



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA
E CIÊNCIA DE ALIMENTOS

Área de concentração: Ciência de Alimentos



APLICAÇÃO DE FARINHAS DE COGUMELOS NA PRODUÇÃO DE PÃO E
AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS E SENSORIAIS

Autora: Arlyane Pereira Lira

Orientadora: Prof^ª. DSc. Silmara Almeida de Carvalho

Co-orientadora: Prof^ª DSc Cristiane Patrícia de Oliveira

ITAPETINGA
BAHIA – BRASIL
Maio de 2017

ARLYANE PERERA LIRA

**APLICAÇÃO DE FARINHAS DE COGUMELOS NA PRODUÇÃO DE PÃO E
AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS E SENSORIAIS**

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Engenharia e Ciência de Alimentos, no Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia.

Orientadora:

Prof^a *DSc* Silmara Almeida de Carvalho

Co-orientadora:

Prof^a *DSc* Cristiane Patrícia de Oliveira

ITAPETINGA
BAHIA – BRASIL
Maio de 2017

635.8 Lira, Arlyane Pereira
L745a Aplicação de farinhas de cogumelos na produção de pão e avaliação das propriedades tecnológicas e sensoriais. / Arlyane Pereira Lira. - Itapetinga: UESB, 2017.
72p.

Dissertação apresentada como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Engenharia e Ciência de Alimentos, no Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Sob a orientação da Prof^ª. D.Sc. Silmara Almeida de Carvalho e coorientação da Prof^ª. D.Sc. Cristiane Patrícia de Oliveira.

1. Cogumelos comestíveis - Pão de forma. 2. Perfil de textura instrumental. 3. Aceitação sensorial. 4. Concentração inibitória mínima. I. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos. II. Carvalho, Silmara Almeida de. III. Oliveira, Cristiane Patrícia de. IV. Título.

CDD(21): **635.8**

Catálogo na fonte:

Adalice Gustavo da Silva – CRB/5-535
Bibliotecária – UESB – Campus de Itapetinga-BA

Índice Sistemático para Desdobramento por Assunto:

1. Cogumelos comestíveis - Pão de forma
2. Perfil de textura instrumental
3. Aceitação sensorial
4. Concentração inibitória mínima



DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

Título: APLICAÇÃO DE FARINHAS DE COGUMELOS NA PRODUÇÃO DE PÃO E AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES TECNOLÓGICAS E SENSORIAIS.

Autor (a): ARLYANE PEREIRA LIRA

Orientador (a): Prof.^a Dr.^a Silmara Almeida de Carvalho

Coorientador (a): Prof.^a Dr.^a Cristiane Patrícia de Oliveira

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de **MESTRE EM ENGENHARIA E CIÊNCIA DE ALIMENTOS, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: CIÊNCIA DE ALIMENTOS**, pela Banca Examinadora.


Prof.^a Dr.^a Silmara Almeida de Carvalho (UESB)


Prof.^o Dr. Leandro Soares Santos (UESB)


Prof.^a Dr.^a Gabrielle Cardoso Reis Fontan (UESB)

Itapetinga-BA, 30 de maio de 2017.

“O homem não teria alcançado o possível se, repetidas vezes, não tivesse tentando o impossível.”

Max Weber

A Deus.

A minha família.

Ao meu filho Lucas.

Dedico!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por todas as coisas boas e ruins que me aconteceram, pois cada uma delas, ao seu modo, me fez ser quem eu sou e, por me lembrar que sempre sou mais forte do que penso. Foi a minha jornada de tropeços, vitórias e derrotas que me fez enxergar o verdadeiro significado da vida.

Aos meus pais amados, Normélia e Wanderley, que sempre estiveram ao meu lado me apoiando nas dificuldades e momentos de desânimo com seus telefonemas bastante acolhedores. Vocês fizeram de mim a pessoa que hoje sou, e eu só tenho motivos a agradecer. Aos meus irmãos, Whesley, Adryana e Whelber, que apesar da distância fizeram com que eu me sentisse amada. Ao meu filho Lucas, pois ele se tornou a minha motivação para nunca desistir.

Não poderia esquecer minha avó, Maria Pereira, por sempre se lembrar de mim em suas orações. Aos meus tios, primos, sobrinhos, afilhados, amigos, cunhados, cujos nomes não citei, pois não caberiam aqui.

Às famílias Pereira, Lira e Guimarães por todo apoio.

À família LPNBio, pela disponibilidade e contribuição de cada um de vocês, (Anderson, Joyce, Mariana, Vandrick, Letícia, Laísa, Guilherme, Daniel, Luciana) à qual me tornei membro nesses 2 anos de muita aprendizagem. Um agradecimento especial a Janaína Freire, pela amizade e parceria durante a realização dos experimentos, principalmente nas noites e finais de semana.

À minha orientadora a Prof^a Silmara Almeida de Carvalho, pelas trocas de experiências, conselhos, ensinamentos. Obrigada pela paciência e por não desistir de mim. À Prof^a Cristiane Patrícia pela co-orientação.

Aos professores que me auxiliaram durante esse tempo com seus ensinamentos e cedendo espaço em seus laboratórios, em especial Gabrielle Fontan, Leandro Soares, Daniela Oliveira (Laboratório de Panificação), Simone Andrade (LAPRON), Modesto Chaves (CEDETEC), Luciano Rodrigues (LabEM), Marcondes Viana (NECAL), Cristiane Patrícia (Laboratório de Análise de Alimentos), Andréa Gomes (Laboratório de Produtos de Origem Vegetal), Cristiane Leal (UECO), Carmen Rech (Laboratório de Nutrição Animal), Ligia Menezes (Laboratório de Microbiologia), Kátia Iro (CEDETEC) contribuindo para o desenvolvimento deste trabalho.

A Marcel Mark, Milene Rost, Keila Correia, Alex Aguiar e Dhiéssica Ribeiro por toda ajuda e disponibilidade na execução de parte das análises.

Às minhas amigas irmãs, de quase 10 anos de convivência, Michelle e Fabíola, que me ajudaram a aliviar os momentos de desânimo e tristeza.

Aos meus colegas de Mestrado, por esses dois anos juntos.

Aos professores Leandro Soares Santos e Gabrielle Cardoso Reis Fontan por aceitarem fazer parte da banca.

À HOCHIBRA Cogumelos Exóticos, em especial a Henrique Peters e Carol Guirra, pela disponibilidade e apoio com o fornecimento do eryngii.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa concedida.

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB) pelas instalações e por disponibilizar seus funcionários para a realização desta pesquisa.

Muito obrigada a todos que por ventura não tenham sido citados, mas que fizeram parte dessa VITÓRIA. Hoje sei que tudo valeu a pena.

RESUMO

LIRA, A. P. **Aplicação de farinhas de cogumelos na produção de pão e avaliação das propriedades tecnológicas e sensoriais.** Itapetinga, BA: UESB, 2017. 72 p. Dissertação. (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos, Área de concentração: Ciência de Alimentos).*

Este trabalho apresenta o estudo tecnológico para aplicação de farinha de cogumelos comestíveis na fabricação de pães de forma e a aceitação sensorial destes produtos. Farinha de cogumelo shitake (FCS) e farinha de cogumelo eryngii (FCE) foram produzidas e avaliadas quanto à caracterização físico-química e a composição centesimal, sendo o experimento conduzido sob o Delineamento Inteiramente Casualizado, com três repetições (lotes de aquisição). O efeito de substituição parcial de farinha de trigo (FT) por farinha de cogumelo em pães de forma foi analisado em sete formulações variando os níveis de substituição de 0% (F1) a 20% (F7). A produção foi conduzida com mistura de dois tipos de farinha ($X_1 + X_2$) sob o delineamento em Látice Simples. Os seguintes parâmetros tecnológicos foram avaliados: volume específico, propriedade de cor do miolo do pão e Análise de Perfil de Textura Instrumental (TPA). A análise de aceitação sensorial foi realizada em estudo laboratorial com 60 provadores e conduzida sob o Delineamento em Blocos Completos Casualizados. Alguns parâmetros avaliados foram submetidos à análise de regressão, onde, a significância dos parâmetros e do modelo, e o coeficiente de determinação (R^2) foram utilizados como critério de escolha. Para todas as inferências estatísticas aplicadas foi adotado um nível de significância de 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$). As farinhas (FCS e FCE) apresentaram valores médios de atividade de água de 0,547, umidade de 10,91%, cinzas de 5,50% e proteínas de 18,67%, não diferindo estatisticamente pelo teste F ($p > 0,05$). Já o teor de lipídios observado foi de 1,96 e 3,24% para as FCS e FCE, respectivamente ($p \leq 0,05$). Quando avaliado estes parâmetros nos pães, observou-se que a mistura de farinha de trigo e farinha de cogumelo comestível interferiu apenas na umidade, com a tendência quadrática de variação entre umidade e aumento de substituição dos níveis de farinha de cogumelo ($p \leq 0,05$), com o valor mínimo de umidade para a formulação com 10% de substituição para ambas às farinhas de cogumelos. Em relação aos parâmetros tecnológicos, os níveis de mistura entre farinha de trigo e farinha de cogumelos interferiram no volume específico, na Luminosidade (L^*) e na coordenada de cromaticidade (a^*), com os valores de volume específico e Luminosidade (L^*) diminuindo quando adicionada farinha de cogumelo, em tendência linear ($p \leq 0,05$). Já para a cromaticidade (a^*) a variação diferiu com a aplicação das diferentes farinhas. Os parâmetros de textura TPA avaliados nos pães de forma foram mais influenciados pela substituição de farinha de trigo por farinha de cogumelo shitake do que pela substituição por farinha de eryngii. O parâmetro dureza apresentou tendência quadrática ($p \leq 0,05$) de aumento com substituição de FT por farinha de cogumelo, com o máximo nas formulações com 13,3% de substituição para as farinhas de ambos os cogumelos. Os pães formulados com farinha de shitake também apresentaram variação nos parâmetros TPA de elasticidade e mastigabilidade. A aceitação sensorial dos pães foi avaliada em relação à aparência, sabor, textura e impressão global, com os escores avaliados pelos julgadores não treinados apresentando uma tendência de decréscimo linear do nível de aceitação ($p \leq 0,05$), com aumento do teor de farinha de cogumelo comestível para todos os atributos analisados. Os menores escores obtidos foram para as formulações com 20% de substituição, ficando entre os termos sensoriais “indiferente” e “desgostei ligeiramente” para o atributo sabor. Os demais atributos apresentaram notas variando entre os termos “gostei moderadamente” e “indiferente”, com maiores notas para o pão sem farinha de cogumelo. Os pães de forma produzidos com as diferentes espécies de cogumelos apresentaram escore de aceitação “gostei ligeiramente” até o nível de substituição de 10%. Assim, foi possível concluir que em termos

sensoriais, os pães com farinha de cogumelo comestível apresentaram-se viáveis devido ao nível de aceitação obtidos. Já em termos tecnológicos, a diminuição no volume específico gerou um aumento de dureza nos pães de forma produzidos com farinha de shitake e eryngii e, nos parâmetros de elasticidade e mastigabilidade nos pães de forma produzidos com farinha de shitake, mostrou que a farinha do cogumelo eryngii apresenta melhor aplicabilidade.

Palavras-chave: *Lentinula edodes*, *Pleurotus eryngii*, perfil de textura instrumental, aceitação sensorial, concentração inibitória mínima.

*Orientadora: Silmara Almeida de Carvalho, DSc., UESB. Co-orientadora: Cristiane Patrícia de Oliveira, DSc., UESB.

ABSTRACT

LIRA, A. P. **Application of mushrooms flours in bread production and evaluation of technological and sensory properties.** Itapetinga, BA: UESB, 2017. 72 p. Dissertation. (Master in Food Science and Engineering, Concentration area: Food Science).*

This work presents the technological study for application of flour of edible mushrooms in the production of sliced bread, and the sensorial acceptance of these products. Flour of shitake mushroom (FSM) and flour of eryngii mushroom (FEM) were produced and evaluated for the physical-chemical characterization and centesimal composition, where the mushrooms flour experiment was arranged under the completely randomized design, with three replicates (acquisition lots). The effect of the partial substitution of wheat flour (X_1) by the mushrooms flour (X_2) in sliced breads was analyzed in seven formulations with replacement level ranging from 0% (F1) to 20% (F7). The production of breads was carried with mixture of two kinds ($X_1 + X_2$) of flours and arranged under Simple Lattice Design. The following technological parameters were evaluated: specific volume, color property of bread crumb and Instrumental Texture Profile Analysis (TPA). The sensory acceptance analysis was performed in a laboratory study with 60 potential consumers and the experiment arranged in randomized complete block. Some the parameters evaluated were submitted to regression analysis, using the selection criterion of the best model adjusted: the significance of the parameters and the model, and the coefficient of determination (R^2). For all the statistical inferences applied was used a significance level of 5% of probability ($p \leq 0.05$). The flours (FSM and FEM) presented mean values of water activity of 0.547, moisture of 10.91%, total ashes of 5.50% and total proteins of 18.67%, not showing statistical difference by F-test ($p > 0.05$). Already the lipid content was observed of 1.96 and 3.24%, for FSM and FEM, respectively ($p \leq 0.05$). When evaluated this parameters in the sliced bread it was observed that the mixture of wheat flour and mushrooms flour interfered only in moisture, with quadratic tendency in the variation between moisture and increases the levels of replacement of mushroom flour ($p \leq 0.05$), with the minimum value in the formulations with 10%, for both mushrooms flour. In relation to technological parameters, the levels of the mix between wheat flour and mushrooms flour interfered in particular in specific volume, in lightness (L^*) and chromatic component of a value (a^*), with specific volume and lightness values decreasing when added mushrooms flour, in linear tendency ($p \leq 0.05$). Already for the in chromatic component of a value (a^*) the variation differed with the implementation of different mushrooms flour. The Instrumental Texture Parameters (TPA) evaluated in the sliced bread was more influenced by the replacement of wheat flour by shitake flour than eryngii flour. The TPA hardness showed quadratic tendency ($p \leq 0.05$) of increases with replacement of wheat flour by mushrooms flour, with the maximum of hardness in 13.3% of replacement in both mushrooms flour. The sliced bread with shitake flour also showed variation in TPA parameter of springiness and chewiness. The sensory acceptance of breads was evaluated in relation to appearance, flavor, texture and overall, with the untrained judges scores showed linear decreasing in the acceptance level ($p \leq 0.05$) with the increases of mushrooms flour for all the analyzed attributes. The lowest scores were for the formulations with 20% replacement, getting between the sensory terms “indifferent” and “slightly disliked” to the flavor attribute. The remaining attributes presented scores ranged between the terms “moderately liked” and “indifferent”, with the major scores to bread without mushrooms flour. The sliced bread produced with different mushrooms showed acceptance score “slightly liked” until the level of replacement of 10%. Thus, it was possible to conclude that in accordance with sensory acceptance, the sliced breads were viable due to the level of acceptance achieves. Already in technological terms, the decreasing of specific volume generated the increases of hardness TPA in the sliced bread produced with shitake and eryngii flours and, the decreases in the

springiness TPA and increases in the chewiness TPA only in bread produced with shitake flour showed that the *eryngii* flour presents better applicability.

Keywords: *Lentinula edodes*, *Pleurotus eryngii*, instrumental texture profile, sensory acceptance, minimum inhibitory concentration.

*Advisor: Silmara Almeida de Carvalho, DSc., UESB. Co-advisor: Cristiane Patrícia de Oliveira, DSc., UESB.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Mercado nacional de pães industrializados.	19
Tabela 2. Soluções diluídas de glicose para elaboração da curva-padrão, a partir da solução-mãe de glicose 10 mM.....	33
Tabela 3. Formulações dos pães com farinha de cogumelo shitake e eryngii.....	34
Tabela 4. Caracterização físico-química e composição centesimal da FCS e FCE.....	40
Tabela 5. Caracterização físico-química e composição centesimal da FT.	42
Tabela 6. Teores médios de fibra bruta e açúcar redutor das farinhas FCS, FCE e FT.....	42
Tabela 7. Propriedades de cor das farinhas FCS, FCE e FT.	43
Tabela 8. Modelo matemático ajustado para representação da variação do teor de água com as variáveis em estudo.	44
Tabela 9. Valores médios dos parâmetros atividade de água, proteínas totais, cinzas totais, lipídios totais e fibra bruta das formulações dos pães com FCS e FCE e apenas FT (pão padrão).....	46
Tabela 10. Modelo matemático ajustado para representação da variação do teor de açúcar redutor com as variáveis em estudo.....	46
Tabela 11. Modelo matemático ajustado para representação da variação do teor de volume específico ($\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$) com as variáveis em estudo.....	47
Tabela 12. Modelo matemático para representação da variação dos parâmetros de Luminosidade (L^*) e coordenada de cromaticidade (a^*), com as variáveis em estudo e coeficiente de determinação.	49
Tabela 13. Modelo matemático para representação da variação dos parâmetros dureza TPA, elasticidade TPA e mastigabilidade TPA com as variáveis em estudo e coeficiente de determinação.....	52
Tabela 14. Modelo matemático com significância e coeficiente de determinação para pães com FCS.	57
Tabela 15. Modelos matemáticos com significância e coeficiente de determinação para pães com FCE.....	57
Tabela 16. Valores de CIM dos extratos hexânicos dos cogumelos shitake e eryngii frente às bactérias patogênicas.	57
Tabela 17. Valores de CIM dos extratos dos pães com adição de shitake e eryngii e do pão padrão frente às bactérias patogênicas.....	58

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Representação gráfica da curva obtida na análise instrumental do perfil de textura.	24
Figura 2. Cogumelos desidratados shitake (A) e eryngii (B) – farinhas dos cogumelos shitake (C) e eryngii (D).	29
Figura 3. Fluxograma de produção dos pães de forma.	35
Figura 4. Ficha de avaliação utilizada no teste de aceitação.	38
Figura 5. Gráfico do modelo matemático para teor de água (%): (A) Pão com FCS (%); (B) Pão com FCE (%).	45
Figura 6. Gráfico do modelo matemático para Açúcar redutor (%) das formulações de pão com FCS.	47
Figura 7. Gráficos dos modelos matemáticos para volume específico ($\text{cm}^3 \text{g}^{-1}$): (A) Farinha de Shitake (%); (B) Farinha de Eryngii (%).	48
Figura 8. Imagens das fatias de pães de forma elaborados com farinha de trigo (FT) e farinha dos cogumelos shitake (FCS) e eryngii (FCE), em diferentes níveis de substituição. (A) formulação padrão (F1); (B) pães formulados com FCS (F2 a F7); (C) pães formulados com FCE (F2 a F7).	50
Figura 9. Gráficos dos modelos matemáticos para cor do miolo dos pães de forma com FCS e FCE: (A e C) Luminosidade (L^*); (B e D) coordenada de cromaticidade (a^*).	51
Figura 10. Gráficos dos modelos matemáticos para os parâmetros Elasticidade (*) e Mastigabilidade (N) TPA das formulações de pão de forma com FCS.	54
Figura 11. Gráfico do modelo matemático para o parâmetro Dureza (N) TPA das formulações de pão de forma.	54
Figura 12. Perfil dos provedores dos pães formulados com FCS e FCE.	55
Figura 13. Escores médios dos atributos aparência, sabor, textura e impressão global das formulações dos pães com FCS.	56
Figura 14. Escores médios dos atributos aparência, sabor, textura, e impressão global das formulações dos pães com FCE.	56

SUMÁRIO

RESUMO	12
ABSTRACT	14
LISTA DE TABELAS	16
LISTA DE FIGURAS	17
1 INTRODUÇÃO GERAL	17
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	19
2.1 Mercado consumidor de pão	19
2.2 Ciência de panificação	20
2.3 Textura em pães	22
2.4 Cogumelos comestíveis e suas propriedades funcionais	25
2.5 Alimentos elaborados com cogumelos comestíveis	26
3 OBJETIVOS	28
3.1 Objetivo geral	28
3.2 Objetivos específicos	28
4 MATERIAIS E MÉTODOS	29
4.1 Local do Experimento	29
4.2 Amostragem	29
4.3 Produção das farinhas	29
4.4 Caracterização físico-química e composição centesimal das farinhas e dos pães	30
4.4.1 Atividade de Água (Aw)	30
4.4.2 Teor de água	30
4.4.3 Proteínas totais	30
4.4.4 Cinzas totais (base seca)	31
4.4.5 Lipídios totais	31
4.4.6 Fibra bruta	31
4.4.7 Açúcar redutor	32
4.5 Obtenção dos extratos hexânicos	33
4.6 Determinação da atividade antibacteriana	33

4.7	Produção dos pães de forma	34
4.8	Avaliação física dos pães de forma	36
4.8.1	Volume específico	36
4.8.2	Análise do Perfil de Textura Instrumental (TPA)	36
4.8.3	Cor do miolo.....	37
4.9	Análise sensorial.....	37
4.10	Planejamento experimental e análise estatística.....	38
4.10.1	Caracterização físico-química e composição centesimal das farinhas	38
4.10.2	Caracterização dos pães de forma	38
4.10.3	Análise sensorial.....	39
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	40
5.1	Caracterização físico-química e composição centesimal das farinhas	40
5.2	Caracterização físico-química e composição centesimal dos pães	44
5.3	Avaliação física dos pães de forma	47
5.3.1	Volume específico	47
5.3.2	Cor do miolo.....	48
5.3.3	Análise do Perfil de Textura Instrumental (TPA)	51
5.4	Análise sensorial.....	54
5.4.1	Perfil dos provadores	54
5.4.2	Teste de Aceitação.....	55
5.5	Determinação da atividade antibacteriana	57
6	CONCLUSÃO.....	60
7	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61
	ANEXOS.....	68

1 INTRODUÇÃO GERAL

O pão é um alimento amplamente consumido no mundo inteiro, apresentando grande variedade de tipos, sabores, formas e tamanho. Esta diversidade envolvendo fabricação industrial ou artesanal de pães vem ganhando popularidade entre os diversos grupos de consumidores que se atraem ou pelo interesse nutricional, ou por inovação de ingredientes, ou pelo interesse nutracêutico, dentre muitos outros fatores.

A Organização Mundial de Saúde (OMS) recomenda um consumo anual de 60 kg de pão per capita. No Brasil, no entanto, apenas 33,5 kg por ano, por habitante, são consumidos, dos quais 86% correspondem aos pães artesanais (ABIP, 2009). A indústria de panificação vem investindo na oferta de uma variedade de itens inovadores, devido à busca por uma dieta mais equilibrada e saudável. Tal oferta envolve pães enriquecidos com ingredientes como aveia, tubérculos, sementes, especiarias, além do uso de uma enorme variedade de tipos de farinha (ABIMAPI, 2015).

Neste sentido, cogumelos comestíveis fazem parte do grupo de alimentos funcionais, por apresentar propriedades biológicas importantes para o metabolismo regulatório, podendo ser utilizado na produção de produtos de panificação. Eles apresentam grande valor nutritivo devido ao baixo valor calórico (315 Kcal/100 g cogumelo), alto teor de fibras (18,01%), proteínas (17,14%) e baixo teor de lipídios (1,23%) (BALBI et al., 2013). Além disso, apresentam excelente conteúdo de macro e microelementos, de aminoácidos essenciais, ácidos graxos poli-insaturados, entre outros componentes.

Das mais de 10 mil espécies de cogumelos em existência, cerca de duas mil são consideradas comestíveis, e apenas 20 delas são cultivadas comercialmente. No Brasil, as espécies mais cultivadas e vendidas são: *Agaricus bisporus* (champignon), *Pleurotus* spp. (cogumelos ostra), *Lentinula edodes* (shitake) e *Agaricus blazei* (cogumelo do sol) (ANPC, 2015).

O shitake ocupa o segundo lugar na produção mundial, seu consumo se deve principalmente pelo valor nutricional e pelo apelo medicinal por atuar na redução de níveis de colesterol, apresentar propriedades antitumorais e antivirais (CHANG, 1999). O extrato aquoso do cogumelo shitake apresenta ação antimicrobiana e a proteína Lentin, extraída e comercializada na forma de cápsulas, tem ação antifúngica (NGAI & NG, 2003; HEARST et al., 2009).

O *Pleurotus eryngii*, conhecido como cogumelo ostra rei ou simplesmente eryngii, é uma das novas espécies de cogumelos comestíveis consumidas devido ao seu sabor peculiar e leve e alto valor nutricional (JEONG et al., 2010). Os cogumelos do gênero *Pleurotus* ocupam

a terceira posição entre os mais cultivados, são amplamente adaptáveis ao cultivo por apresentarem enzimas que degradam polissacarídeos como lignina, celulose e hemicelulose, permitindo-lhes crescer em uma variedade de substratos (MA et al., 2014). Estudos mostram que o cogumelo *eryngii* é um alimento potencial para uso funcional e terapêutico, por apresentar atividade antitumoral, anti-inflamatórias e antioxidantes (LIN et al., 2014; ZHANG et al., 2014).

Ao contrário do pão, cogumelos comestíveis não são amplamente consumidos, em algumas regiões apresentam baixa popularidade devido a algumas crenças, como a característica alucinógena e tóxica de algumas espécies, a não diversidade em países produtores, o valor de venda no mercado, sendo restrito no Brasil o consumo a grandes centros metropolitanos e por certas classes sociais.

Diante do exposto, da disposição do mercado consumidor por produtos inovadores, dos inúmeros estudos apontando as qualidades nutricionais e medicinais dos cogumelos comestíveis, este trabalho apresentou como objetivo aplicar farinha de cogumelo shiitake e *eryngii* em produção de pães do tipo forma e avaliar o impacto em parâmetros tecnológicos, na composição centesimal e de aceitação sensorial.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Mercado consumidor de pão

Segundo a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) o pão é definido como “o produto obtido pela cocção, em condições técnicas adequadas, de uma massa fermentada ou não, preparada com farinha de trigo e outras farinhas que contenham naturalmente proteínas formadoras de glúten ou adicionadas das mesmas e água, podendo conter outros ingredientes”. Pode receber diversas classificações a depender dos ingredientes, do processo de fabricação ou do formato, dentre elas têm-se o pão de forma, que é definido como “produto obtido pela cocção da massa em formas, apresentando miolo elástico e homogêneo, com poros finos e casca fina e macia” (BRASIL, 2000).

Os produtos de panificação ocupam o terceiro lugar na lista de compras do brasileiro, o que corresponde a 12% da renda familiar investida na alimentação (ABIP, 2009). Com o aumento do preço do trigo houve uma redução da ida do consumidor às padarias, favorecendo o consumo dos pães industrializados. O consumo vem crescendo cada vez mais na região Nordeste, mas no Rio de Janeiro é onde se concentra a maior parcela dos consumidores. O preço dos pães industrializados é em média R\$ 9,71 o quilo, quase o dobro dos artesanais, na faixa de R\$ 4,81, no entanto a variação no ano de 2014 foi mais amena, de 12,4% contra 17%, respectivamente. A frequência do consumo dos pães industrializados subiu 4,2%, enquanto que o de pães artesanais teve um decréscimo de 14,6% (BORTOLOZI, 2015).

De acordo com a Associação Brasileira das Indústrias de Biscoitos, Massas Alimentícias e Pães e Bolos Industrializados (ABIMAPI, 2015), em parceria com a consultoria Nielsen, no ano de 2014 os pães de forma aumentaram seu faturamento em 19% em relação ao ano de 2013, alcançando uma marca de R\$ 3,8 bilhões. Com relação ao volume o aumento apresentado foi de 7,6% e o consumo per capita atingiu 2,3 kg/ano. Em comparação aos dados referentes ao ano de 2012 houve um crescimento de 9,5% nas vendas e 32% no faturamento (Tabela 1).

Tabela 1. Mercado nacional de pães industrializados.

Período	Faturamento (bilhões R\$)	Volume (mil ton.)	Per capita (kg/ano)
2012	2,750	327,064	2,13
2013	3,194	332,761	2,15
2014	3,800	358,296	2,30

Fonte: ABIMAPI & NIELSEN (2015)

2.2 Ciência de panificação

A farinha de trigo é um ingrediente fundamental e majoritário na indústria de panificação que, juntamente com a parte líquida dos demais ingredientes, forma a massa de pão. Os principais ingredientes utilizados são: farinha de trigo, água, fermento biológico, açúcar, sal e gorduras. Como a farinha de trigo é o ingrediente majoritário e de maior importância na qualidade de pães, o tipo de trigo aplicado na produção apresenta extrema relevância. O mesmo pode ser classificado em duro (teor de proteína elevado) que apresenta uma boa qualidade para a produção de pão e, mole (menor teor proteico) que irá interferir na formação do glúten, sendo este a rede formada entre duas frações proteicas do trigo que entrelaçam através de interações entre os radicais de aminoácidos, formando uma rede proteica, que apresenta extrema importância nos parâmetros tecnológicos de pães (KAJISHIMA, PUMAR & GERMANI, 2001).

A farinha de trigo é composta por proteínas, carboidratos, lipídios, enzimas, vitaminas e minerais. As proteínas, apesar de não ser o componente principal pela quantidade, formam a base da utilização da farinha de trigo na preparação de massas. Na farinha de trigo existem dois tipos de proteínas: 5% correspondentes às não formadoras de glúten (albuminas e globulinas) e 85% às formadoras de glúten (gliadinas e gluteninas). O glúten é uma rede proteica formada pelas interações de pontes de hidrogênio, ligações de van der Waals e pontes de sulfeto, formando uma rede proteica que é responsável por conferir elasticidade ao pão, devido à sua capacidade de se expandir com o gás formado na fermentação (BENASSI & WATANABE, 1997). A gliadina confere alta extensibilidade e baixa elasticidade, controlando o volume do pão, enquanto que a glutenina confere baixa extensibilidade e alta elasticidade à massa, respondendo pelos tempos de mistura e desenvolvimento da massa, sendo, portanto, mais elástica e coesa (AQUARONE et al., 2002; MELO NETO, 2007).

O único cereal que contém as proteínas com qualidade e quantidade necessárias para formar o glúten, essencial no fabrico de massas, é o trigo. A formação do glúten pode ser afetada por diversos fatores como, por exemplo, teor de água, excesso de manuseio mecânico diminuindo sua resistência, excesso de oxidação reduzindo a extensibilidade, enzimas proteolíticas que destroem a cadeia peptídica, reduzindo a resistência do glúten, falta de lipídios afetando as propriedades mecânicas, principalmente extensibilidade (ORDÓÑEZ et al., 2005).

Na produção de produtos de panificação é comum a mistura de vários tipos de farinhas com a farinha de trigo, no intuito de substituir o trigo devido às restrições econômicas, exigências comerciais, novas tendências e hábitos alimentares. Essas misturas são denominadas de farinha mista ou composta. O percentual de farinha de trigo necessário para

obter produtos de melhor qualidade está vinculado à força da farinha, que se relaciona ao conteúdo e à qualidade da proteína (CAUVAIN & YOUNG, 2009).

O desenvolvimento de produtos com substituição parcial da farinha de trigo por farinhas mistas, representa um desafio no setor de panificação, devido à dificuldade de reproduzir as características dos produtos elaborados com trigo, em termos tecnológicos, sensoriais e nutricionais (FIGUEIRA et al, 2011).

A água é outro importante ingrediente, pois é responsável pela hidratação da farinha auxiliando na fermentação, elasticidade do glúten, maciez e textura. Controla a consistência da massa e dissolve os sais e açúcares, distribuindo-os uniformemente, possibilitando a formação do glúten. Atua também na gelatinização do amido tornando-o digerível. A água apresenta frações de minerais e a mais adequada para a panificação deve apresentar concentrações de Cálcio e Magnésio entre 75 e 150 mg/L) (BRANDÃO & LIRA, 2011).

O fermento biológico é composto de leveduras que produzem gás carbônico (CO₂), promovendo a expansão da massa durante o processo de fermentação e, outros componentes menores que contribuem para o aroma e sabor das massas. A produção de gás é interrompida por exaustão do substrato ou por morte do microrganismo no cozimento da massa. As leveduras possuem ação fermentativa ou oxidativa, metabolizando os nutrientes contidos nas matérias-primas utilizadas (CAUVAIN, 2000). O gênero *Sacharomyces* é comumente aplicado na produção de cervejas, vinho e pão (*Sacharomyces cerevisae*) (EVANGELISTA, 1998).

Os açúcares na panificação são importantes para as etapas de fermentação e assamento. Na etapa de fermentação funcionam como substrato para as leveduras que os transformam em gás carbônico, responsável pelo crescimento da massa. O restante, não transformados na fermentação, produzem cor e aroma na etapa de assamento, através da reação de Maillard que ocorre na presença dos açúcares e aminoácidos das proteínas. O açúcar tem ação direta na coloração dourada e no sabor do pão (BRANDÃO & LIRA, 2011).

O cloreto de sódio, conhecido popularmente como sal de cozinha, é um elemento indispensável na produção de pão, pois auxilia na melhoria da elasticidade do glúten, acentuando o sabor e aroma do pão, além de atuar como um agente controlador da fermentação, atividade de água e conservação final do pão (vida de prateleira). A porcentagem mais indicada de sal em uma massa é de 1,5 a 2,0% no máximo (BRASIL, 2000; AQUARONE et al., 2002).

As gorduras geralmente utilizadas como ingredientes em formulações de pães são de origem animal, como manteiga e banha com a função de melhorar a retenção dos gases provenientes da fermentação, conferindo maciez e acentuando o sabor do produto. Atuam nas

paredes das bolhas, melhorando sua impermeabilização, aumentando a resistência à saída de gases e vapor de água. Em panificação o uso de gordura situa-se na faixa de 1 a 5% (BRANDÃO & LIRA, 2011).

2.3 Textura em pães

A textura está relacionada com uma série de propriedades físicas presentes nos elementos estruturais dos alimentos, que são quantificadas por meio de análises de textura sensoriais ou instrumentais. Com relação ao pão de forma é um fator indispensável na escolha do produto no mercado, pois pode indicar frescor e qualidade influenciando significativamente a percepção do consumidor para um pão de boa qualidade. No pão, os atributos de textura mais relevantes são dureza, elasticidade, coesividade e adesividade (LASSOUED et al., 2008; CARSON & SUN, 2001). A dureza em produtos de panificação depende de vários fatores como, por exemplo, a qualidade da farinha de trigo, teor de açúcares, gorduras, emulsificantes, enzimas, adição de glúten e melhoradores, umidade da massa, tempo de fabricação do produto e embalagem. Altos teores de fibras geralmente podem ser associados com um pão de textura mais firme.

A importância da textura na aceitabilidade global dos alimentos varia muito, dependendo do tipo de alimento. Existe uma variedade de alimentos com diferentes texturas e propriedades reológicas e de métodos que podem ser utilizados para medirem essas propriedades. Alguns sistemas de classificação dos alimentos foram propostos como, por exemplo, com base em suas propriedades texturizadas em líquidos, géis, alimentos fibrosos, vítreos, de forma celular, óleos e gorduras comestíveis e alimentos em pó. No entanto, uma melhor classificação baseia-se no tipo de teste que é utilizado, visto que o processo de mastigação independe do tipo de alimento que está sendo ingerido (MATZ, 1962; SONE, 1972; BOURNE, 2002).

A análise de textura dos alimentos pode ser realizada por testes objetivos (realizados por instrumentos) e testes sensoriais (realizados por pessoas). Os testes objetivos podem ser classificados em fundamentais: que medem propriedades reológicas bem definidas pensados na teoria e prática de materiais de construção, não se aplicando muito a alimentos; empíricos: representa a classe mais utilizada de instrumentos na indústria de alimentos, pela sua fácil execução, rapidez e baixo custo; e os testes imitativos: imitam as condições às quais o alimento é submetido na prática (BOURNE, 2002).

A Análise do Perfil de Textura Instrumental (*Texture Profile Analysis* – TPA) é realizado por texturômetro que comprime uma amostra de tamanho e forma padronizados, em dois ciclos que simulam a ação da mandíbula durante a mastigação. Os resultados do teste são

representados por meio de um gráfico de força x tempo (Figura 1), resultando em alguns parâmetros texturais que se correlacionam com a avaliação sensorial (SZCZESNIAK, 2002; BOURNE, 2002; CARR et al., 2006):

- 1) Dureza TPA (*Hardness*) – força necessária para produzir certa deformação na amostra, representada pela altura do pico de força no primeiro ciclo de compressão (primeira mordida).
- 2) Fraturabilidade TPA (*Fracturability*) – força necessária para produzir uma fratura na amostra, representada pela força da ruptura na primeira mordida.
- 3) Adesividade TPA (*Adhesiveness*) - trabalho necessário para superar as forças de atração entre a superfície do alimento e outras superfícies com as quais o alimento esteve em contato. Área de força negativa da primeira mordida (A3) que representa o trabalho necessário para puxar a probe de compressão para fora da amostra.
- 4) Elasticidade TPA (*Springiness*) – velocidade com a qual o material deformado volta ao seu estado inicial após remoção da força. Distância que os alimentos recuperaram sua altura durante o tempo entre o final da primeira mordida e o início da segunda mordida (BC).
- 5) Coesividade TPA (*Cohesiveness*) – grau no qual um alimento pode ser deformado antes de se romper. Proporção das áreas de força positiva sob as primeiras e segundas compressões (A_2/A_1).
- 6) Gomosidade TPA (*Gumminess*) – força necessária para realizar a mastigação de um alimento semissólido até o ponto de deglutição. Parâmetro secundário obtido pelo produto da dureza x coesividade.
- 7) Mastigabilidade TPA (*Chewiness*) – força necessária para realizar a mastigação de um alimento sólido até o ponto de deglutição. Parâmetro secundário obtido pelo produto da dureza x coesividade x elasticidade.

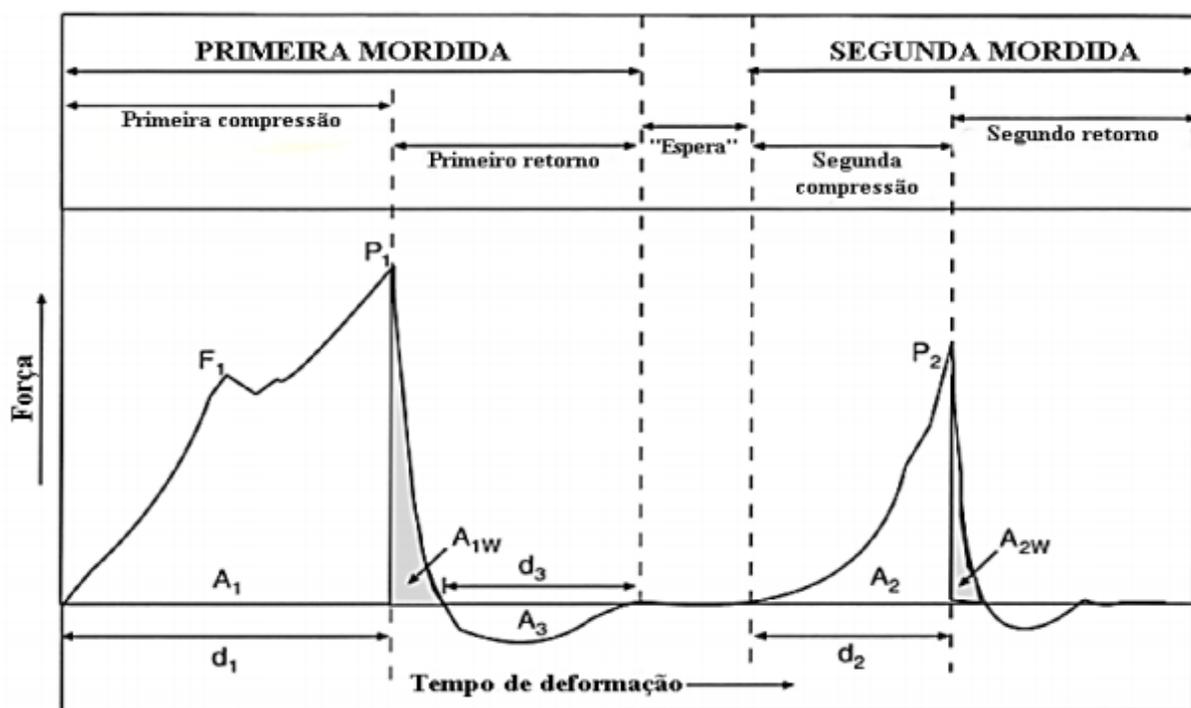


Figura 1. Representação gráfica da curva obtida na análise instrumental do perfil de textura. Fonte: Maia (2014)

De acordo com Maia (2014) os termos utilizados na análise instrumental são diferentes dos utilizados na reologia devendo, portanto, possuir o termo TPA na sua nomenclatura, como, por exemplo, dureza TPA.

Nabeshima e colaboradores (2005) realizaram um estudo para comparar as características tecnológicas e sensoriais de pães de forma fortificados com três diferentes fontes de ferro (ferro reduzido, pirofosfato de ferro e sulfato ferroso monohidratado microencapsulado) na concentração de 4,2 mg de ferro/100 g de farinha, com uma formulação padrão. Foi feita uma avaliação da firmeza dos pães em diferentes tempos de estocagem, verificando-se um aumento da firmeza com o aumento do tempo de estocagem.

Em outro estudo foram utilizados micélios de cogumelos das espécies *Antrodia camphorata*, *Agaricus blazei*, *Hericium erinaceus* e *Phellinus linteus*, em substituição de 5% pela farinha de trigo para produzir pão. Os pães suplementados com micélio apresentaram menor volume, menor luminosidade e não afetaram adversamente o perfil de textura do pão, porém a incorporação de 5% de micélio de cogumelo na formulação do pão reduziu a sua aceitabilidade (ULZIJARGAL et al, 2013).

Jensen e colaboradores (2015) realizaram uma pesquisa com o objetivo de obter conhecimento sobre a forma que o uso de diferentes quantidades e tipos de farinha de mandioca em pão afetam as propriedades sensoriais, de textura e físicas. Concluíram que até 30% de farinha de trigo poderia ser substituída por farinha de mandioca afetando apenas o

volume específico do pão. No entanto, uma substituição a partir de 30% causou mudanças nas medidas instrumentais apresentando uma estrutura de miolo mais duro e integrado.

Fibras de ervilha e vagem de feijão foram extraídas e incorporadas em formulações de pão com diferentes níveis de substituição da farinha de trigo. A adição das fibras reduziu significativamente o volume dos pães. Apesar disso, houve uma melhoria considerável no perfil de textura nos pães enriquecidos, causando uma redução na dureza. Estas fibras possuem boas propriedades para serem usadas como melhorador na indústria de panificação (FENDRI et al, 2016).

2.4 Cogumelos comestíveis e suas propriedades funcionais

Os cogumelos representam a estrutura de reprodução sexuada de alguns fungos (STAMETS & CHILTON, 1983) e, apesar de existirem muitas espécies que produzem cogumelos, apenas uma pequena parte é considerada comestível (CHANG, 1999). Das mais de dez mil espécies de cogumelos existentes, cerca de duas mil são consideradas comestíveis, sendo que apenas vinte delas são cultivadas comercialmente. No Brasil, as espécies mais cultivadas e comercializadas são: *Agaricus bisporus* (champignon de Paris), *Pleurotus spp.* (cogumelos ostra), *Lentinula edodes* (shitake) e *Agaricus blazei* (cogumelo do sol) (ANPC, 2015).

O *L. edodes*, conhecido popularmente como shitake, ocupa o segundo lugar na produção mundial, sendo o seu maior cultivo na China, Japão e outros países asiáticos. No ano de 2000, a China produziu o que representa mais de 80% da produção mundial. Tem sido valorizado devido aos seus benefícios nutritivos e também medicinais, atuando na redução dos níveis de colesterol, possuindo atividades antitumorais e antivirais (CHANG & MILES, 2004). Pode ser considerado um alimento de grande valor nutricional, pois apresenta um baixo valor energético (315 Kcal/100g), alto teor de fibras (18,01%), proteínas (17,14%) e baixo teor de lipídios (1,23%) (BALBI et al., 2013).

O extrato aquoso do cogumelo shitake apresenta atividade inibitória contra a proliferação de células tumorais humanas da laringe e do colo do útero (FINIMUNDY et al., 2013). Em outro estudo foi constatada a atividade antimicrobiana contra 84,6% dos microrganismos testados (HEARST et al., 2009). A Lentin, proteína presente neste cogumelo, possui atividade antifúngica, inibitória contra o HIV-1 de transcriptase inversa e proliferação de células da leucemia (NGAI & NG, 2003).

O *Pleurotus eryngii*, conhecido como cogumelo ostra rei ou simplesmente eryngii, surge como umas das mais novas e populares espécies de cogumelos comestíveis aceitas com sucesso entre os consumidores na Europa e Ásia, devido ao seu sabor e alto valor nutritivo

(JEONG et al., 2010). Os cogumelos do gênero *Pleurotus* ocupam a terceira posição dos mais cultivados. São considerados de ampla adaptabilidade, pois possuem enzimas que degradam polissacarídeos como a lignina, celulose e hemicelulose, tornando-os capazes de crescer em uma variedade de substratos. Possuem odor e sabor característicos, podendo ser cultivados em diferentes condições climáticas (CHANG & MILES, 2004).

Estudos revelam que o *eryngii* é um potencial alimento para uso funcional e terapêutico, pois possui atividade antitumoral, anti-inflamatória, antioxidante e atua na prevenção do câncer (LIN et al., 2014; ZHANG et al., 2014; MA et al., 2014).

Alam e colaboradores (2011) conduziram um experimento para investigar as alterações bioquímicas e histológicas em ratos com hipercolesterolemia, que foram alimentados com *P. eryngii* (cogumelo ostra rei), constatando que a alimentação com 5% do pó deste cogumelo foi capaz de reduzir o colesterol, triglicérides e lipídios totais.

2.5 Alimentos elaborados com cogumelos comestíveis

Ulziijargal e colaboradores (2013) desenvolveram uma formulação de pão contendo 5% de micélio de alguns cogumelos em substituição à farinha de trigo. Apesar da baixa aceitabilidade do pão, foram encontrados teores de componentes funcionais como ergotioneína e ácido γ -aminobutírico (GABA), capazes de proporcionar efeitos benéficos para a saúde. A substituição da farinha de trigo por 5% do pó de micélio afetou negativamente o perfil de textura do pão. O pão com micélio do cogumelo *Phellinus linteus* apresentou menor dureza, maior flexibilidade e coesividade, e menor gomosidade em comparação com o pão branco usado como controle.

O cogumelo *A. blazei* foi utilizado na forma desidratada em pó para a produção de chocolate branco. Houve um aumento nas quantidades de fibras e proteínas, e presença de compostos antioxidantes e, além disso, a adição deste cogumelo não alterou os atributos sensoriais analisados (SANDRI, BASTIANI & BARRETO, 2012). Outro estudo foi realizado com a utilização deste cogumelo na produção de pão de queijo, com o objetivo de avaliar a vida de prateleira desse subproduto. A adição do cogumelo ao pão não provocou alterações visuais e a amostra com maior tempo de armazenamento teve uma boa aceitação sensorial, demonstrando ser possível armazenar o produto por um período de 30 dias sem que ocorram alterações negativas nas suas características (MESOMO et al., 2010).

Em outro estudo, cujo objetivo era verificar a aceitabilidade sensorial de iogurtes adicionados de micélio de cogumelo *Agaricus brasiliensis* (cogumelo do sol) e determinar a composição físico-química, Amaral e colaboradores (2014) constataram um aumento da umidade e redução dos sólidos solúveis totais e valor energético. Além disso, a adição de 5%

desse cogumelo obteve uma boa aceitação, atingindo escore médio de 8,18 em uma escala hedônica de nove pontos.

Formulações de hambúrgueres foram elaboradas com adição do cogumelo *A. brasiliensis* para comparar suas características com as de uma formulação controle à base de carne bovina e proteína vegetal. O produto foi bem aceito pelos julgadores, sendo que as formulações preferidas foram as que continham 10% e 12% do cogumelo. O hambúrguer com adição de 12% do cogumelo apresentou maiores teores de proteínas, carboidratos, fibra alimentar e cinzas, e menor teor de lipídios, quando comparado aos hambúrgueres comerciais utilizados como padrão (LEMOS, 2009).

3 OBJETIVOS

3.1 Objetivo geral

Aplicar farinha de duas espécies de cogumelos na elaboração de pão de forma e avaliar os parâmetros de qualidade destes pães e a capacidade de inibir o crescimento de microrganismos patogênicos.

3.2 Objetivos específicos

- ✓ Obter farinha dos cogumelos comestíveis shitake e eryngii;
- ✓ Realizar a caracterização físico-química e composição centesimal das farinhas e dos pães;
- ✓ Preparar formulações de pães de forma padrão e com substituição da farinha de trigo por farinhas de cogumelo;
- ✓ Analisar o efeito das concentrações das farinhas de cogumelo nas propriedades tecnológicas, cor, volume específico dos pães e análise de textura TPA;
- ✓ Verificar a atividade antibacteriana dos extratos hexânicos das farinhas de cogumelo e dos pães de forma;
- ✓ Avaliar a influência da adição da farinha de cogumelo nas características sensoriais de pão de forma.

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Local do Experimento

Os experimentos foram conduzidos nos laboratórios da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), *campus* Juvino Oliveira, Itapetinga-BA.

4.2 Amostragem

Foram adquiridos três lotes das espécies de cogumelos comestíveis *L. edodes* (shitake) e *P. eryngii* (eryngii). O *eryngii* foi obtido fresco de uma indústria produtora de cogumelos comestíveis situada na cidade de Vitória da Conquista – BA, e o shitake desidratado de um mercado de especiarias situado na cidade de Porto Seguro – BA.

4.3 Produção das farinhas

Os cogumelos *eryngii* foram distribuídos em bandejas e submetidos à secagem em estufa de circulação e renovação de ar (modelo SL-102, marca SOLAB / São Paulo, Brasil) a uma temperatura de 60°C durante 24 horas. Em seguida, as duas espécies de cogumelos já desidratadas foram trituradas em liquidificador de uso industrial e peneiradas em peneira de 30 *mesh* para obtenção das farinhas. As farinhas foram armazenadas em sacos de polietileno para posterior aplicação na produção dos pães. Os cogumelos desidratados e as farinhas são apresentados na Figura 2.



Figura 2. Cogumelos desidratados shitake (A) e *eryngii* (B) – farinhas dos cogumelos shitake (C) e *eryngii* (D).

Fonte: Dados do autor.

4.4 Caracterização físico-química e composição centesimal das farinhas e dos pães

4.4.1 Atividade de Água (A_w)

A atividade de água foi determinada por meio de um analisador de atividade de água modelo CX-2, marca Aqualab (Pullman, EUA). As amostras foram colocadas em um recipiente próprio e inseridas no equipamento, realizando-se a leitura em triplicata.

4.4.2 Teor de água

A determinação do teor de água foi feita pelo método de secagem direta em estufa de secagem e esterilização a 105°C (modelo SL-100, marca SOLAB / Piracicaba, Brasil), segundo o Instituto Adolfo Lutz (2008).

O cálculo foi feito utilizando-se a Equação 01:

$$\text{Teor de água (\%)} = \left(\frac{N}{P} \right) \times 100 \quad (\text{Equação 01})$$

Em que:

N = n° de gramas de umidade (perda de massa em g)

P = n° de gramas da amostra

4.4.3 Proteínas totais

A análise de proteínas totais foi realizada pelo processo de digestão Kjeldahl, o qual determina a quantidade de nitrogênio da amostra seca, conforme as normas da AOAC (1995). Empregou-se 4,38 como fator de conversão nitrogênio/proteína para as farinhas de cogumelo, visto que os cogumelos são considerados boas fontes de proteínas, porém possuem uma quantidade significativa de compostos nitrogenados não proteicos (FURLANI & GODOY, 2005). Para as amostras de farinha de trigo e todas as formulações dos pães, foi empregado o valor de 6,25 como fator de conversão. O teor de proteínas totais foi determinado através da Equação 02:

$$\text{Proteínas totais (\%)} = \left(\frac{V \times N \times 0,014 \times Fc}{P} \right) \times Fcv \times 100 \quad (\text{Equação 02})$$

Em que:

V = volume de HCl gasto na titulação

N = normalidade do HCl usado

Fc = fator de correção do HCl

P = peso da amostra (g)

Fcv = fator de conversão nitrogênio/proteína

4.4.4 Cinzas totais (base seca)

O procedimento utilizado para determinação do teor de cinzas totais foi o descrito pelo Instituto Adolfo Lutz (2008).

O teor de cinzas totais na amostra foi determinado através da Equação 03:

$$\text{Cinzas totais (\%)} = \left(\frac{\text{g de cinzas}}{\text{g da amostra}} \right) \times 100 \quad (\text{Equação 03})$$

4.4.5 Lipídios totais

Os lipídios totais da amostra foram extraídos de acordo com metodologia proposta por Bligh & Dyer (1959), com algumas adaptações. Pesou-se 3g da amostra num béquer utilizando uma balança analítica digital (modelo FA-2014N, marca BIOPRECISA / Tijucas do Sul, Brasil) e foram acrescentados 10 mL de clorofórmio, 20 mL de metanol e 8 mL de água (1:2:0,8). A mistura foi agitada com o auxílio de um agitador magnético (modelo SL-091/A, marca SOLAB / Piracicaba, Brasil), por 30 minutos, sendo adicionados 10 mL de clorofórmio e 10 mL da solução de sulfato de sódio 1,5% (m/m) e, então tampada para agitação vigorosa por 2 minutos, causando a separação total do clorofórmio na camada inferior em um funil de separação. A camada inferior foi transferida para um balão de fundo chato, previamente pesado, e o solvente foi eliminado à pressão reduzida em evaporador rotativo a vácuo (modelo 801, marca Fisatom / São Paulo, Brasil), à temperatura de 45°C. O balão foi resfriado em dessecador e pesado para obter o peso da gordura.

O teor de lipídios totais da amostra foi determinado pela Equação 04:

$$\text{Lipídios totais (\%)} = \frac{A - B}{C} \times 100 \quad (\text{Equação 04})$$

Em que:

A = peso do balão + gordura (g)

B = peso do balão (g)

C = massa inicial da amostra (g)

4.4.6 Fibra bruta

As análises foram feitas segundo o método Ba 6a-05 da AOAC (2009), com adaptações. Foram utilizados cadinhos de *Gooch*, identificados conforme a amostra, tratados em mufla a 500 °C por 2 horas e colocados em dessecador até temperatura ambiente para

pesagem. Pesou-se 0,5g das amostras em cadinho de *Gooch* que foram colocados em potes plásticos, acrescentando-se cerca de 100 mL da solução de H₂SO₄ 1,25%. Os potes foram colocados na autoclave até que esta atingisse a potência de 0,5 kgf, permanecendo por 20 minutos. Transcorrido esse tempo, a autoclave foi desligada e permaneceu fechada por 40 minutos. Ao término da digestão ácida, procedeu-se à filtração com lavagens sucessivas com água destilada fervente sobre o resíduo, até a neutralização. Transferiu-se novamente os resíduos para os potes plásticos e adicionou-se cerca de 100 mL da solução de NaOH 1,25%. Procedeu-se então, à digestão básica, seguindo os mesmos princípios da digestão ácida, lavando com água destilada à quente. Após as hidrólises, o resíduo, composto por água, fibra e minerais, foi filtrado e lavado com acetona para facilitar a secagem e eliminar compostos provenientes das digestões. Realizou-se a secagem dos cadinhos de *Gooch* por 12 horas a 105 °C e pesagem para fornecer o peso do material que consta de fibra bruta e minerais. Procedeu-se com a calcinação em mufla a 500 °C, durante 3 horas, para que toda a fibra seja oxidada restando somente minerais. A diferença entre o peso do cadinho de *Gooch* seco na estufa a 105 °C e após a calcinação, fornece o peso da fibra bruta.

$$FB (\%) = \frac{(A-B)}{C} \times 100 \quad (\text{Equação 05})$$

Em que:

A = peso do cadinho + resíduo (g);

B = peso do cadinho + cinza (g);

C = peso da amostra (g).

4.4.7 Açúcar redutor

A metodologia utilizada para determinação de açúcar redutor foi a proposta por Miller (1959). O procedimento iniciou-se com o preparo do reagente ácido 3,5-dinitrosalicílico (DNS). Em seguida, procedeu-se com o preparo da curva padrão de glicose. A partir da solução mãe de glicose 10 mM, foram preparadas soluções com concentrações variando de 1 mM a 9 mM de glicose, conforme Tabela 2. Alíquotas de volume conveniente de cada solução preparada, incluindo a solução-mãe, foram transferidas para tubos de ensaio. Adicionou-se volume igual do reagente DNS a cada tubo. A mistura foi agitada vigorosamente em vórtex e os tubos foram levados para banho-maria com água em ebulição (100°C) por 5 minutos. A reação foi interrompida acrescentando-se água destilada. Após homogeneização, realizou-se a leitura de intensidade da cor em espectrofotômetro a 540 nm,

contra uma amostra de calibração usualmente chamada de “branco”. A partir dos resultados de absorvância e concentração (mM) foi construída a curva de calibração.

Tabela 2. Soluções diluídas de glicose para elaboração da curva-padrão, a partir da solução-mãe de glicose 10 mM.

Solução de glicose 10 mM (mL)	Água destilada (mL)	Concentração final (mM)
0,1	0,9	1
0,2	0,8	2
0,3	0,7	3
0,4	0,6	4
0,5	0,5	5
0,6	0,4	6
0,7	0,3	7
0,8	0,2	8
0,9	0,1	9

4.5 Obtenção dos extratos hexânicos

Os extratos hexânicos para a determinação da atividade antibacteriana foram preparados por imersão em hexano na proporção de 700 mL de solvente para 100g de amostra, em três extrações sucessivas com intervalo de 6h. O solvente foi concentrado em rota evaporador, obtendo-se um rendimento de extrato bruto de aproximadamente 1g cada.

4.6 Determinação da atividade antibacteriana

Os microrganismos utilizados na técnica de Concentração Inibitória Mínima (CIM) foram cepas bacterianas padronizadas de *Enterococcus faecalis* (ATCC 31299), *Staphylococcus aureus* (ATCC 43300) – Sa43, *Staphylococcus aureus* (ATCC 25921) – Sa25, *Pseudomonas aeruginosa* (ATCC 27853), *Enterobacter cloacae* (INCOS 006) e *Proteus vulgaris* (CBAM 0169); obtidas da Coleção de Bactérias da Amazônia (CBAM) pertencentes à Fundação Oswaldo Cruz (FIOCRUZ).

Para determinar a atividade antibacteriana dos extratos, foi realizada a técnica de Concentração Inibitória Mínima (CIM) por microdiluição em caldo *Mueller Hinton Broth*, segundo o manual do *Clinical and Laboratory Standards Institute* (CLSI, 2003).

As bactérias foram previamente cultivadas em meio Agar *Mueller Hinton*, deixados em sua temperatura ótima para crescimento (37°C), por 18-24 horas.

Os extratos hexânicos utilizados no teste de CIM foram diluídos em Dimetilsulfóxido (DMSO) e água na proporção de 40:60, deixando-os em uma mesma concentração de 10 mg/mL. Os extratos foram esterilizados por filtração em membrana PES de 0,22 µm da marca Kasvi (Curitiba, Brasil) e usado em oito diluições seriadas (5; 2,5; 1,25; 0,62; 0,3; 0,15; 0,07 e 0,03 mg/mL).

Nos micropoços foram distribuídos 90 µL de caldo com os extratos diluídos nas concentrações acima determinadas. Em seguida foi realizada a adição dos microrganismos diluídos em solução salina de cloreto de sódio (NaCl) 0,9%, de acordo com a concentração padrão 0,5 (para bactérias) da escala de *Mc Farland* (aproximadamente $1,0 \times 10^8$ UFC/mL). Todos os procedimentos foram realizados em triplicata. Controles foram feitos para verificação da qualidade do meio de cultura, do extrato e dos microrganismos utilizados no teste.

As placas foram incubadas a 37°C/24 horas. Após o período de incubação, foi adicionado o corante de Rezasurina na concentração final de 0,01%, como indicador de crescimento microbiano. Após 24h, todas as cepas foram recultivadas para verificar se havia atividade bacteriostática/bactericida. Os testes foram feitos em triplicata.

4.7 Produção dos pães de forma

Os pães de forma foram fabricados utilizando-se o método direto de mistura dos ingredientes. As formulações dos pães foram: formulação padrão – sem adição de farinha de cogumelo comestível (F1), e formulação com nível de substituição de farinha de trigo (FT) pelas farinhas de cogumelos nas proporções de 5% (F2), 6,7% (F3), 10% (F4), 13,3% (F5), 15% (F6) e 20% (F7). Os ingredientes utilizados na formulação dos pães encontram-se descritos na Tabela 3.

Tabela 3. Formulações dos pães com farinha de cogumelo shitake e eryngii.

Ingredientes (%)*	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7
Farinha de trigo	100	95	93,3	90	86,7	85	80
Farinha do cogumelo	0	5	6,7	10	13,3	15	20
Fermento biológico	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6
Açúcar	3	3	3	3	3	3	3
Sal iodado	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Reforçador	1	1	1	1	1	1	1
Banha	2	2	2	2	2	2	2
Água	51	53	53,68	55	56,32	57	59

(*) Em relação à farinha de trigo.

Fonte: dados do autor.

O processo de produção dos pães ocorreu de acordo com o fluxograma representado na Figura 3. A primeira etapa consistiu na pesagem e mistura dos ingredientes secos: farinha de trigo (Suprema®), sal iodado, açúcar, reforçador Bunge® (Amido de milho geneticamente modificado a partir de *Bacillus thuringiensis* ou *Streptomyces viridochromogenes* ou *Agrobacterium tumefaciens* ou *Zea mays*, estabilizantes: estearoil-2-lactil lactato de cálcio ou polisorbato 80 e melhorador de farinha ácido ascórbico) e fermento biológico seco

instantâneo (Saf-instant®). Depois de homogeneizados procedeu-se com a adição da água e da banha (Aurora®). A água refrigerada foi adicionada à massa lentamente. Como as farinhas dos cogumelos eryngii e shitake absorvem mais água do que a farinha de trigo aumentou-se a quantidade de água com o aumento da concentração destas farinhas.

A massa foi misturada em masseira industrial (modelo AR 15, marca G.PANIZ / Caxias do Sul, Brasil) por 4 minutos. Após a mistura a massa foi boleada manualmente e coberta para evitar o ressecamento, deixando-se descansar por 30 minutos para fornecer elasticidade à massa. A massa foi dividida em porções de 350g e modelada manualmente para o acondicionamento em formas metálicas abertas.

Após essa fase, a massa foi mantida em repouso para que ocorresse o processo de fermentação à temperatura ambiente por um período de 90 minutos. Depois de desenvolvida foi levada ao forno (modelo 0448, marca PERFECTA CURITIBA / Ponta Grossa, Brasil) com temperatura de 180°C, por 20 minutos, até o cozimento da massa. Os pães foram retirados da forma ainda quentes e resfriados à temperatura ambiente por um período de 2 horas e embalados em sacos de polietileno para realização das análises.

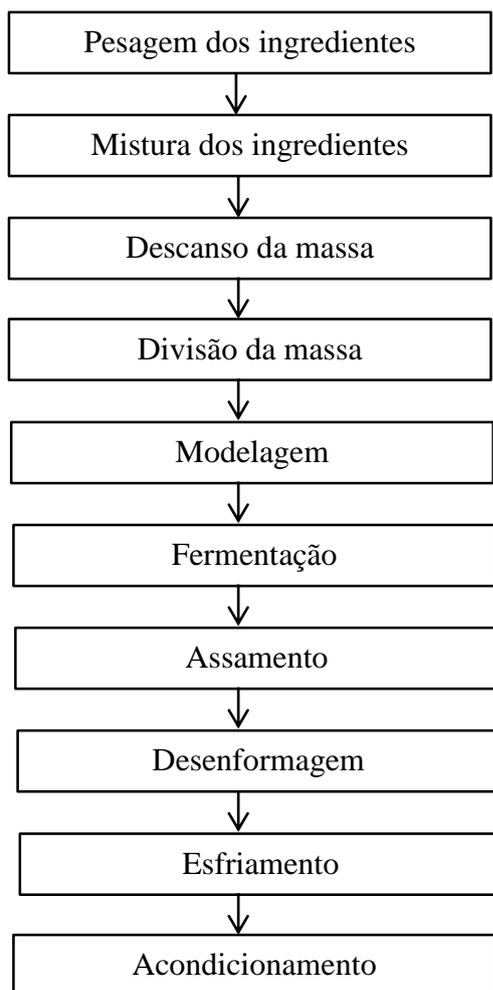


Figura 3. Fluxograma de produção dos pães de forma.

4.8 Avaliação física dos pães de forma

4.8.1 Volume específico

Após 30 minutos de retirados do forno, os pães foram pesados e o volume específico foi obtido pela razão entre o volume do pão (cm³) e o peso assado (g). Para a determinação da massa foi realizada a pesagem dos pães em balança de precisão e expressa em gramas, e o volume foi obtido pelo método de deslocamento de sementes de painço. Neste método, o pão foi colocado em um recipiente e o espaço restante foi preenchido com as sementes de painço. Mediu-se então o volume do painço deslocado pelo pão transferindo as sementes para uma proveta graduada através da seguinte equação: (Método 10-05, AACC, 2001).

$$V \text{ (cm}^3\text{)} = \pi \times r^2 \times a \quad \text{(Equação 06)}$$

Em que:

V = volume;

r = raio da proveta;

a = altura das sementes na proveta.

4.8.2 Análise do Perfil de Textura Instrumental (TPA)

Foi realizada a análise do perfil de textura dos pães de forma no Laboratório de Ensaaios de Materiais – LabEM. O método consistiu na aplicação de força por meio de uma probe cilíndrica de compressão de alumínio de 100 mm de diâmetro (P/100), acoplado ao equipamento (modelo TA.HD plus, marca Stable Micro Systems / Surrey, UK), utilizando os seguintes parâmetros de ensaio: velocidade de pré-teste, teste e pós-teste de 1,00 mm/s; percentual de compressão de 40% e célula de carga de 50kg, obtendo-se assim dureza TPA, elasticidade TPA, coesividade TPA e mastigabilidade TPA. Os dados para obtenção dos parâmetros de textura foram processados através do software Texture Expert for Windows 1.20.

Cada amostra de pão foi analisada após 48h de armazenamento à temperatura ambiente. Para realização da análise instrumental de textura foram eliminadas as bordas de cada pão e o restante cortado em fatias de 2 cm de espessura. As fatias foram cortadas na parte central na forma de um quadrado 4x4 cm imediatamente antes de cada medição, totalizando em média 13 amostras para cada tratamento.

4.8.3 Cor do miolo

A quantificação objetiva de cor foi feita por meio de um colorímetro, com leitura direta de reflectância das coordenadas de cromaticidade “L” (luminosidade), “a” (tonalidades de vermelho a verde) e “b” (tonalidades de amarela a azul), empregando-se a escala Hunter-Lab. Os valores L^* variam de zero (preto) a 100 (branco), os valores de a^* variam de $-a^*$ (verde) até $+a^*$ (vermelho), e os valores de b^* variam de $-b^*$ (azul) até $+b^*$ (amarelo) (HUNTERLAB, 1998). Os valores correspondentes às coordenadas de cromaticidade L^* , a^* e b^* foram obtidos por meio de leitura direta das amostras de pão e das farinhas (FT, FCS e FCE) em uma cubeta acoplada ao colorímetro (modelo ColorQuest XE, marca HunterLab / Virginia, USA).

4.9 Análise sensorial

A análise sensorial foi realizada no Laboratório de Análise Sensorial (LABAS), no período de 9:00 às 11:50 h e 14:00 às 18:00 h.

O teste de aceitação dos pães formulados com farinhas dos cogumelos foi realizado em dois dias consecutivos, sendo que no primeiro dia os provadores receberam as amostras das formulações de pão com farinha do cogumelo *eryngii* (FCE) e, no segundo dia, as amostras das formulações de pão com farinha do cogumelo *shitake* (FCS).

Participaram da pesquisa 60 provadores não treinados de ambos os sexos, maiores de 18 anos, entre eles, alunos, funcionários e professores da UESB, sem vínculo de subordinação com os pesquisadores.

Foram avaliados os atributos aparência, textura, sabor e impressão global por meio do teste de aceitação com a utilização da escala hedônica de nove pontos, variando desde “desgostei extremamente” equivalendo a nota um e “gostei extremamente” equivalendo a nota nove.

As sete amostras foram apresentadas aos julgadores de forma aleatória, codificadas com número de três dígitos em uma bandeja contendo um copo com água, para limpeza do palato no intervalo de avaliação entre as amostras, e a ficha de resposta (Figura 4).

Análise Sensorial

Amostra: pão de forma
 Nome: _____ Idade: _____

- Você está recebendo sete amostras de pão de forma;
- Prove as amostras na sequência (da esquerda para a direita) e utilize a escala abaixo para dizer o quanto você gostou ou desgostou da amostra;
- Beba água entre uma amostra e outra.

(9) Gostei extremamente
 (8) Gostei muito
 (7) Gostei moderadamente
 (6) Gostei ligeiramente
 (5) Indiferente
 (4) Desgostei ligeiramente
 (3) Desgostei moderadamente
 (2) Desgostei muito
 (1) Desgostei extremamente

Ingredientes: farinha de trigo, farinha de cogumelo, água, açúcar, sal, fermento biológico, reforçador, gordura animal.

AMOSTRA							
Aparência							
Textura							
Sabor							
Impressão Global							

Comentários: _____

Figura 4. Ficha de avaliação utilizada no teste de aceitação.

4.10 Planejamento experimental e análise estatística

4.10.1 Caracterização físico-química e composição centesimal das farinhas

O experimento utilizando as farinhas de cogumelo foi disposto sob o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), com três repetições (n=3). A análise estatística foi realizada por meio do programa computacional S.A.S. versão 9.1, cujos parâmetros avaliados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), adotando o nível de significância de 5%.

4.10.2 Caracterização dos pães de forma

Para avaliar o efeito da substituição parcial da farinha de trigo (X_1) pela farinha de cogumelo (X_2) nos pães de forma procedeu-se análise de experimentos com mistura, utilizando-se um Delineamento em Látice Simples (k=2 e m=3), com três repetições.

Os dados brutos obtidos para volume específico, parâmetros de cromaticidade (L^* , a^* e b^*) e, parâmetros instrumentais de textura (dureza, elasticidade, coesividade e mastigabilidade) foram submetidos à análise de regressão, utilizando como critério de escolha do modelo ajustado a significância dos parâmetros e do modelo, assim como o coeficiente de

determinação (R^2) e falta de ajuste. Foi adotado um nível de significância de 5% de probabilidade ($p \leq 0,05$).

A análise estatística foi realizada por meio do programa computacional S.A.S. versão 9.1.

4.10.3 Análise sensorial

A análise sensorial das diferentes amostras de pão de forma elaboradas a partir das farinhas de cogumelos comestíveis foi conduzida sob o Delineamento de Blocos Completos Casualizados (DBC), tendo como fonte de variação os diferentes níveis de substituição da farinha (tratamento) e os julgadores (blocos). As notas dos julgadores foram submetidas à análise de regressão para avaliar se os modelos matemáticos obtidos explicavam a relação entre a aceitação do provador e a porcentagem de substituição da farinha. Foi utilizado o programa S.A.S. versão 9.1.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Caracterização físico-química e composição centesimal das farinhas

Foi realizada a caracterização físico-química e composição centesimal da farinha do cogumelo shitake (FCS), farinha do cogumelo eryngii (FCE) e farinha de trigo (FT) utilizando os parâmetros atividade de água (Aw), teor de água, lipídios totais, cinzas totais, proteínas totais, fibra bruta (FB) e açúcar redutor. Os valores médios destas medidas, seguido do desvio padrão estão apresentadas nas Tabelas 4 a 6.

As médias obtidas para atividade de água (Aw) nas duas farinhas de cogumelo não diferiram estatisticamente ($p > 0,05$) pelo teste F (Tabela 4). O valor médio de atividade de água para as farinhas de cogumelo (FCS e FCE) foi de 0,547. Essas farinhas podem ser consideradas como produtos microbiologicamente estáveis, pois apresentaram Aw inferior a 0,6 que é considerado um valor limitante para o desenvolvimento de microrganismos.

Tabela 4. Caracterização físico-química e composição centesimal da FCS e FCE.

Parâmetros	FCS	FCE
Atividade de água (*)	0,544 ± 0,047 ^a	0,550 ± 0,075 ^a
Teor de água (%)	10,24 ± 0,75 ^a	11,58 ± 0,80 ^a
Lipídios totais (%)	1,96 ± 0,13 ^b	3,14 ± 0,42 ^a
Cinzas totais (%)	5,12 ± 0,86 ^a	5,88 ± 1,32 ^a
Proteínas totais (%)	17,19 ± 1,07 ^a	20,15 ± 1,82 ^a

Legenda: (*) Parâmetro adimensional. Valores expressos em média ± desvio-padrão. Médias seguidas de uma mesma letra nas linhas, não diferem significativamente entre si a 5% de probabilidade pelo teste F ($p > 0,05$).

Atividade de água (Aw) é um conceito utilizado para mensurar a quantidade de água disponível para o crescimento de microrganismos e para ocorrência de reações químicas e bioquímicas (ORDÓÑEZ et al., 2005).

As duas farinhas (FCS e FCE) não apresentaram diferença estatística pelo teste F ($p > 0,05$) em relação ao teor de água (Tabela 4). O valor médio obtido foi de 10,91%, estando de acordo com a legislação vigente no país, que estabelece um limite máximo de 15% de teor de água para farinhas de vegetais, indicando que podem ser armazenadas com menores riscos de sofrerem deterioração. (BRASIL, 1978).

Os valores médios obtidos para o teor de lipídios totais foram de 1,96% e 3,14% para a FCS e FCE, respectivamente, diferindo estatisticamente pelo teste F ($p \leq 0,05$) (Tabela 4). A FCS apresentou baixo teor de lipídios, próximo ao valor apresentado por Balbi e colaboradores (2013), 1,23%. Cogumelos do gênero *Pleurotus* comercializados em Taiwan e na Colômbia apresentaram teor de lipídios de 2,16% e 2,72%, respectivamente (YANG, LIN & MAU, 2001 ; RIOS-HURTADO, TORRES-TORRES & MEDINA-RIVAS, 2003). Estudos

relatam que os cogumelos comestíveis são fonte de ácidos graxos polinsaturados (PUFA's), como o ácido linoléico (n-6) e linolênico (n-3), que são ácidos graxos essenciais que não são sintetizados pelo organismo humano, devendo ser obtidos a partir da dieta. Os mais importantes ácidos graxos ômega 3 são o linolênico 18:3, eicosapentaenóico (EPA) 20:5 e docosahexaenóico (DHA) 22:6 e, os ômega 6 são o linoléico 18:2 e araquidônico 20:4 (CHANG e MILES, 2004; KINSELLA, 1990; MAYSER et al., 1998). Comparando com o teor de lipídios e a composição de ácidos graxos, é possível vislumbrar que ocorra um acréscimo destes constituintes à medida que essas farinhas sejam incorporadas a matrizes alimentares.

As FCS e FCE não apresentaram diferença estatística pelo teste F ($p > 0,05$) para o teor de cinzas totais (Tabela 4). O valor médio obtido foi de 5,50%, a legislação vigente no Brasil estabelece um limite máximo de 6% de teor de cinzas para as farinhas de alguns vegetais (BRASIL, 2005). Os cogumelos contêm um maior conteúdo de minerais que são absorvidos do substrato através do micélio e transferidos para os corpos de frutificação (CHANG & MILES, 1989). Os principais minerais presentes nos cogumelos comestíveis são potássio, cobre, fósforo e ferro (STURION & RANZANI, 2000). Estudos com cogumelos shitake provenientes do nordeste da Índia e da cidade de Quatro Barras no Paraná apresentaram, respectivamente, 6% e 4,64% de teores de cinzas (DEOSTALE & LONGVAH, 1998; BALBI et al., 2013). Os cogumelos *L. edodes* (shitake) e do gênero *Pleurotus* apresentaram valores próximos aos dos intervalos apresentados por Furlani e Godoy (2007) de 5,44% - 8,92% e 5,61% - 8,77%, respectivamente. Essa substancial quantidade de cinzas nas farinhas de cogumelos pode causar um impacto negativo nos pães, uma vez que um alto teor de minerais pode impedir a formação do glúten e até a fermentação (BRANDÃO & LIRA, 2011).

Não foi observada diferença estatística pelo teste F ($p > 0,05$) entre a FCS e FCE para o teor de proteínas totais (Tabela 4). O valor médio obtido foi de 18,67%. Vários estudos apontam os cogumelos comestíveis como uma boa fonte de proteínas. Dados apresentados por Chang e Miles (1989) reunidos de autores que utilizaram 4,38 como fator de conversão, apontam que o *Pleurotus* contém de 10,5% a 30,4% e o *L. edodes*, 13,4% a 17,5% de proteína. Para o cogumelo shitake foram encontrados valores de proteína por Balbi e colaboradores (2013) de 17,14%, e por Furlani e Godoy (2007) de 18,98%.

A atividade de água (A_w) da farinha de trigo (FT) foi de 0,6515 (Tabela 5), indicando que é um produto microbiologicamente estável, pois não possibilita o crescimento de leveduras, fungos e bactérias termófilas. Este parâmetro exerce uma forte influência sobre a vida útil do alimento, visto que valores próximos a 1 aumentam as chances de ocorrência de

alterações químicas, físicas, microbiológicas ou enzimáticas (SARANTOPOULOS, OLIVEIRA & CANAVESI, 2001).

Tabela 5. Caracterização físico-química e composição centesimal da FT.

Parâmetros	FT
Atividade de água (*)	0,652 ± 0,008
Teor de água (%)	11,58 ± 0,87
Lipídios totais (%)	0,85 ± 0,13
Cinzas totais (%)	0,72 ± 0,62
Proteínas totais (%)	12,96 ± 0,06

Legenda: (*) Parâmetro adimensional. Valores expressos em média ± desvio-padrão.

Alguns trabalhos que realizaram a determinação da composição centesimal de farinha de trigo, apresentaram valores de teor de água próximos ao obtido neste estudo (11,58%). Costa e colaboradores (2008), ao analisarem seis amostras de farinha de trigo nacional e seis amostras de farinha de trigo importada, obtiveram teores de água variando de 11,48% a 12,90%. Paucar-Menacho e colaboradores (2008) utilizaram uma farinha com teor de água 13,59%.

O teor de cinzas totais obtido aproxima-se dos encontrados por Perez e Germani (2004) de 0,67% e por Heinemann e colaboradores (1998) que foi de 0,74%. Comparando os valores de cinzas totais das farinhas de cogumelos analisadas neste estudo e o teor de cinzas totais da farinha de trigo, observa-se valores 7 vezes superior, sendo este um dos fatores que afeta diretamente a qualidade tecnológica de pães.

Em relação ao teor de fibra bruta e açúcar redutor (Tabela 6) foi possível observar que as farinhas de cogumelo (FCS e FCE) apresentaram teores de fibra bruta e açúcar redutor bem superiores aos valores obtidos para farinha de trigo (FT).

Tabela 6. Teores médios de fibra bruta e açúcar redutor das farinhas FCS, FCE e FT.

Parâmetros (%)	FCS	FCE	FT
Fibra bruta	6,27 ± 0,34	5,16 ± 0,20	0,49 ± 0,18
Açúcar redutor	50,20 ± 0,13	47,62 ± 0,25	14,56 ± 0,13

Legenda: Valores expressos em média ± desvio-padrão. (*) Parâmetro adimensional. FCS: farinha do cogumelo shiitake; FCE: farinha do cogumelo eryngii; FT: farinha de trigo.

Quanto ao teor de fibra bruta estes valores foram aproximadamente 11 vezes superior nas farinhas de cogumelo em relação à FT. Do ponto de vista nutricional e nutracêutico, a presença de fibra nos alimentos é de grande interesse para o consumidor, em virtude do número de pesquisas evidenciando o seu papel na redução do risco de doenças como câncer

de cólon, obesidade, doenças cardiovasculares e diabetes. No entanto, do ponto de vista tecnológico, a utilização de farinhas ricas em fibras nos pães podem comprometer seu volume e textura, diminuindo a qualidade. A fração insolúvel compromete a formação da rede de glúten, causando ruptura das células de gás. Tanto as fibras solúveis quanto as insolúveis absorvem a água presente na formulação, tornando-a indisponível para hidratação das proteínas formadoras de glúten presentes na massa (NOORT et al., 2010; BORGES et al., 2011; RIEDER et al., 2012).

O teor de açúcar redutor mais elevado nas farinhas de cogumelo, em comparação com a farinha de trigo, pode acarretar na produção de pães com uma coloração mais escura, por meio da reação de Maillard, que ocorre entre os açúcares redutores e o grupo amino dos aminoácidos presentes, com a temperatura de aquecimento. Durante o assamento, são formados os compostos responsáveis pelo flavor (aroma) na crosta do pão e penetram no miolo. O pão fica com uma cor acastanhada devido a caramelização dos açúcares e à interação complexa entre a proteína e o amido (BRANDÃO & LIRA, 2011).

A avaliação das cores da farinha por meio das medidas dos parâmetros de Luminosidade (*) e coordenadas de cromaticidade a (*) e b (*) mostrou que as farinhas de cogumelos apresentam tendência mais escura em relação a farinha de trigo (Tabela 7). Os valores para L (*) foram em média de 76,55 para as farinhas de cogumelos versus 91,36 para a farinha de trigo. Neste sistema, L (*) indica a luminosidade variando de 0 (preto) a 100 (branco) mostrando de fato que a farinha de trigo apresentou-se mais branca do que as farinhas de cogumelo, como é de se esperar. A legislação brasileira estabelece que a farinha de trigo deve apresentar cor branca, com tons leves de amarelo, marrom ou cinza, conforme o trigo de origem (BRASIL, 2005). Os resultados de L (*) para colorimetria podem estar relacionados com o teor de cinzas que apresentaram valores maiores para as farinhas de cogumelo como mostra nas tabelas 4 e 5, devido ao fato dos cogumelos possuírem grande quantidade de minerais (PAULY et al, 2011).

Tabela 7. Propriedades de cor das farinhas FCS, FCE e FT.

Parâmetros	FCS	FCE	FT
L (*)	77,27 ± 1,11	75,82 ± 0,13	91,36 ± 0,47
a (*)	4,28 ± 2,62	4,39 ± 0,25	0,63 ± 0,42
b (*)	19,52 ± 1,06	21,41 ± 0,42	9,58 ± 0,10

Legenda: Valores expressos em média ± desvio-padrão (n=3). (*) Parâmetro adimensional. FCS: farinha do cogumelo shitake; FCE: farinha do cogumelo eryngii; FT: farinha de trigo.

Os parâmetros de cromaticidade a^* e b^* indicam as direções que a cor pode assumir ($+a^*$ = vermelho e $-a^*$ = verde; $+b^*$ = amarelo e $-b^*$ = azul). As farinhas de cogumelos apresentaram valores médios em torno de 4,33 para a^* que indica maior tendência vermelha e 20,47 para b^* indicando uma maior tendência ao amarelo. Geralmente considera-se uma farinha branca a que apresentar valor de L^* próxima ou superior a 93, de a^* próximo a zero ou negativo e de b^* próximo ou inferior a oito (ORTOLAN, HECKTHEUER & MIRANDA, 2008).

Comparando os valores de Luminosidade (L^*) e coordenadas de cromaticidade a^* e b^* , com os obtidos em um estudo com farinha de trigo e farinha de shitake (LIN et al, 2008) observou-se um comportamento semelhante ao obtido neste estudo. Ou seja, as farinhas de cogumelo apresentaram uma coloração mais escura do que a farinha de trigo, que pode estar relacionada com os pigmentos naturais presentes nos cogumelos comestíveis.

5.2 Caracterização físico-química e composição centesimal dos pães

Com relação ao teor de água tanto os pães formulados com FCS, quanto os formulados com FCE apresentaram um aumento significativo da umidade ($p \leq 0,05$) com o aumento da porcentagem de substituição, essa relação foi bem explicada utilizando-se o modelo quadrático (Tabela 8).

Tabela 8. Modelo matemático ajustado para representação da variação do teor de água com as variáveis em estudo.

Amostras	Modelo	Probabilidade	R ²
Pão com FCS	$Y = 0,4041X_1 + 4,4703X_2 - 0,05X_1X_2$	<0,0001	0,6544
Pão com FCE	$Y = 0,4066X_1 + 4,9417X_2 - 0,0556X_1X_2$	0,0016	0,8896

X_1 : concentração da farinha de trigo (%), no qual $0 \leq X_2 \leq 20$. X_2 : concentração da farinha de cogumelo (%), no qual $80 \leq X_1 \leq 100$. R²: coeficiente de determinação.

O aumento da adição das farinhas de cogumelo (FCS e FCE) provocou um aumento no teor de água a partir dos pontos de mínimo de 12,41% e 15,07% para os pães com FCS e FCE, respectivamente. Alguns estudos também apresentaram essa relação de aumento no teor de umidade com aumento do percentual de substituição da farinha de trigo por farinhas de outras fontes. Foram obtidos valores de 31,26% a 36,61% de umidade em formulações de pão com substituição pela farinha de soja (VASCONCELOS et al., 2006). Formulações de pão com concentrações de 0, 10 e 15% de substituição pela farinha integral de linhaça apresentaram umidade de 30,99% a 34,03% (BORGES et al., 2011). É importante ressaltar que o açúcar possui uma propriedade higroscópica, pois apresenta a capacidade de absorver água do ambiente. A fibra bruta é composta principalmente por celulose com pequenas partes

de lignina e hemicelulose, as quais possuem grupos polares (oxigênio entre carbonos) e a hidroxila em sua composição, que interagem com a água por meio de ligações de hidrogênio aumentando a capacidade da molécula de absorver a umidade. Portanto, como observado neste estudo, o maior conteúdo de açúcares e fibras nas farinhas de cogumelo resultou em um aumento da umidade dos pães.

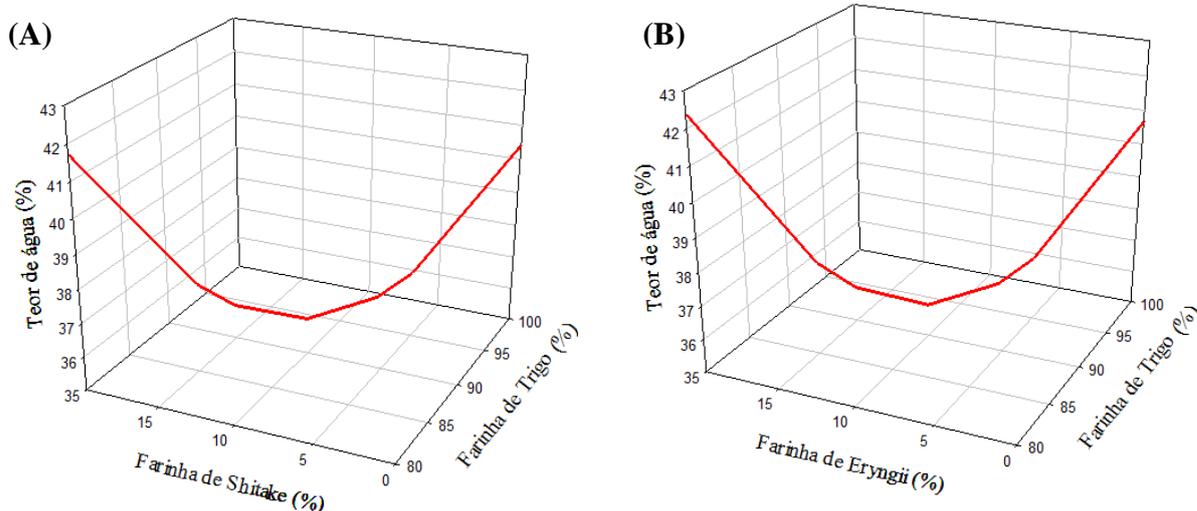


Figura 5. Gráfico do modelo matemático para teor de água (%): (A) Pão com FCS (%); (B) Pão com FCE (%).

Nenhum dos modelos matemáticos testados foi significativo para explicar o comportamento dos teores de atividade de água (A_w), proteínas totais, cinzas totais, lipídios totais e fibra bruta nos pães, com a variação das concentrações de farinha de trigo (X_1) e farinha de cogumelo (X_2).

O teor de A_w constante pode ser utilizado a fim de confirmar o efeito da umidade. Apesar de ocorrer variação no teor de água, a atividade de água nos pães não foi afetada pois representa um parâmetro com propósito diferente. O teor de água é um fator importante para determinar a estabilidade, qualidade e composição dos alimentos, podendo afetar a estocagem, embalagem e processamento do alimento. Geralmente representa a proporção de água contida no alimento que pode encontrar-se livre ou presente na superfície externa do alimento, facilmente evaporada e ligada, encontrada no interior do alimento sem combinar-se quimicamente com o mesmo. No entanto, a atividade de água associa-se com água disponível para reagir com microrganismos e reações enzimáticas e mede a disponibilidade de água do alimento, correspondendo à umidade relativa de equilíbrio na qual o alimento não perde e nem ganha água para o ambiente (FELLOWS, 2006; IAL, 2008).

Desta forma, os valores médios para todas as formulações (0 a 20% de substituição de FT por farinha de cogumelo) de cada um destes parâmetros encontram-se apresentados na Tabela 9.

Tabela 9. Valores médios dos parâmetros atividade de água, proteínas totais, cinzas totais, lipídios totais e fibra bruta das formulações dos pães com FCS e FCE e apenas FT (pão padrão).

Parâmetros	Pão padrão	Pães com FCS	Pães com FCE
Atividade de água (*)	0,936 ± 0,017	0,921 ± 0,014	0,909 ± 0,029
Proteínas totais (%)	9,83 ± 0,79	10,15 ± 0,49	11,42 ± 1,12
Cinzas totais (%)	0,73 ± 0,40	1,67 ± 0,52	1,45 ± 0,47
Lipídios totais (%)	1,66 ± 0,09	1,82 ± 0,13	1,94 ± 0,13
Fibra bruta (%)	0,54 ± 0,03	0,81 ± 0,16	0,72 ± 0,12

Legenda: Valores expressos em média ± desvio-padrão. FCS: farinha do cogumelo shitake; FCE: farinha do cogumelo eryngii; FT: farinha de trigo. (*) Parâmetro adimensional.

Apesar do aumento na concentração de farinha de cogumelo em substituição à farinha de trigo, o teor de proteínas não sofreu alteração nas formulações de pão, possivelmente devido a ocorrência da reação de Maillard. O teor de lipídios também permaneceu constante pois participam da interação entre o amido e as proteínas, e também das proteínas entre si, gliadinas e gluteninas (BENNION, 1970).

Apenas os pães formulados com FCS apresentaram um modelo matemático capaz de explicar a relação entre a variação dos teores de açúcar redutor com a variação das concentrações de farinha de trigo (X_1) e farinha de cogumelo (X_2) (Tabela 10). O teor médio obtido de açúcar redutor foi de 47,99% para os pães formulados com FCE (Anexo 1).

Tabela 10. Modelo matemático ajustado para representação da variação do teor de açúcar redutor com as variáveis em estudo.

Amostras	Modelo	Probabilidade	R ²
Pão com FCS	$Y = 0,3068X_1 + 2,0843X_2$	<0,0001	0,6161

X_1 : concentração da farinha de trigo (%), no qual $0 \leq X_2 \leq 20$. X_2 : concentração da farinha de cogumelo (%), no qual $80 \leq X_1 \leq 100$. R²: coeficiente de determinação.

Analisando a Figura 6 observou-se que o aumento da concentração de FCS no pão de forma resultou em um aumento no teor de açúcar redutor do mesmo. Tal comportamento pode ser justificado com a diferença no teor de açúcar redutor de 50,20% para a FCS e 14,56% para a FT (Tabela 6 – página 41).

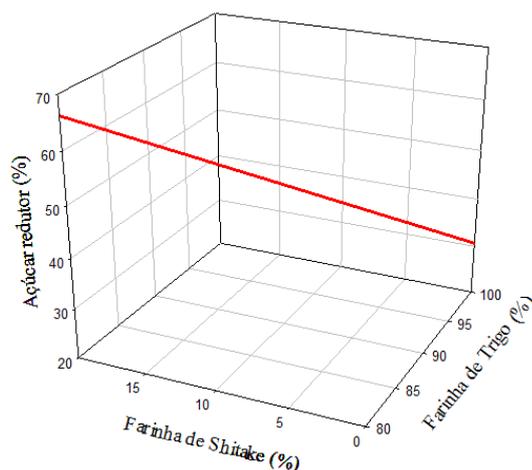


Figura 6. Gráfico do modelo matemático para Açúcar redutor (%) das formulações de pão com FCS.

5.3 Avaliação física dos pães de forma

5.3.1 Volume específico

Os valores médios encontrados variaram de 2,71 a 1,43 cm³/g para os pães elaborados com FCS e, de 3,12 a 1,78 cm³/g para os pães elaborados com FCE, que foram menores do que o volume específico da formulação padrão (F1) de 4,18 cm³/g (Anexo 2).

Os valores obtidos para a formulação de pão de forma sem adição da farinha de cogumelo (F1) foram similares aos encontrados por Tseng e colaboradores (2010) de 4,02 cm³/g. A farinha de cogumelo possui uma maior capacidade de absorção de água do que a farinha de trigo, devido à presença de fibras e teor elevado de cinzas.

O modelo ajustado que melhor explicou a variação do volume específico dos pães de forma em relação a variação dos níveis de mistura entre farinha de trigo (X₁) e farinha de cogumelo (X₂), foi o linear para ambas as farinhas (FCS e FCE) (Tabela 11).

Tabela 11. Modelo matemático ajustado para representação da variação do teor de volume específico (cm³ g⁻¹) com as variáveis em estudo.

Amostras	Modelo	Probabilidade	R ²
Pão com FCS	$Y = 0,0394X_1 - 0,0989X_2$	0,0016	0,8432
Pão com FCE	$Y = 0,0408X_1 - 0,0903X_2$	0,0359	0,8804

X₁: concentração da farinha de trigo (%), no qual $0 \leq X_2 \leq 20$. X₂: concentração da farinha de cogumelo (%), no qual $80 \leq X_1 \leq 100$. R²: coeficiente de determinação.

Analisando os modelos ajustados, pôde-se observar que o aumento no percentual de substituição da farinha de trigo pelas farinhas dos cogumelos (FCS e FCE) resultou numa diminuição do volume específico dos pães de forma. A adição de outros tipos de farinha que não seja a de trigo tem ação deletéria sobre a massa, ocasionando a redução do volume

(ESTELLER, 2004). Alguns compostos presentes nas farinhas de cogumelo podem estar associados com esse comportamento. A fibra bruta, por exemplo, é composta por materiais não digeríveis pelo organismo humano e animal, insolúvel em ácido e base. Consiste de celulose, com pequenas quantidades de lignina e hemicelulose. A adição de fibras nos pães é responsável pela ocorrência de alguns efeitos como, por exemplo, a redução de volume, alterações de coloração, modificação de sabor, aumento da absorção de água e menor tolerância à fermentação (TACO, 2006). Além disso, o teor elevado de cinzas interfere diretamente na formação da rede de glúten e, conseqüentemente, no volume. O volume do pão é um parâmetro considerado de grande importância para a aceitação pelos consumidores, pois pães com maiores volumes são geralmente mais preferidos.

O comprometimento dessa estrutura é capaz de alterar as propriedades viscoelásticas da massa, formando uma estrutura com baixa capacidade de se expandir e reter os gases formados na fermentação e no forneamento, resultando assim em pães de menores volumes (HU et al., 2009; SVEC & HRUSKOVA, 2010; MORRIS & MORRIS, 2012).

A Figura 7 mostra as superfícies de resposta para o volume específico, geradas pelos modelos propostos.

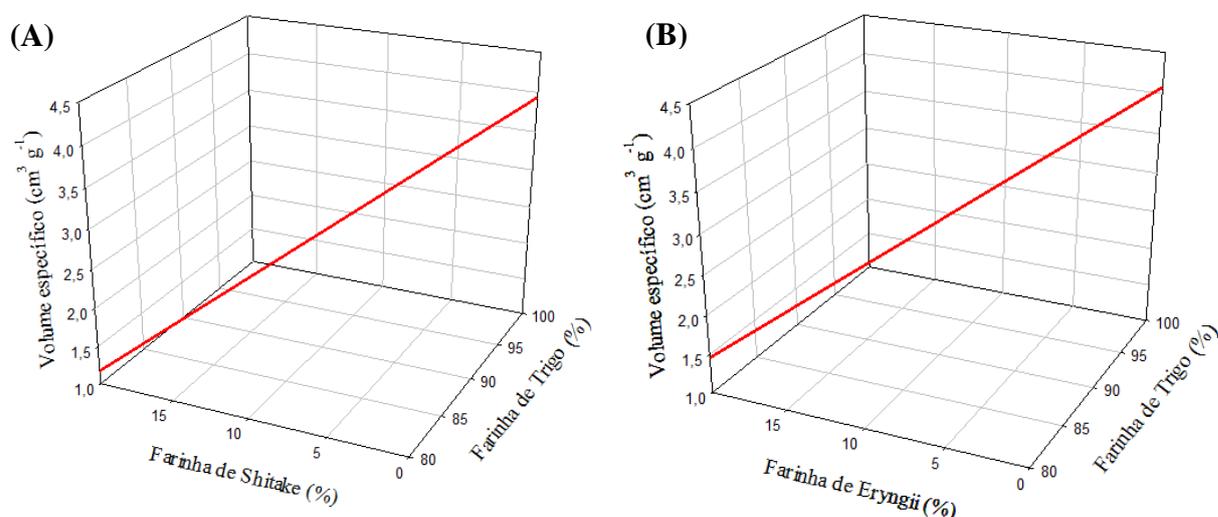


Figura 7. Gráficos dos modelos matemáticos para volume específico (cm³ g⁻¹): (A) Farinha de Shitake (%); (B) Farinha de Eryngii (%).

5.3.2 Cor do miolo

Os valores médios obtidos da Luminosidade (L*) e das coordenadas de cromaticidade (a* e b*) do miolo do pão de forma padrão (F1) e dos pães elaborados com FCS e FCE estão representados no Anexo 2.

Os dados obtidos para os parâmetros foram submetidos à análise de regressão, sendo ajustado o modelo linear para o parâmetro Luminosidade (L^*) e o modelo quadrático para a coordenada de cromaticidade (a^*) para os pães com FCS e, o modelo linear para L^* e a^* para os pães com FCE. Estes modelos indicam a variação destes dois parâmetros de cromaticidade frente aos diferentes níveis de mistura entre a farinha de trigo (X_1) e de cogumelo (X_2), conforme modelos matemáticos apresentados na Tabela 12.

Apenas a Luminosidade (L^*) e a coordenada de cromaticidade a^* sofreram variação com relação aos valores de X_1 (concentração de farinha de trigo) e X_2 (concentração de farinha de cogumelo) tanto nos pães formulados com FCS quanto nos formulados com FCE ($p \leq 0,05$). Para os dados obtidos para o parâmetro de cromaticidade b^* não foi significativo ($p > 0,05$) o ajuste de modelo matemático. Assim, o comportamento do parâmetro b^* em relação à variável da mistura $X_1.X_2$ permaneceu constante.

Tabela 12. Modelo matemático para representação da variação dos parâmetros de Luminosidade (L^*) e coordenada de cromaticidade (a^*), com as variáveis em estudo e coeficiente de determinação.

Pão com FCS	Modelo	Probabilidade	R ²
L^*	$Y = 0,6823X_1 - 0,4040X_2$	<0,0001	0,8086
a^*	$Y = 0,0156X_1 - 1,0553X_2 + 0,0144X_1X_2$	<0,0001	0,9619
Pão com FCE			
L^*	$Y = 0,6933X_1 - 0,4906X_2$	0,0004	0,9433
a^*	$Y = 0,0219X_1 + 0,1354X_2$	0,0264	0,7175

(*) Parâmetro adimensional. X_1 : concentração da farinha de trigo (%), no qual $0 \leq X_2 \leq 20$. X_2 : concentração da farinha de cogumelo (%), no qual $80 \leq X_1 \leq 100$. R²: coeficiente de determinação.

Ao analisar os modelos matemáticos obtidos pode-se afirmar que à medida que se aumentou a concentração de farinha de cogumelo (X_2) e diminuiu a concentração de farinha de trigo (X_1), houve uma maior tendência ao vermelho, provavelmente devido à cor mais escura das farinhas de cogumelo, como visto na Tabela 7 (página 43), o que acabou interferindo na cor dos pães (Figura 6). Geralmente a preferência do consumidor é por pães com miolo com tendência ao branco, no entanto, a cor obtida nos pães contendo farinha de cogumelo se aproxima da cor dos produtos integrais, que se associa com a ideia de um produto saudável (BORGES et al., 2011).

Os valores do parâmetro a^* nas farinhas de cogumelo (Tabela 7 – página 43) são maiores que da farinha de trigo, mas é importante ressaltar que talvez a presença de melanoidinas provenientes da Reação de Maillard entre açúcar redutor e proteínas dos cogumelos pode ter evidenciado a alteração significativa de cor nos pães com farinha de cogumelo. Exemplo, um aumento de 39,8% no valor do parâmetro de cromaticidade a^* no

pão com 13,3% de substituição de farinha de trigo por farinha de cogumelo e, 51% de acréscimo no mesmo parâmetro de cor para o pão com 20% de substituição de farinha de trigo por farinha de cogumelo eryngii.

(A)



(B)



(C)



Figura 8. Imagens das fatias de pães de forma elaborados com farinha de trigo (FT) e farinha dos cogumelos shitake (FCS) e eryngii (FCE), em diferentes níveis de substituição. (A) formulação padrão (F1); (B) pães formulados com FCS (F2 a F7); (C) pães formulados com FCE (F2 a F7).

Os valores médios encontrados para o parâmetro (L^*) no presente estudo foram semelhantes ao encontrado por Ulziijargal e colaboradores (2013) para a formulação de pão padrão e formulações contendo 5% de substituição de farinhas de diferentes tipos de cogumelos.

A cor do pão pode estar associada com os ingredientes utilizados na formulação e com as condições de cozimento da massa, e caracteriza-se como um fator muito importante para a comercialização do produto (SILVA et al., 2009).

A formulação de pão com farinha de trigo (F1) apresentou maior valor de Luminosidade (L^*) quando comparada às formulações contendo a farinha do cogumelo shitake (FCS). A diminuição da Luminosidade (L^*) com a adição das farinhas de cogumelos pode estar relacionada com a ocorrência da reação de Maillard, visto que os açúcares redutores e proteínas são uns dos principais constituintes nutricionais encontrados nos cogumelos comestíveis (CHANG & MILES, 1989; CHEUNG, 1997; MANZI, PIZZOFERRATO & AGUZZI, 2001; YANG, LIN & MAU, 2001; FURLANI & GODOY, 2007). Assim como dos pigmentos naturalmente encontrados na farinha de cogumelo que não encontra correspondência na farinha de trigo.

A Figura 9 mostra as superfícies de resposta para a Luminosidade (L^*) e coordenada de cromaticidade (a^*), geradas pelos modelos propostos, considerando-se os pontos médios de concentração da farinha de trigo e concentração das farinhas de cogumelo.

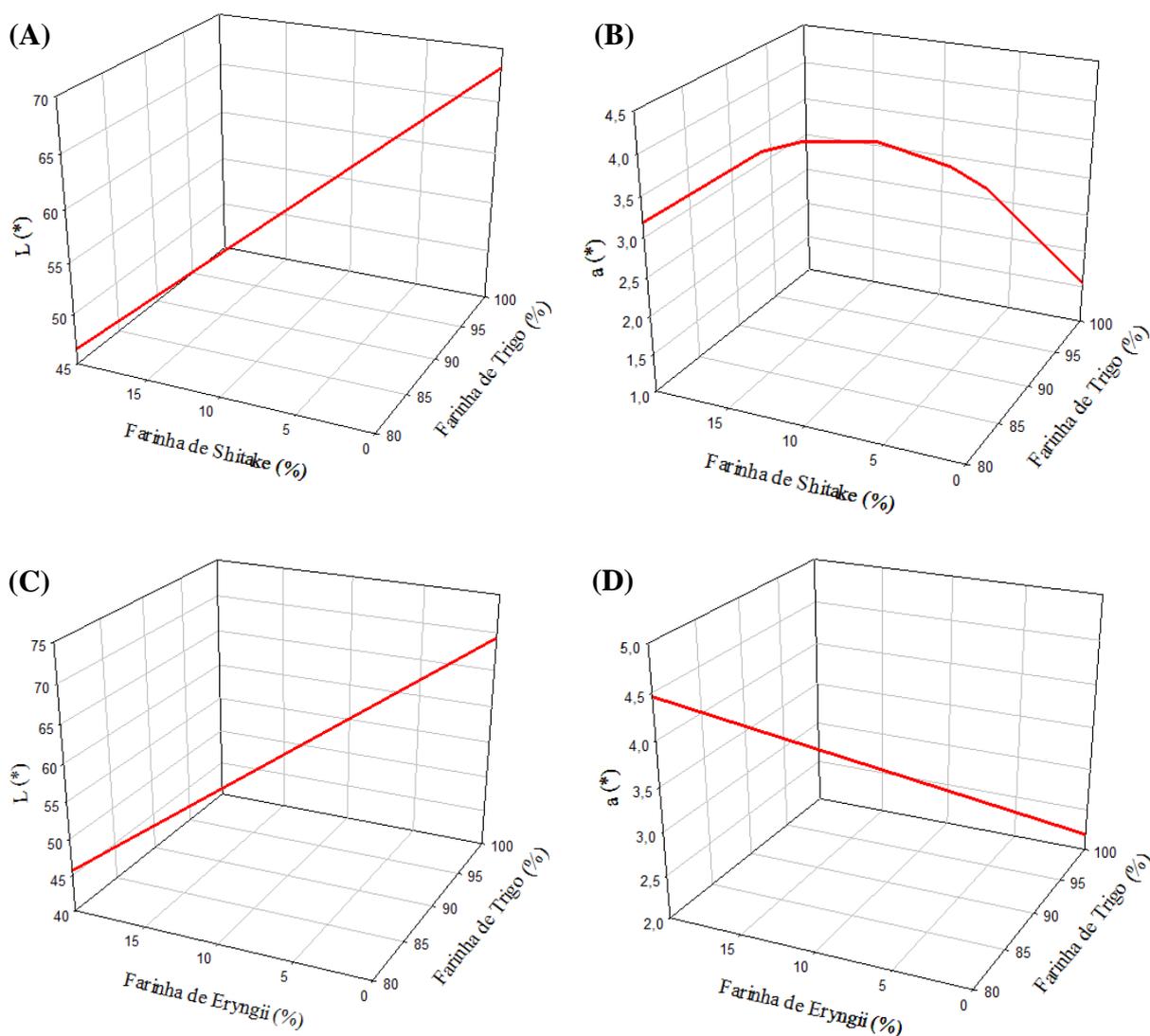


Figura 9. Gráficos dos modelos matemáticos para cor do miolo dos pães de forma com FCS e FCE: (A e C) Luminosidade (L^*); (B e D) coordenada de cromaticidade (a^*).

5.3.3 Análise do Perfil de Textura Instrumental (TPA)

Os dados obtidos para os parâmetros instrumentais de textura Dureza TPA, Elasticidade TPA, Coesividade TPA e Mastigabilidade TPA (Anexo 3) foram submetidos à análise de regressão, sendo ajustado um modelo matemático para cada variável analisada para explicar a variação das mesmas sob o efeito dos diferentes níveis de mistura entre farinha de trigo (X_1) e farinha de cogumelo (X_2). Os modelos ajustados estão apresentados na Tabela 13.

Tabela 13. Modelo matemático para representação da variação dos parâmetros dureza TPA, elasticidade TPA e mastigabilidade TPA com as variáveis em estudo e coeficiente de determinação.

Pão com FCS	Modelo	Probabilidade	R²
Dureza (N)	$Y = 0,0856X_1 - 21,5024X_2 + 0,2872 X_1X_2$	<0,0001	0,9289
Elasticidade (*)	$Y = 0,0083X_1 + 0,0015X_2$	0,0082	0,7707
Mastigabilidade (N)	$Y = 0,0445X_1 - 5,6786X_2 + 0,0770X_1X_2$	0,0005	0,8704
Pão com FCE			
Dureza (N)	$Y = 0,1395X_1 + 1,7402X_2$	<0,0001	0,7203

X₁: concentração da farinha de trigo (%), no qual $0 \leq X_2 \leq 20$. X₂: concentração da farinha de cogumelo (%), no qual $80 \leq X_1 \leq 100$. (N) = Newton; (*) Parâmetro adimensional. R²: coeficiente de determinação.

Com relação à dureza TPA foi ajustado o modelo quadrático que explicou a variação deste parâmetro em relação às concentrações de farinha de trigo (X₁) e farinha de cogumelo (X₂), tanto nos pães com FCS quanto nos pães com FCE. A formulação padrão (F1) apresentou menor valor (5,22 N) em relação às formulações F5 (13,3%) dos pães com FCS (52,44 N) e FCE (45,06 N) (Anexo 3).

A dureza é um parâmetro que se correlaciona com a mastigação humana. Pode ser classificada como um índice de qualidade do pão podendo sofrer alterações durante o armazenamento devido a alguns fatores como, por exemplo, qualidade da farinha, teor de açúcar, gorduras, melhoradores de farinha, umidade da massa, tempo de fabricação e conservação (SPICES, 1990; ROUDAUT et al., 2002; LUYTEN, PLIJTER & VAN VLIET, 2004; ESTELLER & LANES, 2005). Pães com altos teores de fibra, como os pães formulados com farinha de cogumelo, possuem geralmente uma textura mais firme, ficando evidenciado nesse estudo devido ao aumento da dureza nos pães contendo as farinhas de cogumelo (ALPASLAN & HAYTA, 2006; OLIVEIRA, PIROZI & BORGES, 2007).

Com relação à elasticidade TPA, o modelo matemático ajustado foi o quadrático para os pães com FCS (Tabela 13). Os valores médios encontrados variaram de 0,867 a 0,701 nas formulações de pão de forma padrão (F1) e pão com 20% (F7) de FCS, respectivamente. Já os valores obtidos para os pães com FCE permaneceram constantes com a variação dos níveis de substituição da farinha de trigo pela FCE (Anexo 3).

A elasticidade está associada com o frescor do produto e maiores valores são desejados. Observou-se que as formulações com adição da farinha de shitake apresentaram menores valores de elasticidade quando comparadas com a formulação de pão padrão, que pode ser evidenciado pela diminuição das proteínas formadoras do glúten, a glutenina (responsável pela elasticidade) e gliadina (responsável pela extensibilidade) (TEDRUS et al., 2001). De acordo com El-Dash, Camargo e Diaz (1982) os principais ingredientes que conferem a elasticidade ao pão são a farinha de trigo, o sal e a água, assim como a adição de

alguns aditivos e ajuste em alguns fatores mecânicos como a velocidade e o tempo de mistura, obtendo-se um limite máximo de substituição da farinha de trigo sem muito prejuízo às propriedades da massa.

Não foi possível ajustar satisfatoriamente os dados de coesividade TPA em função de X_1 e X_2 , logo, este parâmetro manteve-se constante em todas as formulações. A diminuição da coesividade gera um esfarelamento na massa, o que não ocorreu nesse estudo (BITENCOURT et al., 2014).

A mastigabilidade TPA é obtida pelo produto da dureza TPA x coesividade TPA x elasticidade TPA, conseqüentemente, as formulações de pão de forma com maior dureza irão apresentar também maiores valores de mastigabilidade. O modelo matemático ajustado para prever a variação deste parâmetro em relação às concentrações de farinha de trigo (X_1) e farinha de cogumelo (X_2), nos pães com FCS foi o quadrático (Tabela 13). Os valores médios encontrados variaram de 2,960 N a 16,226 N nas formulações de pão de forma F1 e F5 de FCS, respectivamente. Já os valores obtidos para os pães com FCE permaneceram constantes com a variação dos níveis de substituição da farinha de trigo pela FCE (Anexo 3). Neste caso, o teor de açúcar redutor pode estar relacionado com este comportamento, visto que apenas as amostras de pão com FCE não variaram com os diferentes níveis de substituição. A força máxima avaliada para produtos de panificação é dependente da formulação (qualidade da farinha, quantidade de açúcares, gorduras, emulsificantes, enzimas, adição de glúten e melhoradores de farinha), umidade da massa e conservação (tempo de fabricação do produto e embalagem) (ESTELLER & LANNES, 2005).

As Figuras 10 e 11 mostram as superfícies de resposta para os parâmetros da Análise do Perfil de Textura (TPA), geradas pelos modelos propostos, considerando-se os pontos médios de concentração da farinha de trigo e concentração das farinhas de cogumelo.

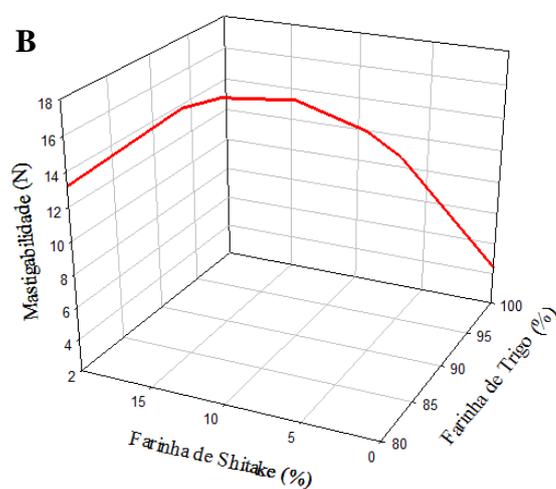
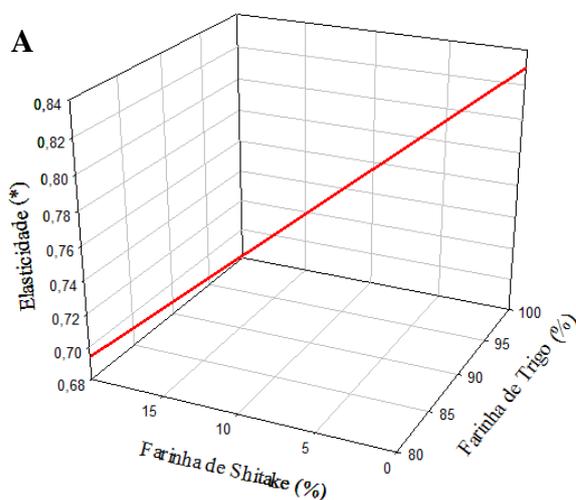


Figura 10. Gráficos dos modelos matemáticos para os parâmetros Elasticidade (*) e Mastigabilidade (N) TPA das formulações de pão de forma com FCS.

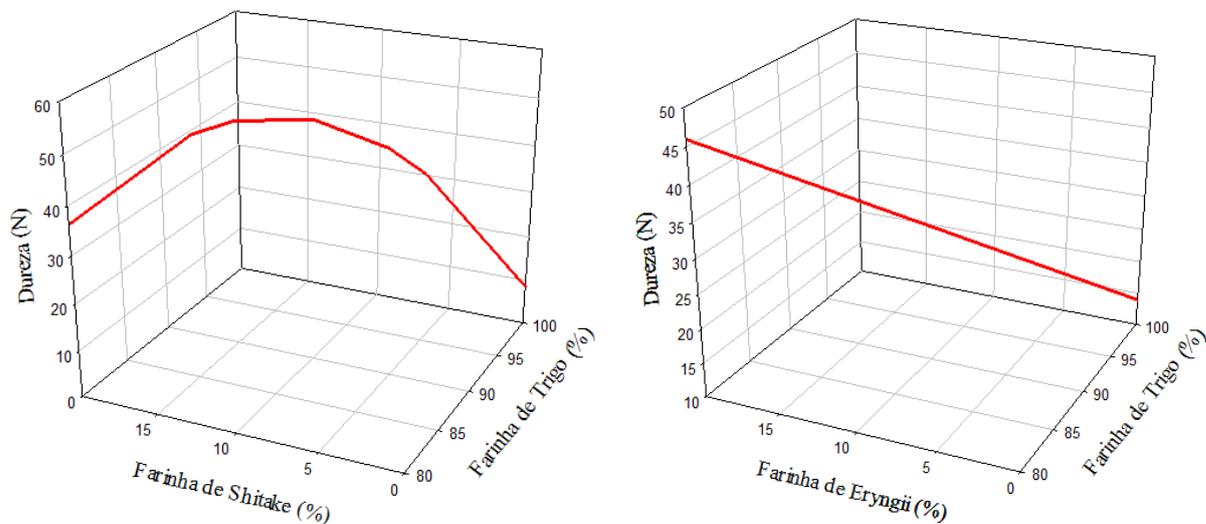


Figura 11. Gráfico do modelo matemático para o parâmetro Dureza (N) TPA das formulações de pão de forma.

5.4 Análise sensorial

5.4.1 Perfil dos provadores

Participaram da análise sensorial provadores com idade entre 18 a 41 anos. O primeiro bloco da análise sensorial (pães formulados com FCE) foi constituído por 74,58% dos provadores do sexo feminino, 75,86% possuíam entre 18 a 24 anos de idade, 20,69% entre 25 a 30 anos e 3,45% eram maiores de 30 anos. O segundo bloco (pães formulados com FCS) foi constituído por 65% dos provadores do sexo feminino, 78,79% possuíam entre 18 a 24 anos de idade, 15,16% entre 25 a 30 anos e 6,06% eram maiores de 30 anos (Figura 12).

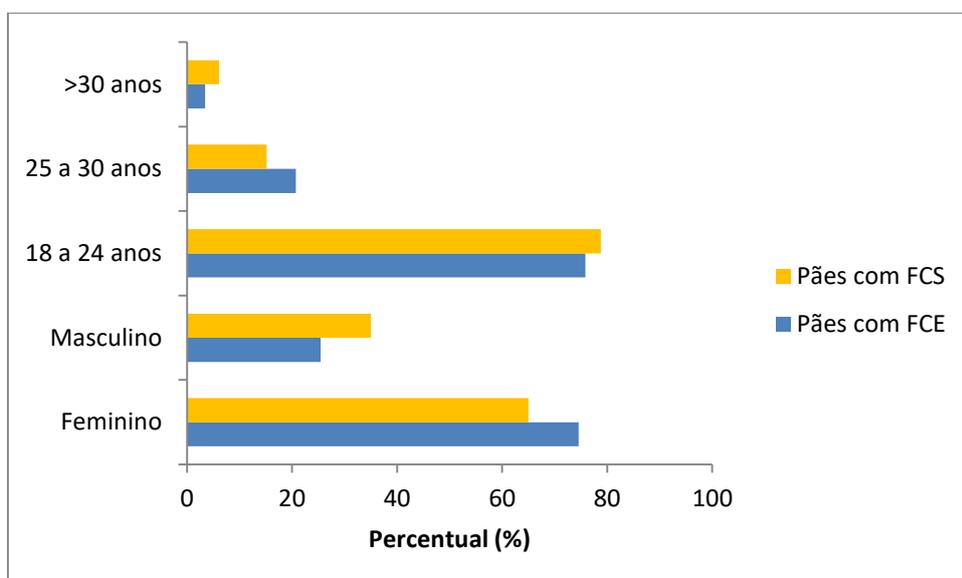


Figura 12. Perfil dos provadores dos pães formulados com FCS e FCE.

5.4.2 *Teste de Aceitação*

Os escores médios obtidos na análise de aceitação para todos os atributos avaliados (aparência, sabor, textura e impressão global) dos pães com diferentes percentuais de substituição da farinha de trigo (FT) por FCS e FCE, estão apresentados no Anexo 4.

A formulação padrão (0%) apresentou maiores escores médios de aceitação em relação aos atributos avaliados, situado na escala de “gostei moderadamente”. A formulação de 20% de substituição utilizando-se as duas farinhas de cogumelo (FCS e FCE) apresentou os menores escores, ficando entre os termos sensoriais “indiferente” e “desgostei ligeiramente”, para o atributo sabor. Os demais atributos apresentaram notas variando entre os termos “gostei moderadamente” e “indiferente”. Os pães de forma produzidos com farinha das diferentes espécies de cogumelos apresentaram escore de aceitação “gostei ligeiramente” até o nível de substituição de 10% (Figuras 13 e 14).

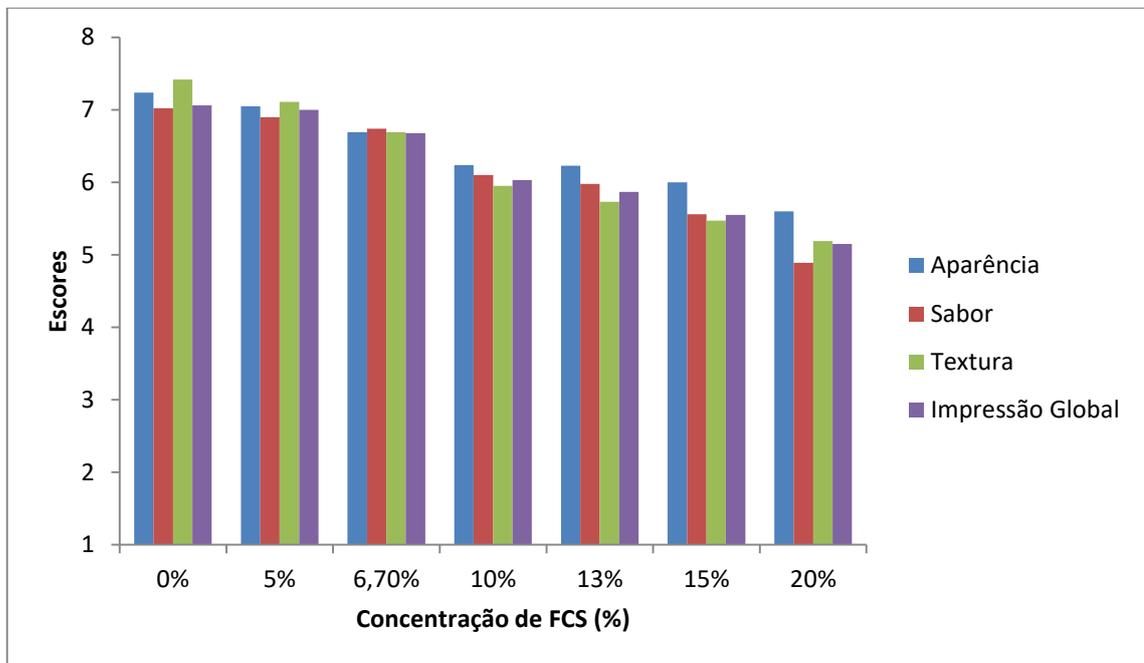


Figura 13. Escores médios dos atributos aparência, sabor, textura e impressão global das formulações dos pães com FCS.

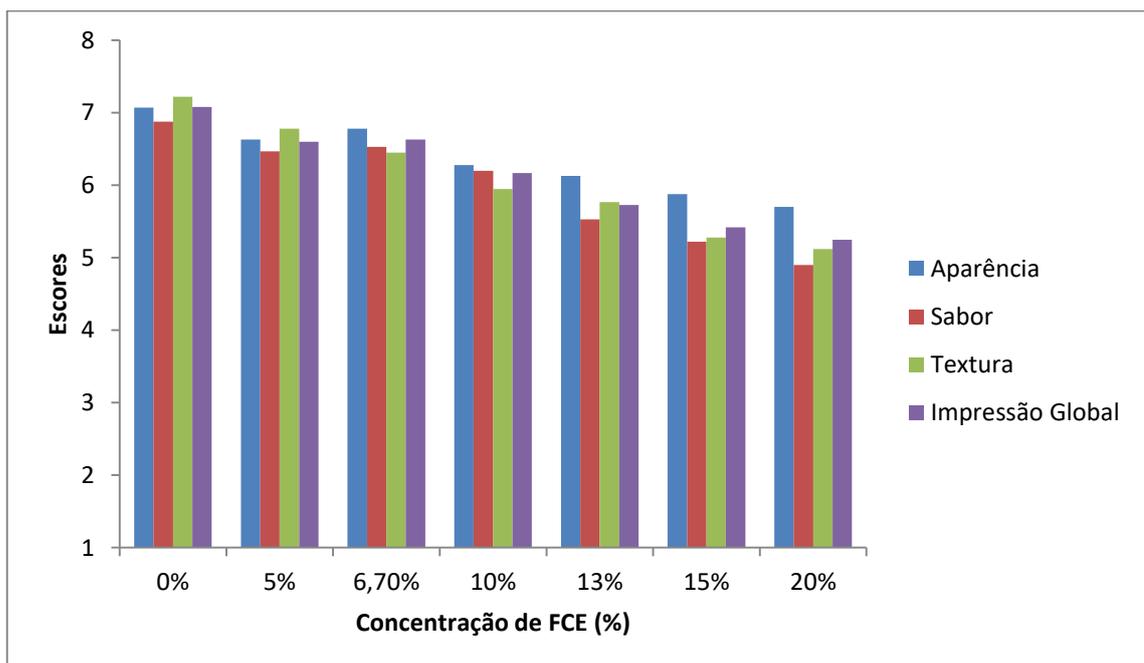


Figura 14. Escores médios dos atributos aparência, sabor, textura, e impressão global das formulações dos pães com FCE.

As notas obtidas para os pães com FCE, apresentaram diferença estatística significativa ($p \leq 0,05$) com relação a todos os atributos. A Tabela 14 apresenta o modelo ajustado bem como o coeficiente de determinação, evidenciando uma tendência de

decréscimo linear do nível de aceitação, com o aumento da concentração de farinha de cogumelo comestível para todos os atributos analisados.

Tabela 14. Modelo matemático com significância e coeficiente de determinação para pães com FCS.

Atributo	Modelo	Probabilidade	R ²
Aparência	$y = 7,2905 - 8,55x$	<0,0001	0,9611
Sabor	$y = 7,2922 - 11,217x$	<0,0001	0,9412
Textura	$y = 7,4626 - 12,391x$	<0,0001	0,9494
IG	$y = 7,2624 - 10,712x$	<0,0001	0,9483

x: concentração da FCS (%).

As notas obtidas para os pães com FCE, apresentaram diferença estatística significativa ($p \leq 0,05$) com relação a todos os atributos (Tabela 15). O modelo linear foi capaz de explicar a relação entre o aumento da concentração da FCE com as notas dadas pelos julgadores para todos os atributos, ou seja, o aumento da concentração de FCE nos pães causou um decréscimo na aceitação dos pães pelos julgadores.

Tabela 15. Modelos matemáticos com significância e coeficiente de determinação para pães com FCE.

Atributo	Modelo	Probabilidade	R ²
Aparência	$y = 7,0745 - 7,1976x$	<0,0001	0,9557
Sabor	$y = 7,043 - 10,811x$	<0,0001	0,9472
Textura	$y = 7,2126 - 11,316x$	<0,0001	0,9664
IG	$y = 7,1277 - 10,015x$	<0,0001	0,9651

x: concentração da FCE (%).

5.5 Determinação da atividade antibacteriana

A atividade antibiótica dos extratos hexânicos dos cogumelos shitake e eryngii e a determinação da atividade bactericida/bacteriostática foram avaliadas, com todos os extratos apresentando capacidade bacteriostática frente às seis cepas de bactérias patogênicas testadas, conforme valores de CIM apresentados na Tabela 16.

Tabela 16. Valores de CIM dos extratos hexânicos dos cogumelos shitake e eryngii frente às bactérias patogênicas.

Microrganismo	Extrato de shitake	Extrato de eryngii
<i>E. faecalis</i>	1,25 mg/ml	2,50 mg/ml
<i>S. aureus</i> (Sa43)	1,25 mg/ml	2,50 mg/ml
<i>S. aureus</i> (Sa25)	1,25 mg/ml	2,50 mg/ml

<i>P. aeruginosa</i>	1,25 mg/ml	1,25 mg/ml
<i>E. cloacae</i>	0,15 mg/ml	2,50 mg/ml
<i>P. vulgaris</i>	0,30 mg/ml	2,50 mg/ml

A capacidade bacteriostática dos extratos foi observada ao inocular material dos poços com inibição de crescimento dos microrganismos e constatar crescimento após 48h de incubação, o que caracteriza efeito bacteriostático dos extratos e não bactericida.

O extrato hexânico do cogumelo shitake apresentou seus melhores resultados frente às bactérias *E. cloacae* e *P. vulgaris* com CIM de 0,15 e 0,30 mg/mL, respectivamente. O extrato do cogumelo *eryngii* apresentou pouca variação em seus resultados com CIM 2,5 mg/ml frente a todas as bactérias testadas com exceção da *P. aeruginosa* (CIM = 1,25 mg/mL), conforme descrito acima.

Os resultados obtidos nos testes com as formulações de pães contendo farinha do cogumelo shitake (FCS) e *eryngii* (FCE) e do pão sem farinha de cogumelo (F1) revelaram atividade bacteriostática frente todos os microrganismos com variação da concentração, conforme resultados apresentados na Tabela 17.

Tabela 17. Valores de CIM dos extratos dos pães com adição de shitake e *eryngii* e do pão padrão frente às bactérias patogênicas.

Microrganismo	E.P20S	E.P20E	E.PP
<i>E. faecalis</i>	2,50 mg/mL	5,0 mg/mL	2,5 mg/mL
<i>S. aureus</i> (Sa43)	2,50 mg/mL	5,0 mg/mL	2,5 mg/mL
<i>S. aureus</i> (Sa25)	2,50 mg/mL	5,0 mg/mL	2,5 mg/mL
<i>P. aeruginosa</i>	2,50 mg/mL	2,5 mg/mL	2,5 mg/mL
<i>E. cloacae</i>	1,25 mg/mL	2,5 mg/mL	5,0 mg/mL
<i>P. vulgaris</i>	2,50 mg/mL	2,5 mg/mL	5,0 mg/mL

Legenda: E.P20S – Extrato do pão de forma com 20% de farinha de shitake; E.P20E – Extrato do pão de forma com 20% de farinha de *eryngii*; E.PP – Extrato do pão de forma padrão.

Foi possível observar capacidade bacteriostática nos extratos das formulações de pães com e sem farinha de cogumelo. Esperava-se que o extrato hexânico do pão padrão (E.PP) não apresentasse capacidade inibitória de crescimento para as bactérias patogênicas testadas uma vez que não apresentava em sua formulação a presença do cogumelo comestível. No entanto, a formulação de pão de forma padrão pode apresentar outra substância antimicrobiana como, por exemplo, o ácido ascórbico presente no reforçador.

O menor valor de CIM observado nos extratos hexânicos dos cogumelos avaliados foi associado ao shitake na inibição do crescimento da *E. cloacae* (0,15 mg/mL), sendo mantida a

mesma relação para os extratos hexânicos dos pães testados, ou seja, menor valor de CIM para o extrato hexânico do pão com 20% de FCS na inibição da *E. cloacae* (1,25 mg/mL).

Porém resultados como os valores de CIM encontrados para os extratos da FCE e da formulação de pão padrão (F1) iguais deixam a dúvida se o fator cogumelo realmente está influenciando no poder inibitório de crescimento das cepas testadas. Assim, mais testes precisam ser adotados no sentido de comprovar o potencial inibitório de farinhas de cogumelos aplicados em formulações da área de panificação, como pães de forma.

Trabalhos com formulações de pães incluindo a farinha do shitake na literatura fazem menção a atividade antibiótica do mesmo. Vieira e colaboradores (2016) avaliaram a atividade antibiótica de duas formulações de pães com aplicação e sem aplicação de farinha de shitake e observaram inibição bacteriostática frente às bactérias *E. faecalis* e *S. aureus*. Foi observado um CIM de 1,25 mg/mL do extrato bruto do pão possuindo a FCS frente a uma cepa de *S. aureus* e o extrato do pão sem a adição da farinha (F1) não teve atividade antibiótica, evidenciando que a presença de substâncias oriundas do shitake na formulação teve interferência no resultado do teste.

6 CONCLUSÃO

As farinhas obtidas a partir dos cogumelos comestíveis shitake e eryngii podem ser consideradas como uma alternativa no enriquecimento de produtos alimentícios.

Em termos sensoriais, os pães com farinha de cogumelo comestível apresentaram-se viáveis devido ao nível de aceitação obtidos.

No entanto, em termos tecnológicos, a diminuição no volume específico gerou um aumento de dureza nos pães de forma produzidos com farinha de shitake e eryngii e, nos parâmetros de elasticidade e mastigabilidade nos pães de forma produzidos com farinha de shitake, mostrou que a farinha de cogumelo eryngii apresenta melhor aplicabilidade.

A redução da luminosidade (L^*) deixou os pães com farinha de cogumelo com um aspecto semelhante ao dos pães integrais, que pode ser considerado como um atrativo aos consumidores, assimilando-se à ideia de uma alimentação saudável.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALAM, N. et al. **Dietary effect of *Pleurotus eryngii* on biochemical function and histology in hypercholesterolemic rats.** Saudi Journal of Biological Sciences (2011) 18, 403–40.

ALPASLAN, M.; HAYTA, M. **The effects of flaxseed, soy and corn flours on the textural and sensory properties of a bakery product.** Journal of Food Quality, v.29, n.6, p.617-627, Dec. 2006.

AMARAL, A. C. C. do. et al. **Características físico-químicas e sensoriais de iogurte adicionado de micélio de cogumelo *Agaricus brasiliensis* produzido por cultivo submerso em bagaço de uva.** Revista da Universidade Vale do Rio Verde, Três Corações, v. 12, n. 2, p. 1050-1062, ago./dez. 2014.

AMERICAN ASSOCIATION OF CEREAL CHEMIST – AACC (2001). **Approved Methods of Analysis.** St Paul, M.N. USA.

AQUARONE, E. et al. **Biociologia Industrial: biociologia na produção de alimentos.** São Paulo: Edgard Blucher, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE PANIFICAÇÃO E CONFEITARIA – ABIP (2009). **Encarte Técnico: “A importância do Pão do Dia (Tipo Francês) para o segmento da Panificação no Brasil”.** Disponível em: <<http://www.abip.org.br/imagens/file/encarte6.pdf>> Acesso em: 22 de janeiro de 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE BISCOITOS, MASSAS ALIMENTÍCIAS E PÃES & BOLOS INDUSTRIALIZADOS (ABIMAPI) & NIELSEN (2015). **ABIMAPI registra crescimento de 11,5% do setor em 2014.** Disponível em: <<http://abimapi.com.br/noticias-eabimapi.php?i=MTIzNw>>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS DE BISCOITOS, MASSAS ALIMENTÍCIAS E PÃES & BOLOS INDUSTRIALIZADOS – ABIMAPI (2015). **Anuário ABIMAPI 2015.** Disponível em: <http://www.abimapi.com.br/cloud/ABIMAPI_ANUARIO_2015.pdf> Acesso em: 23 de janeiro de 2016.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS PRODUTORES DE COGUMELO (ANPC). **Cogumelos no Brasil.** Disponível em: <<http://www.anpc.org.br/index.php/cogumelos/cogumelos-no-brasil>>. Acesso em: 02 de julho de 2015.

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Crude Fiber Analysis in Feeds by Filter Bag Technique Ba 6a-05.** 2009

ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official Methods of Analysis.** 16. ed. Arlington: Washington, v. 1, 1995.

BALBI, M. et al. **Análise nutricional e perfil aminoacídico de cogumelos shiitake (*Lentinus edodes*, Agaricaceae).** Visão Acadêmica, Curitiba, v.14, n.4, Out. - Dez./2013.

BENASSI, V. T.; WATANABE, E. **Fundamentos da tecnologia de panificação.** Rio de Janeiro: EMBRAPA – CTAA, 1997. 60 p. (EMBRAPA – CTAA. Documentos; 21).

BENNION, E. B. **Fabricación de Pan**. Acribia: Zaragoza, 1970.

BITENCOURT, C. et al. **Elaboração de bolos enriquecidos com semente de abóbora: avaliação química, física e sensorial**. B. CEPPA, Curitiba, v. 32, n. 1, p. 19-32, 2014.

BLIGH, E. G.; DYER, W. J. **A rapid method of total lipid extraction and purification**. Canadian Journal of Biochemistry and Physiology, v.37, n.8, p.911-917, 1959.

BORGES, J. T. da S. et al. **Caracterização físico-química e sensorial de pão de sal enriquecido com farinha integral de linhaça**. B.CEPPA, Curitiba, v. 29, n. 1, p. 83-96, jan./jun. 2011.

BORTOLOZI, T. **Brasileiro compra pão de forma e vai menos a padaria**. São Paulo, SP. 27 abr. 2015. Disponível em: <<http://sbvc.com.br/1927272-brasileiro-compra-pao-de-forma-e-vai-manos-a-padaria/>>.

BOURNE, M. **Food Texture and Viscosity: Concept and Measurement**. 2ª. ed. San Diego: Academic Press, 2002. 427 p.

BRANDÃO, S. S.; LIRA, H. de L. **Tecnologia de panificação e confeitaria**. Recife: EDUFRRPE, 2011. 148 p.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução – CNNPA nº 12, de 1978**. Aprova as “Normas Técnicas Especiais Relativas a Alimentos (e Bebidas)”. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 24 jul. 1978.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução – RDC nº 90, de 18 de outubro de 2000**. Aprova o "Regulamento Técnico para Fixação de Identidade e Qualidade de Pão”. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 18 out. 2000.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA). **Resolução – RDC nº 272, de 22 de setembro de 2005**. Aprova o "Regulamento técnico para produtos de vegetais, produtos de frutas e cogumelos comestíveis”. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 22 set. 2005.

CARR, L. G. et al. **Physical, textural and sensory characteristics of 7-day frozen part-baked French bread**. LWT - Food Sci. Technol., 39 (2006), 540-547.

CARSON, L; SUN, X. S. **Creep-recovery of bread and correlation to sensory measurements of textural attributes**. Cereal Chemistry, vol. 78, n. 1, 101–104, 2001.

CAUVAIN, S. P. Breadmaking. In: **Cereal processing technology**. Boca raton: CRC Press, 2000. 248p. (Woodhead Publishing in Food Science and Technology, n.53).

CAUVAIN, S. P.; YOUNG, L. S. **Tecnologia da Panificação**. 2 Ed. São Paulo: Editora Manole, 2009. 418p.

CHANG, S. T. **World production of cultivated edible and medicinal mushrooms in 1997 with emphasis on *Lentinus edodes* (Berk.) Sing**. In China. International Journal of Medicinal Mushrooms, v.1, p. 291-300. 1999.

- CHANG, S. T.; MILES, P. G. **Edible mushrooms and their cultivation**. Florida: Boca Raton, 1989. p.189-223.
- CHANG, S. T.; MILES, P. G. **Mushrooms: Cultivation, nutritional value, medicinal effect, and environmental impact**. 2nd ed. CRC Press, Boca Raton, FL. 2004.
- CHEUNG, P. C. K. **Dietary fiber content and composition of some edible fungi determined by two methods of analysis**. Journal of Agricultural and Food Chemistry, Easton, v. 73, n. 2, p. 255-260. fev. 1997.
- CLSI. **Performance Standards for Antimicrobial Disk Susceptibility Tests**; Approved Standard—Eighth Edition. CLSI document M2-A8 (ISBN 1-56238-485-6). CLSI, 940 West Valley Road, Suite 1400, Wayne, Pennsylvania 19087-1898 USA, 2003.
- COSTA, M. G. et al. **Qualidade tecnológica de grãos e farinhas de trigo nacionais e importados**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v.28, n.1, p.220-225, 2008.
- DEOSTALE, Y. G.; LONGVAH, T. **Compositional and nutritional studies on edible wild mushroom from northeast India**. Food Chemistry. Great Britain, v. 63, n. 3, p. 331 – 334, 1998.
- EL-DASH, A. A; CAMARGO, C. O.; DIAZ, M. M. **Fundamentos da Tecnologia de Panificação**. Secretaria da Indústria e Comércio do Estado de São Paulo, 349p World, 1982.
- ESTELLER, M. S. **Fabricação de pães com reduzido teor calórico e modificações reológicas ocorridas durante o armazenamento**. 2004, 238p. Dissertação (Mestre em Tecnologia de Alimentos) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo (USP), São Paulo, 2004.
- 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, n.4, p.802-806, 2005.
- EVANGELISTA, J. **Tecnologia de alimentos**. 2. ed. [S.l.]: Atheneu, 1998. 652 p.
- FELLOWS, P. J. **Tecnologia de processamento de alimentos: princípios e práticas**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2006. 602p
- FENDRI, L. B. et al. **Wheat bread enrichment by pea and broad bean pods fibers: Effect on dough rheology and bread quality**. LWT - Food Science and Technology, 73 (2016), 584-591.
- FIGUEIRA, F. S. et al. **Pão sem glúten enriquecido com a microalga *Spirulina platensis***. Brazilian Journal of Food Technology, Campinas, v. 14, n. 4, p. 308-316, 2011.
- FINIMUNDY, T. C. et al. **Aqueous extracts of *Lentinula edodes* and *Pleurotus sajor-caju* exhibit high antioxidant capability and promising in vitro antitumor activity**. Nutrition Research 33 (2013) 76–84.
- FURLANI, R. P. Z.; GODOY, H. T. **Valor nutricional de cogumelos comestíveis: uma revisão**. Revista Instituto Adolfo Lutz, São Paulo, v. 64, n. 2, p. 149-154, 2005.

- FURLANI, R. P. Z.; GODOY, H. T. **Valor nutricional de cogumelos comestíveis.** Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 27(1): 154-157, jan.-mar. 2007.
- HEARST, R. et al. **An examination of antibacterial and antifungal properties of constituents of Shiitake (*Lentinula edodes*) and Oyster (*Pleurotus ostreatus*) mushrooms.** Complementary Therapies in Clinical Practice 15 (2009) 5–7.
- HEINEMANN, R. B. **Valor nutricional de farinha de trigo combinada com concentrado protéico de folha de mandioca.** Rev. Nutr., Campinas, 11(1): 51-57, jan./jun., 1998.
- HU, G. et al. **Effect of enrichment with hemicellulose from rice bran on chemical and functional properties of bread.** Food Chemistry, v.115, n.3, p.839-842, 2009.
- HUNTERLAB. **User's manual with universal software versions 3.5.** Reston: HunterLab, 1998.
- INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análises de alimentos.** 4. ed. São Paulo: IAL, 2008.
- JENSEN, S. et al. **Addition of cassava flours in bread-making: Sensory and textural evaluation.** LWT - Food Science and Technology, 60 (2015), 292-299.
- JEONG, Y. T. et al. **Antitumor and immunomodulating activities of endo-biopolymers obtained from a submerged culture of *Pleurotus eryngii*.** Food Science and Biotechnology, 19 (2010), 399–404.
- KAJISHIMA, S.; PUMAR, M.; GERMANI, R. **Elaboração de pão de sal com farinha enriquecida de sulfato de cálcio.** Bol. CEPPA, Curitiba, v. 19, n. 2, p. 157-168, 2001.
- KINSELLA, J. E. **Dietary n-3 polyunsaturated fatty acids and amelioration of cardiovascular disease: possible mechanisms.** Am. J. Clin. Nutr., 52: 1-28. 1990.
- LASSOUED, N. et al. **Baked product texture: correlations between instrumental and sensory characterization using Flash Profile.** Journal of Cereal Science, London, v. 48, n. 1, p. 133-143, 2008.
- LEMOS, F. M. da R. **Elaboração e caracterização de produto análogo a Hambúrguer de cogumelo *Agaricus brasiliensis*.** 2009. 147 f. Dissertação (Curso de Pós-graduação em Tecnologia de Alimentos), Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 2009.
- LIN, J-T. et al. **Chemical composition, antioxidant and anti-inflammatory properties for ethanolic extracts from *Pleurotus eryngii* fruiting bodies harvested at different time.** LWT - Food Science and Technology 55 (2014) 374-382.
- LIN, L-Y. et al. **Quality of shiitake stipe bread.** Journal of Food Processing and Preservation, 32 (2008) 1002–1015.
- LUYTEN, A.; PLIJTER, J.J.; VAN VLIET, T. **Crispy/crunchy crusts of cellular solid foods: A literature review with discussion.** Journal of Texture Studies, v.35, n.5, p.445-492, 2004.

- MA, G. et al. **Purification, characterization and antitumor activity of polysaccharides from *Pleurotus eryngii* residue.** Carbohydrate Polymers 114 (2014) 297–305.
- MAIA, L. R. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Julho de 2014. **Estudo do comportamento mecânico da muçarela de búfala obtida de massa fermentada congelada.** Itapetinga, BA: UESB, 2014. 58p. (Dissertação – Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos).
- MANZI, P.; PIZZOFERRATO, L.; AGUZZI, A. **Nutritional value of mushrooms widely consumed in Italy.** Food Chemistry, Oxford, v. 73, n. 3, p. 321-325, mai. 2001.
- MATZ, S. A. 1962. **“Food Texture,”** Avi, Westport, Connecticut.
- MAYSER, P. et al. **Omega-3 fatty acid-based lipid infusion in patients with chronic plaque psoriasis: results of a double-blind, randomized, placebo-controlled, multicenter trial.** J. Am. Acad. Dermatol., 38: 421. 1998.
- MELO NETO, B. A. **Aproveitamento de soro de leite de cabra na elaboração de pão de forma.** João Pessoa: UFP/CT (Textos Acadêmicos. Curso de Especialização Lato Sensu), 2007.
- MESOMO, M. C. et al. **Shelf-life evaluation of cheese bread added of residue from *Agaricus blazei* Murrill extraction.** Ambiente - Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais, v.6, n.3 Set./Dez. 2010.
- MILLER G. L. **Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar.** Analytical Chemistry, v. 31, p. 426, 1959.
- MORRIS, C.; MORRIS, G. A. **The effect of inulin and fructo-oligosaccharide supplementation on the textural, rheological and sensory properties of bread and their role in weight management: a review.** Food Chemistry, v.133, n.2, p.237–248, 2012.
- NABESHIMA, E. H. et al. **Propriedades tecnológicas e sensoriais de pães fortificados com ferro.** Ciênc. Tecnol. Aliment., Campinas, 25(3): 506-511, jul.-set. 2005.
- NGAI, P. H. K.; NG, T. B. **Lentin, a novel and potent antifungal protein from shitake mushroom with inhibitory effects on activity of human immunodeficiency virus-1 reverse transcriptase and proliferation of leukemia cells.** Life Sciences 73 (2003) 3363–3374.
- NOORT, M. W. J. et al. **The effect of particle size of wheat bran fractions on bread quality- Evidence for fibre -protein interactions.** Journal of Cereal Science, v.52, n.1, p. 59-64, 2010.
- OLIVEIRA, T. M.; PIROZI, M. R.; BORGES, J. T. S. **Elaboração de pão de sal utilizando farinha mista de trigo e linhaça.** Alimentos e Nutrição, v.18, n.2, p. 141-150, 2007.
- ORDÓÑEZ, J. A. et al. **Tecnologia de alimentos: componentes dos alimentos e processos.** v.1. Porto Alegre: ARTMED, 2005.

ORTOLAN, F., HECKTHEUER, L.H., MIRANDA, M. Z de. **Efeito do armazenamento á baixa temperatura (-4°C) na cor e no teor de acidez da farinha de trigo.** Ciênc e Tec. de Alim. ISSN 0101-206, 2008.

PAUCAR-MENACHO, L. M. et al. **Desenvolvimento de massa alimentícia fresca funcional com a adição de isolado protéico de soja e polidextrose utilizando páprica como corante.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v. 28, n. 4, p. 767- 778, 2008.

PAULY, T. et al. **Avaliação das características reológicas e físicoquímicas de farinha mista de trigo com farinha de soja integral orgânica.** VII Simpósio de alimentos. Passo fundo, 2011.

PEREZ, P. M. P.; GERMANI, R. **Farinha mista de trigo e berinjela: características físicas e químicas.** B.CEPPA, Curitiba, v. 22, n. 1, p. 15-24, jan./jun. 2004.

RIEDER, A. et al. A. **Effect of barley and oat flour types and sourdoughs on dough rheology and bread quality of composite wheat bread.** Journal of Cereal Science, v.55, n.1, p.44-52, 2012.

RIOS-HURTADO, A; TORRES-TORRES, G; MEDINA-RIVAS, M. A. **Caracterización bromatológica de la seta (*Pleurotus sajor-caju*) producida em cuatro sustratos orgánicos.** Alimentaria 2003, 349: 85-9.

ROUDAUT, G. et al. **Crispness: a critical review on sensory and material science approaches.** Trends in Food Science and Technology, v.13, n.6-7, p.217-227, jun.-jul. 2002.

SANDRI, I. G.; BASTIANI, S. BARRETO, L. T. P. **Chocolate branco adicionado de cogumelo.** Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais, Campina Grande, v.14, n.3, p.203-209, 2012.

SARANTOPOULOS, C. I. G. L.; OLIVEIRA, L. M.; CANAVESI, E. **Requisitos de conservação de alimentos em embalagens flexíveis.** Campinas: ITAL, 2001. 215 p.

SILVA, L. H. et al. **Desenvolvimento de pão de forma com adição de farinha de “okara”.** Brazilian Journal of Food Technology, 12, 315 e 322, 2009.

SONE, T. 1972. **“Consistency of Foodstuffs.”** Reidel Publ., Dordrecht, Netherlands.

SPICES, R. **Application of rheology in the bread industry.** In H. Faridi & J. M. Faubion (Eds.), Dough rheology and baked product texture (pp. 343–361). New York, USA: Van Nostrand Reinhold. 1990.

STAMETS, P.; CHILTON, J. S. **The mushroom cultivator a practical guide to growing mushurrans at home.** Washington: Agarikon Press, 1983, 415p.

STURION, G. L.; RANZANI, M. R. T. C. **Composição em minerais de cogumelos comestíveis no Brasil - *Pleurotus* ssp e outras espécies desidratadas.** Archivos Latinoamericanos de Nutrición. v.50, n.1, p. 102-108, 2000.

SVEC, I.; HRUSKOVA, M. **Evaluation of wheat bread features.** Journal of Food Engineering, v.9, n.4, p.505-510, 2010.

- SZCZESNIAK, A. S. **Texture is a sensory property.** Food Quality and Preference, v. 13, p. 215-225, 2002.
- TACO. **Tabela brasileira de composição de alimentos.** 2 ed. Campinas, SP: NEPA-UNICAMP, 2006. v.2, 113p.
- TEDRUS, G. A. S. et al. **Estudo da adição de vital glúten à farinha de arroz, farinha de aveia e amido de trigo na qualidade de pães.** Ciência e Tecnologia de Alimentos, Campinas, v.21, n.1, p.20-25, 2001.
- TSENG, Y-H. et al. **Quality of bread supplemented with silver ear.** Journal of Food Quality, 33 (2010) 59–71.
- ULZIJARGAL, E. et al. **Quality of bread supplemented with mushroom mycelia.** Food Chemistry 138 (2013) 70–76.
- VASCONCELOS, A. C. de. et al. **Processamento e aceitabilidade de pães de forma a partir de ingredientes funcionais: farinha de soja e fibra alimentar.** Alim. Nutr., Araraquara, v.17, n.1, p.43-49, jan./mar. 2006.
- VIEIRA, A. C. et al. **Bread supplemented with shitake mycelia as microbial inhibitor.** VI Congreso Internacional de Ciencia y Tecnología de Alimentos, Córdoba, 2016.
- YANG, J. H.; LIN, H. C.; MAU, J. L. **Non-volatile taste components of several commercial mushrooms.** Food Chem 2001, 72(4): 465-71.
- ZHANG, A. et al. **Antioxidant activity of polysaccharide extracted from *Pleurotus eryngii* using response surface methodology.** International Journal of Biological Macromolecules 65 (2014) 28–32.

ANEXOS

Anexo 1

Tabela 1. Valores médios de atividade de água (A_w) das formulações dos pães com FCS e FCE.

Formulações	Pão com FCS	Pão com FCE
Padrão (0%)	0,936 ± 0,017	0,936 ± 0,017
5%	0,938 ± 0,012	0,921 ± 0,022
6,7%	0,930 ± 0,011	0,925 ± 0,025
10%	0,916 ± 0,018	0,902 ± 0,037
13,3%	0,905 ± 0,022	0,894 ± 0,049
15%	0,904 ± 0,036	0,902 ± 0,024
20%	0,915 ± 0,023	0,884 ± 0,032

Legenda: Valores expressos em média ± desvio-padrão. FCS: farinha do cogumelo shitake; FCE: farinha do cogumelo eryngii.

Tabela 2. Valores médios de proteínas totais (%) das formulações dos pães com FCS e FCE.

Formulações	Pão com FCS	Pão com FCE
Padrão (0%)	9,83 ± 0,79	9,83 ± 0,79
5%	9,91 ± 0,41	10,49 ± 1,10
6,7%	10,48 ± 0,19	10,30 ± 1,30
10%	10,15 ± 0,52	11,87 ± 1,21
13,3%	10,46 ± 0,91	12,01 ± 0,92
15%	10,19 ± 0,43	12,36 ± 1,56
20%	10,06 ± 0,19	13,07 ± 0,99

Legenda: Valores expressos em média ± desvio-padrão. FCS: farinha do cogumelo shitake; FCE: farinha do cogumelo eryngii.

Tabela 3. Valores médios de cinzas totais (%) das formulações dos pães com FCS e FCE.

Formulações	Pão com FCS	Pão com FCE
Padrão (0%)	0,73 ± 0,40	0,73 ± 0,40
5%	2,65 ± 0,55	2,17 ± 0,28
6,7%	1,24 ± 0,23	1,54 ± 0,73
10%	1,82 ± 0,80	0,75 ± 0,36
13,3%	1,77 ± 0,40	2,63 ± 0,32
15%	1,62 ± 0,38	1,24 ± 0,29
20%	1,85 ± 0,87	1,10 ± 0,88

Legenda: Valores expressos em média ± desvio-padrão. FCS: farinha do cogumelo shitake; FCE: farinha do cogumelo eryngii.

Tabela 4. Valores médios de lipídios totais (%) das formulações dos pães com FCS e FCE.

Formulações	Pão com FCS	Pão com FCE
Padrão (0%)	1,66 ± 0,09	1,66 ± 0,09
5%	1,66 ± 0,18	1,80 ± 0,13
6,7%	1,75 ± 0,20	2,00 ± 0,15
10%	2,23 ± 0,05	1,97 ± 0,11
13,3%	2,00 ± 0,18	2,09 ± 0,27
15%	1,61 ± 0,05	1,90 ± 0,14
20%	1,81 ± 0,15	2,16 ± 0,02

Legenda: Valores expressos em média ± desvio-padrão. FCS: farinha do cogumelo shitake; FCE: farinha do cogumelo eryngii.

Tabela 5. Valores médios de fibra bruta (%) das formulações dos pães com FCS e FCE.

Formulações	Pão com FCS	Pão com FCE
Padrão (0%)	0,54 ± 0,03	0,54 ± 0,03
5%	0,60 ± 0,14	0,48 ± 0,06
6,7%	0,71 ± 0,12	0,93 ± 0,17
10%	0,80 ± 0,05	0,67 ± 0,05
13,3%	0,76 ± 0,07	0,81 ± 0,06
15%	1,20 ± 0,59	0,69 ± 0,27
20%	1,03 ± 0,15	0,94 ± 0,17

Legenda: Valores expressos em média ± desvio-padrão. FCS: farinha do cogumelo shitake; FCE: farinha do cogumelo eryngii.

Tabela 6. Valores estimados de açúcar redutor (%) das formulações dos pães com FCS.

Formulações	Pão com FCS
Padrão (0%)	30,68
5%	39,57
6,7%	42,59
10%	48,46
13,3%	54,32
15%	57,34
20%	66,23

Legenda: Valores estimados a partir do modelo matemático obtido. FCS: farinha do cogumelo shitake.

Tabela 7. Valores médios de açúcar redutor (%) das formulações dos pães com FCE.

Formulações	Pão com FCE
Padrão (0%)	30,42 ± 0,62
5%	60,36 ± 0,09
6,7%	61,16 ± 1,43
10%	53,95 ± 2,05
13,3%	46,55 ± 1,07
15%	40,31 ± 0,89
20%	43,16 ± 0,18

Legenda: Valores estimados a partir do modelo matemático obtido. FCE: farinha do cogumelo eryngii.

Anexo 2

Tabela 8. Valores estimados de volume específico (cm³/g) dos pães de forma com FCS e FCE.

Formulações	Pão com FCS	Pão com FCE
Padrão (0%)	4,08	3,94
5%	3,42	3,25
6,7%	3,20	3,01
10%	2,77	2,56
13,3%	2,34	2,10
15%	2,11	1,87
20%	1,46	1,17

Legenda: Valores estimados a partir dos modelos matemáticos obtidos.

Tabela 9. Valores estimados dos parâmetros de luminosidade (L*) e coordenada de cromaticidade a (*) dos pães de forma com FCS e FCE.

Formulações	Pão com FCS		Pão com FCE	
	L (*)	a (*)	L (*)	a (*)
Padrão (0%)	60,61	1,56	69,33	2,19
5%	57,58	3,05	63,41	2,76
6,7%	56,55	3,39	61,4	2,95
10%	54,55	3,81	57,49	3,33
13,3%	52,55	3,92	53,58	3,7
15%	51,52	3,86	51,57	3,89
20%	48,49	3,18	45,65	4,46

Legenda: Valores estimados a partir dos modelos matemáticos obtidos. (*) Parâmetro adimensional.

Tabela 10. Valores médios da coordenada de cromaticidade b (*) dos pães de forma com FCS e FCE.

Formulações	Pão com FCS	Pão com FCE
Padrão (0%)	14,95 ± 0,47	14,95 ± 0,47
5%	14,05 ± 1,42	15,09 ± 0,68
6,7%	14,55 ± 1,51	15,31 ± 1,59
10%	13,49 ± 0,75	14,20 ± 1,60
13,3%	15,34 ± 1,08	12,92 ± 1,75
15%	12,43 ± 2,57	11,87 ± 1,95
20%	8,94 ± 0,36	10,74 ± 2,85

Legenda: Valores expressos em média ± desvio-padrão.

Anexo 3

Tabela 11. Valores estimados dos parâmetros TPA dos pães de forma com FCS.

Formulações	Dureza (N)	Elasticidade (*)	Mastigabilidade (N)
Padrão (0%)	8,56	0,83	4,45
5%	37,04	0,80	12,41
6,7%	43,45	0,78	14,24
10%	51,16	0,76	16,52
13,3%	52,61	0,74	17,12
15%	50,92	0,73	16,78
20%	36,32	0,69	13,19

Legenda: Valores estimados a partir dos modelos matemáticos obtidos. (N) = Newton; (*) Parâmetro adimensional.

Tabela 12. Valores médios do parâmetro coesividade TPA dos pães de forma com FCS.

Formulações	Coesividade (*)
Padrão (0%)	0,60 ± 0,09
5%	0,41 ± 0,01
6,7%	0,41 ± 0,03
10%	0,39 ± 0,01
13,3%	0,40 ± 0,02
15%	0,42 ± 0,01
20%	0,52 ± 0,01

Legenda: Valores expressos em média ± desvio-padrão. (*) Parâmetro adimensional.

Tabela 13. Valores estimados do parâmetro dureza TPA dos pães de forma com FCE.

Formulações	Dureza (N)
Padrão (0%)	13,95
5%	21,95
6,7%	24,67
10%	29,96
13,3%	35,24
15%	37,96
20%	45,96

Legenda: Valores estimados a partir dos modelos matemáticos obtidos. (N) = Newton.

Tabela 14. Valores médios dos parâmetros TPA dos pães de forma com FCE.

Formulações	Elasticidade (*)	Coesividade (*)	Mastigabilidade (N)
Padrão (0%)	0,87 ± 0,02	0,60 ± 0,09	2,96 ± 0,29
5%	0,81 ± 0,01	0,46 ± 0,01	9,53 ± 0,10
6,7%	0,79 ± 0,01	0,44 ± 0,01	10,44 ± 0,36
10%	0,79 ± 0,01	0,39 ± 0,01	12,85 ± 0,80
13,3%	0,77 ± 0,00	0,43 ± 0,05	14,67 ± 0,87
15%	0,77 ± 0,02	0,39 ± 0,04	13,16 ± 0,93
20%	0,78 ± 0,05	0,45 ± 0,09	11,45 ± 0,15

Legenda: Valores expressos em média ± desvio-padrão. (N) = Newton; (*) Parâmetro adimensional.

Anexo 4

Tabela 15. Valores médios dos atributos aparência, sabor, textura e impressão global (IG) das formulações dos pães com FCS.

Formulações	Aparência	Sabor	Textura	IG
Padrão (0%)	7,24 ± 1,30	7,02 ± 1,50	7,42 ± 1,25	7,06 ± 1,35
5%	7,05 ± 1,21	6,90 ± 1,34	7,11 ± 1,45	7,00 ± 1,31
6,7%	6,69 ± 1,46	6,74 ± 1,25	6,69 ± 1,48	6,68 ± 1,39
10%	6,24 ± 1,63	6,10 ± 1,80	5,95 ± 1,81	6,03 ± 1,68
13,3%	6,23 ± 1,58	5,98 ± 1,60	5,73 ± 1,63	5,87 ± 1,47
15%	6,00 ± 1,65	5,56 ± 1,76	5,47 ± 1,83	5,55 ± 1,79
20%	5,60 ± 1,82	4,89 ± 2,02	5,19 ± 2,03	5,15 ± 1,95

Legenda: médias ± desvio padrão.

Tabela 16. Valores médios dos atributos aparência, sabor, textura e impressão global (IG) das formulações dos pães com FCE.

Formulações	Aparência	Sabor	Textura	IG
Padrão (0%)	7,07 ± 1,51	6,88 ± 1,34	7,22 ± 1,38	7,08 ± 1,25
5%	6,63 ± 1,30	6,47 ± 1,43	6,78 ± 1,58	6,60 ± 1,43
6,7%	6,78 ± 1,33	6,53 ± 1,37	6,45 ± 1,42	6,63 ± 1,22
10%	6,28 ± 1,49	6,20 ± 1,65	5,95 ± 1,82	6,17 ± 1,55
13,3%	6,13 ± 1,72	5,53 ± 1,92	5,77 ± 1,72	5,73 ± 1,86
15%	5,88 ± 1,84	5,22 ± 1,89	5,28 ± 1,75	5,42 ± 1,70
20%	5,70 ± 1,94	4,90 ± 2,06	5,12 ± 1,96	5,25 ± 2,01

Legenda: médias ± desvio padrão.