of Food Microbiology**, p.182-187, 2006. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2005.11.010>. Acesso em 01/11/2022.

MANZI, P.; GAMBELLI, L.; MARCONI, S.; VIVANTE, V.; PIZZOFERRATO, L. Nutrients in edible mushrooms: an inter-species comparative study. **Food Chemistry**, v.64, p.477-482, 1999. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(98\)00212-X](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(98)00212-X). Acesso em 10/11/2022.

MANZI, P.; MARCONI, S.; AGUZZI, A.; PIZZOFERRATO, L. Commercial mushrooms: nutritional quality and effect of cooking. **Food Chemistry**, V.84, p.201-206, 2004. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00202-4](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00202-4). Acesso em 10/11/2022.

MARTINS, J.N.; OLIVEIRA, E.N.; SANTOS, D.C. **Estudo da absorção de água em misturas de farinhas de trigo de diferentes marcas comerciais**. Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável Artigo Científico, v.7, p.200–206, 2012. Acesso em 01/11/2022.

MATUDA, T.G. **Estudo do congelamento da massa de pão: determinação experimental das propriedades termofísicas e desempenho de panificação**. Doutorado em Engenharia, Universidade de São Paulo, p.115-125, 2008. Acesso em 01/11/2022.

MITAMURA, T.; SAKAMOTO, S.; SUZUKI, S.; YOSHIMURA, S.; MAEMURA, M.; KUDO, H. **Effects of lentinan on colorectal carcinogenesis in mice with ulcerative colitis**. Oncology reports, v.3, p.599-601, 2000. Disponível em: <https://doi.org/10.3892/or.7.3.599>. Acesso em 01/11/2022.

MAEDA, Y, Y.; TAKAHAMA, S.; KOHARA, Y.; YONEKAWA, H. **Polygenic control of the expression of biological activities of an antitumor polysaccharide, Lentinan**. Immunogenetics, v.2, p.159-165, 1997. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0192-0561\(97\)00082-9](https://doi.org/10.1016/S0192-0561(97)00082-9). Acesso em 01/11/2022.

MOURA, L.M.S.; ASCHERI, J.; SILVA, C.C. **Propriedades de absorção e solubilização de extrudados de farinha mista de feijão, milho e arroz biofortificados**. Embrapa Agroindústria de alimentos, p.01-06, 2011. Acesso em 01/11/2022.

MUNHOZ, M.P. **Influência dos hidrocolóides na qualidade tecnológica de pães**. Mestrado em Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, 2003. Acesso em 01/11/2022.

NABESHIMA, E. H.; ORMENESE, R. de C. S. C.; MONTENEGRO, F. M.; TODA, E.; SADAHIRA, M. S. **Propriedades tecnológicas e sensoriais de pães fortificados com ferro**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v. 25, p.506-511, 2005. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612005000300019>. Acesso em 01/11/2022.

NWODO, U.U.; GREEN, E.; OKOH, A. Bacterial exopolysaccharides: functionality and prospects. **International journal of molecular sciences**, v.13, p.01-06, 2012. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/ijms131114002>. Acesso em 01/11/2022.

OEI, P.; NIEUWENHUIJZEN, B.V. **O cultivo de cogumelos em pequena escala: pleuroto, shitake e orelha-de-pau**. Agrodo40. Fundação Agromisa e CTA, p.11-32 2006. Acesso em 01/11/2022.

PETRI, D. F. S. Xanthan gum: a versatile biopolymer for biomedical and technological applications. **Journal of applied polymer science**, v.132, p.20-23, 2015. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/app.42035>. Acesso em: 01/11/2022.

PUTZKE, J.; PUTZKE, M. T. L. **Os Reinos dos Fungos**. Santa Cruz do Sul (RS), Edunisc, v.1, p.250-338, 1998.

PRZBYLOWICZ, P.; DONOGHUE, J. **Shitake grower's handbook: The art and science of mushroom cultivation**. Dubugue, Kendall, p.141-165, 1990.

RAIMUNDO M.G.M.; BERALDO M.R. **Gogumelos, variedades e receitas**. Coordenadoria de Desenvolvimento dos Agronegócios, São Paulo, 2015. Acesso em 01/11/2022.

ROSALES-JUÁREZ, M.; GONZÁLEZ-MENDONZA, B.; LÓPEZ-GUEL, E.; LOZANOBAUTISTA, F.; CHANONA-PÉREZ, J.; GUTIÉRREZ-LOPES, G.; FARRERA-REBOLLO, R.; CALDERÓN-DOMÍNGUEZ, G. Changes on dough rheological characteristics and bread quality as a result of the addition of germinated and non-germinated soybean flour. **Food and Bioprocess Technology**. v.1, p.152-160, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11947-007-0004-3>. Acesso em 01/11/2022.

SADIQ S.; BHATTI H.N.; HANIF M.A.; MUBASHER, A. Studies on chemical composition and nutritive evaluation of wild edible mushrooms. **Iran journal of chemistry and chemical engineering**, v.27, p.150-154, 2008.

SCAMPARINI, P.R. A.; LUVIELMO, M. **Goma xantana: Produção, recuperação, propriedades e aplicação**. Estudos Tecnológicos em Engenharia, v.5, p.50-67, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.4013/ete.2009.51.04>. Acesso em 01/11/2022.

SILVA, M. R.; GARCIA, G. K. S.; FERREIRA, H. F. **Caracterização química, física e avaliação da aceitação de pão de queijo com baixo teor energético**. Alimentação e Nutrição, v.14, p. 69-75, 2003. Acesso em 01/11/2022.

SILVA, M. R.; SILVA, M.; CHANG, Y. K. Utilização da farinha de jatobá na elaboração de biscoitos tipo cookie e avaliação de aceitação por testes sensoriais

afetivos univariados e multivariado. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 18, p. 25-34, 1998. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-20611998000100007>. Acesso em 01/11/2022.

STAMETS, P. **Growing Gourmet and Medicinal Mushrooms**. Mycomedica, v.3, p.337-391, 2000.

SYNYTSYA A.; MICKOVA K.; JABLONSKY I.; SLUKOYA M.; COPIKOVA J.; Mushrooms of genus *Pleurotus* as a source of dietary fibres and glucans for food supplements. **Czech Journal of Food Sciences**, v.26, p.441-446, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.17221/1361-CJFS>. Acesso em 01/11/2022.

TEICHMANN A.; DUTTA P.C.; STAFFAS A.; JAGERSTAD M. Sterol and vitamin D2 concentrations in cultivated and wild grown mushrooms: Effects of UV irradiation LWT. **Food Science and Technology**, p.815-822, 2007. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0023643806001228>. Acesso em 01/11/2022.

SOARES, T., T. **Propriedades tecnológicas de pão de forma elaborado com substituição parcial da farinha de trigo por farinha de cogumelos (*Lentinus edodes* e *Pleurotus ostreatus*)**. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira (PR), p.15-25, 2021. Acesso em 01/11/2022.

TSAI SY, HUANG SJ, LO SH, WO TP, LIAN PY, MAU JL. Flavour components and antioxidant properties of several cultivated mushrooms. **Food Chemistry**, v.113, p.570-578, 2009. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.08.034>. Acesso em 01/11/2022.

URBEN A. F., OLIVIERA H. C. B., VIEIRA W., CORREIA, M. J., URIARTT A. H. **Produção de cogumelos por meio de tecnologia chinesa modificada**. Embrapa, v.3, p.145-151, 2001.

VALVERDE, M.E.; PÉREZ, T.H.; LÓPEZ, P.O. **Edible mushrooms: improving human health and promoting quality life**. International Journal of Food Microbiology, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1155/2015/376387>

WEBER, F. H.; QUEIROZ-COLLARES, F. P.; CHANG, Y. K. Estabilidade de géis de amido de milho normal, ceroso e com alto teor de amilose adicionados de gomas guar e xantana durante os processos de congelamento e descongelamento. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 28, p.413-417, 2008. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/S0101-20612008000200022>. Acesso em 01/11/2022.

YANG, J.H.; LIN, H.C.; MAU, J.L. Antioxidant properties of several commercial mushrooms. **Food Chemistry**, v.77, p.229-235, 2002. Disponível em: [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(01\)00342-9](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(01)00342-9). Acesso em 01/11/2022.

YILDIZ, S.; YILDIZM, U. C.; GEZER, E.D.; TEMIX, A. Some lignocellulosic wastes used as raw material in cultivation of the *Pleurotus ostreatus* culture mushroom.

Process biochemistry, v.38, p.300-308, 2002. Disponível em:
[https://doi.org/10.1016/S0032-9592\(02\)00040-7](https://doi.org/10.1016/S0032-9592(02)00040-7). Acesso em 01/11/2022.

YLIMAKI, Z.J.; HAWRYSH, R.T.; HARDIN, R.T.; HARDIN, A.B.R.; THOMSON, G.
Response surface methodology in the development of rice flour yeast breads:
sensory evaluation. **Journal of food science**, v.56, p.751-755, 1991. Disponível
em: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1991.tb05374.x>. Acesso em 01/11/2022.

WASSER, S.P., COATES, P., BLACKMAN, M., CRAGG, G., LEVINE, M., MOSS, J.
AND WHITE, J. **Ganoderma lucidum (Reishi or Lingzhi)**. Institute of Evolution,
University of Haifa, Israel, p.680-690, 2005.