



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



Área de Concentração: Ciência de Alimentos

CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO DA FARINHA DE COGUMELO
SHIMEJI (*Pleurotus ostreatus*) NO PROCESSAMENTO DE
HAMBÚRGUERES BOVINOS

Autora: Heliara Caires Sousa

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

ITAPETINGA
BAHIA - BRASIL
Março de 2020

HELIARA CAIRES SOUSA

**CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO DA FARINHA DE COGUMELO
SHIMEJI (*Pleurotus ostreatus*) NO PROCESSAMENTO DE
HAMBÚRGUERES BOVINOS**

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 – UESB.

Orientadora: Profª DSc. Silmara Almeida de Carvalho
Co-orientador: Profº. DSc. Leandro Soares Santos

ITAPETINGA
BAHIA - BRASIL
Março de 2020

664.929 Sousa, Heliara Caires

S696c Caracterização e aplicação da farinha de cogumelo shimeji (*Pleurotus ostreatus*) no processamento de hambúrgueres bovinos. / Heliara Caires Sousa. - Itapetinga: UESB, 2020.
107f.

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 – UESB. Sob a orientação da Profª. D.Sc. Silmara Almeida de Carvalho e coorientação do Prof. D.Sc. Leandro Soares Santos.

1. Cogumelo ostra - Farinha. 2. Produtos cárneos - Hambúrgueres bovinos. 3. Cogumelo ostra - Farinha – Hambúrgueres bovinos. I. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Programa de Pós-graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos. II. Carvalho, Silmara Almeida de. III. Santos, Leandro Soares. IV. Título.

CDD(21): **664.929**

Catálogo na fonte:

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

Índice Sistemático para Desdobramento por Assunto:

1. Cogumelo ostra - Farinha
2. Produtos cárneos - Hambúrgueres bovinos
3. Cogumelo ostra - Farinha – Hambúrgueres bovinos



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA E CIÊNCIA DE ALIMENTOS



Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB
Recredenciada pelo Decreto Estadual
Nº 16.825, de 04.07.2016



Governo do
Estado da Bahia

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

Título: CARACTERIZAÇÃO E APLICAÇÃO DA FARINHA DE COGUMELO SHIMEJI (*Pleurotus ostreatus*) NO PROCESSAMENTO DE HAMBÚRGUERES BOVINOS.

Autor (a): HELIARA CAIRES SOUSA

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

Coorientador (a): Prof. Dr. Leandro Soares Santos

Aprovada 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. Dr. Antônio Amândio Pinto Garcia Junior
Membro Externo - UESB

Prof.ª Dr.ª Rosana Moura de Oliveira
Membro Externo - IFBAIANO

Prof.ª Dr.ª Silmara Almeida de Carvalho
Orientadora - UESB
Presidente da Banca

Itapetinga-BA, 31 de março de 2020.

“Quero a sorte de reaprender, nessa vida ser a chuva que quer chover”.

Tiago Iorc

*Dedico àqueles que sempre olham por mim e caminham ao meu lado com tanto amor, zelo,
cuidado e carinho:*

Aos meus pais, Neuzete e Valdônio, ao meu irmão, Saulo, ao meu amor, Raphael, e a Lu!

AGRADECIMENTOS

Início esses agradecimentos recordando o momento em que esse sonhou nasceu e relembro da menina que morava em mim quando ansiava por um dia conseguir ser maior naquilo que ela sempre soube que amava fazer. Hoje, vivenciando a conclusão de mais uma etapa desse sonho, sou grata a essa menina de muitos anos atrás, por ter acreditado e nunca ter desistido de buscar ser sempre melhor.

E essa chegada, assim como todas as outras, só se fez possível porque o conduzir da minha vida sempre foi direcionado por Deus e todo o seu infinito amor e cuidado. Obrigada por me conceder sabedoria para seguir nesse mundo!

Aos meus pais, Neuzete e Valdônio, ao meu irmão Saulo, e a Lu, deixo toda gratidão pelo amor que nunca faltou e sempre foi imenso, pela compreensão nos momentos de ausência, e pelo apoio e incentivo durante essa trajetória. Todas as minhas conquistas são suas também, amo vocês!

Agradeço ao meu amor, Raphael, por ser meu companheiro nesse mundo e me apoiar em absolutamente tudo nessa vida. Obrigada por me cuidar tão bem, por me encorajar diante dos enfrentamentos, sempre conduzindo o meu olhar para enxergar o melhor das coisas. Você é o meu ponto de paz e fortaleza nessa existência, te amo!

À toda minha família, em especial aos meus tios Din, Ninha, Nalva e Chico, e aos meus primos Davi e Nicolý.

Ao meu tio Sid (in memoriam), que partiu tão depressa, deixando uma saudade ainda difícil de lidar. Me lembro da sua alegria quando soube da minha aprovação no mestrado e tenho certeza que de onde você estiver, estará feliz por essa etapa ter se concluído.

À minha prima-amiga-irmã Hiolanda, por me acompanhar nesse e em tantos outros momentos, por ouvir com zelo todas as minhas histórias e desabafos, pelas mensagens inesperadas de incentivo regadas de carinho e pelas risadas que consegue me arrancar com as suas inúmeras figurinhas.

Às minhas amigas Acsa, Amanda, Annie, Carol, Ingrid, Lenara, Mariana e Yara (em ordem alfabética, viu? rs), obrigada por compartilharem essa caminhada comigo, com certeza ela foi melhor por vocês estarem nela. Durante esses dois anos, aprendemos a nos acolher como colegas e amigas, e hoje me alegra saber que, ao final dessa trajetória, terei comigo pessoas de bem como vocês.

À todos do LPNBio pelo auxílio, parceria e convivência nesse período, em especial a Mariana, por todo apoio, companhia e amizade.

À minha orientadora Prof^ª Silmara Almeida de Carvalho pela orientação, confiança e troca de experiências durante esses anos de mestrado.

Ao meu co-orientador Prof. Leandro Soares pelas contribuições e ensinamentos durante esse período, e pela disponibilidade e solicitude em sempre compartilhar o saber.

À Prof^ª Sibelli Passini e a todos do laboratório de leite, muito obrigada pelo acolhimento e pela convivência.

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), pela oportunidade de crescimento através da realização do curso, ao Programa de Pós-Graduação em Alimentos e a todos os professores que contribuíram compartilhando seus ensinamentos e vivências.

À HOCHIBRA Cogumelos Exóticos pela disponibilidade em auxiliar na aquisição dos cogumelos.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB) pela bolsa de estudos concedida.

*À todos,
GRATIDÃO!*

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE QUADROS

LISTA DE TABELAS

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

RESUMO

SUMMARY

I. REFERENCIAL TEÓRICO	18
1.1 INTRODUÇÃO	18
1.2 REVISÃO DE LITERATURA.....	20
1.2.1 Cogumelos – Abordagem Geral	20
1.3 <i>Pleurotus ostreatus</i>	23
1.3.1 Definição	23
1.3.2 Composição química e valor nutricional	24
1.3.3 Propriedades biotivas, funcionais e nutracêuticas	28
1.3.4 Propriedades antioxidantes	29
1.4 Produtos Cárneos	32
1.4.1 Hambúrguer	32
1.4.2 Capacidade de retenção de água (CRA)	33
1.4.3 Ácidos graxos	34
1.5 Análise sensorial	36
II. OBJETIVOS	38
2.1 Objetivo Geral.....	38
2.2 Objetivos Específicos	38
III. MATERIAIS E MÉTODOS	39
3.1 Local do experimento	39
3.2 Primeira etapa: Obtenção, secagem, processamento e caracterização da farinha de shimeji.....	39
3.2.1 Obtenção dos cogumelos	39

3.2.2	Secagem e processamento dos cogumelos	39
3.2.3	Caracterização físico-química e composição centesimal da farinha de shimeji	40
3.2.4	Determinação do perfil de minerais da farinha de shimeji	43
3.2.5	Capacidade antioxidante da farinha de shimeji	44
3.3	Segunda etapa: Elaboração, processamento e caracterização do hambúrguer	45
3.3.1	Obtenção da matéria-prima	45
3.3.2	Elaboração e processamento dos hambúrgueres	46
3.3.3	Caracterização físico-química e composição centesimal dos hambúrgueres	47
3.3.4	Determinação do Teor de Colesterol	49
3.3.5	Análise de ácidos graxos por cromatografia gasosa	49
3.3.6	Parâmetros tecnológicos do hambúrguer	50
3.3.7	Análise microbiológica	52
3.3.8	Análise sensorial dos hambúrgueres	53
3.4	Delineamento estatístico	53
3.4.1	Farinha de shimeji e hambúrgueres	53
3.4.2	Análise sensorial	54
IV.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
4.1	Rendimento, caracterização centesimal e físico-química da farinha de shimeji	55
4.2	Caracterização mineral da farinha de shimeji	58
4.3	Capacidade antioxidante da farinha de shimeji	60
4.4	Caracterização centesimal, físico-química, parâmetros tecnológicos, perfil de textura e análise sensorial dos hambúrgueres	63
4.4.1	Caracterização centesimal	63
4.4.2	Caracterização físico-química	66
4.4.3	Composição de Ácidos graxos	68
4.4.4	Parâmetros tecnológicos	68
4.4.5	Análise microbiológica	74
4.4.6	Análise sensorial	75

V. CONCLUSÕES.....	78
VI. REFERÊNCIAS	80
VII. APÊNDICES	99

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fotomicrografia do fóssil de <i>Gondwanagaricites magnificus gen. et sp. nov.</i>	21
Figura 2. Diferentes variedades do <i>P. ostreatus</i>	24
Figura 3. Bioatividade da espécie <i>P. ostreatus</i>	29
Figura 4. Representação do sistema e das moléculas antioxidantes.....	30
Figura 5. Estrutura da β (1-3) e β (1-6) nos cogumelos.	31
Figura 6. O uso dos cinco sentidos na análise sensorial.....	36
Figura 7. Cogumelo shimeji preto (<i>P. ostreatus</i>) fresco, seco e farinha.	40
Figura 8. Fluxograma do processamento dos hambúrgueres.	47
Figura 9. Escores médios dos atributos sabor, cor, textura, impressão global e intenção de compra dos hambúrgueres formulados com diferentes percentagens de farinha de shimeji. ..	75

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Composição mineral da espécie <i>P. ostreatus</i> e suas principais funções no organismo.	26
---	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Comparativo da Produção Mundial de Cogumelos (em toneladas) no ano de 2011 e 2017.	22
Tabela 2. Composição nutricional da espécie <i>P. ostreatus</i>	25
Tabela 3. Distribuição da água na carne (pH 5,3 – 5,8).	34
Tabela 4. Composição de ácidos graxos na carne bovina e na gordura suína.	35
Tabela 5. Composição das formulações dos hambúrgueres.	46
Tabela 6. Rendimento da farinha de shimeji após secagem.	55
Tabela 7. Resultados para a composição centesimal da farinha de shimeji (base úmida).	56
Tabela 8. Resultados para os parâmetros físico-químicos da farinha de shimeji.	57
Tabela 9. Resultados para a composição mineral da farinha de shimeji (mg/100 g).	59
Tabela 10. Contribuição do consumo da farinha de shimeji nos valores de IDR e um comparativo com outras fontes vegetais (%/100 g).	60
Tabela 11. Resultados da atividade antioxidante pelo método DPPH e FRAP para os extratos etanólicos das farinhas de shimeji.	61
Tabela 12. Resultados do teor de fenólicos totais para os extratos etanólicos das farinhas de shimeji.	62
Tabela 13. Resultados para a composição centesimal e características físico-químicas dos hambúrgueres formulados com diferentes porcentagens da farinha de shimeji.	65
Tabela 14. Composição de ácidos graxos em extratos hexânicos de hambúrgueres formulados com diferentes porcentagens de farinha de shimeji.	69
Tabela 15. Resultados para a composição centesimal e características físico-químicas dos hambúrgueres formulados com diferentes porcentagens da farinha de shimeji.	71
Tabela 16. Resultados da qualidade microbiológica da farinha de shimeji e dos hambúrgueres.	74
Tabela 17. Escores para os atributos avaliados no teste de aceitação sensorial de hambúrgueres formulados com farinha de shimeji.	76

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AA	Ácido Araquidônico
AGE	Ácidos Graxos Essenciais
AL	Ácido Linoléico
ALA	Ácido Alfa-linolênico
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
Aw	Atividade de Água
CEP	Comitê de Ética em Pesquisa
CIE	<i>Commission Internationale de l'éclairage</i> (Comissão Internacional de Iluminação)
CLAE	Cromatografia Líquida de Alta Eficiência
CNNP	Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos
CRA	Capacidade de Retenção de Água
DBC	Delineamento de Blocos Completos Casualizados
DHA	Docosahexaenóico
DIC	Delineamento Inteiramente Casualizado
DPA	Docosapentaenóico
DPPH	1,1-difenil-2-picrilidrazil
EAG	Equivalente de Ácido Gálico
EC	Equivalente de Catequina
EPA	Eicosapentaenóico
EUC	Equivalent Umami Concentration (Concentração Equivalente de Umami)
FAO	<i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i> (Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura)
FRAP	<i>Ferric Reducing Ability of Plasma</i> (Atividade Antioxidante pelo Método de Redução do Ferro)
IAA	Índice de Atividade Antioxidante
IDR	Ingestão Diária Recomendada
IUPAC	<i>International Union of Pure and Applied Chemistry</i> (União Internacional de Química Pura e Aplicada)
LCPUFA	<i>Long-chain Polyunsaturated Fatty Acids</i> (Ácidos Graxos Poliinsaturados de Cadeia Longa)
LDL	<i>Low Density Lipoproteins</i> (Lipoproteína de Baixa Densidade)

LPL	<i>Lipoproteína Lipase</i> (Lipase Lipoproteica)
MAPA	Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento
MUFA	<i>Monounsaturated Fatty Acid</i> (Ácidos Graxos Monoinsaturados)
NMP	Número Mais Provável
OMS	Organização Mundial de Saúde
PE	Porcentagem de Encolhimento
pH	Potencial Hidrogeniônico
PI	Ponto Isoelétrico
PPC	Perda de Peso por Cocção
PUFA	<i>Polyunsaturated Fatty Acid</i> (Ácidos Graxos Poliinsaturados)
R ²	Coefficiente de Determinação
RC	Rendimento de Cocção
RDA	<i>Recommended Dietary Allowances</i> (Recomendação Diária de Tolerância)
RIISPOA	Regulamento da Inspeção Industrial e Sanitária de Produtos de Origem Animal
ROS	<i>Reactive Oxygen Species</i> (Espécies Reativas de Oxigênio)
SQTRAT	Soma dos Quadrados dos Tratamentos
TACO	Tabela Brasileira de Composição de Alimentos
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TPA	<i>Texture Profile Analysis</i> (Análise do Perfil de Textura)
UL	<i>Tolerable Upper Intake Level</i> (Ingestão Máxima Tolerável)
ω-3	Ômega-3
ω-6	Ômega-6

RESUMO

SOUSA, H.C. **Caracterização e aplicação da farinha de cogumelo shimeji (*Pleurotus ostreatus*) no processamento de hambúrgueres bovinos.** Itapetinga, BA: UESB, 2020. 107p. Dissertação. (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos, Área de Concentração em Ciência de Alimentos).*

A composição nutricional e os diversos compostos bioativos encontrados nos cogumelos fazem desses macrofungos importantes alimentos com excelentes propriedades nutracêuticas e funcionais, com capacidade de fornecerem significativos benefícios à saúde, atuando na prevenção, bem como no controle de diferentes patologias crônicas. O consumo dos cogumelos no Brasil ainda está em ascensão, sendo considerado inferior quando comparado com países como Japão, China e Estados Unidos, onde a ingestão e também a produção desse alimento é significativamente maior e mais consolidada. O objetivo do trabalho foi processar e caracterizar a farinha de shimeji preto (*Pleurotus ostreatus*) e aplicá-la, utilizando diferentes concentrações, em hambúrgueres bovinos, avaliando-os quanto as suas propriedades físico-químicas, composição centesimal, propriedades tecnológicas e sensoriais. Foram elaborados cinco tratamentos, sendo o controle com 0% de farinha de shimeji, e os demais tratamentos com diferentes porcentagens (1, 2, 3 e 4%). A farinha de shimeji foi submetida às análises de teor de água, cinzas, proteína, lipídios, carboidratos, atividade de água (A_w), pH, cor, quantificação de minerais, DPPH, FRAP, fenólicos totais e análise microbiológica. Os hambúrgueres foram avaliados por meio das análises de teor de água, cinzas, proteína, lipídios, A_w , pH, cor; pelos parâmetros tecnológicos de capacidade de retenção de água (CRA), porcentagem de encolhimento (PE), perda de peso por cocção (PPC), rendimento de cocção (RC), perfil de textura (TPA), analisando os atributos dureza, coesividade e mastigabilidade; quantificação de colesterol, perfil de ácidos graxos, análise microbiológica e sensorial. A farinha de shimeji apresentou baixo teor de água e A_w , elevado teor de carboidratos e proteínas, e baixo conteúdo lipídico. Os resultados da capacidade antioxidante apresentaram um EC_{50} de $928,9 \mu\text{g/mL}^{-1}$ e um IAA de 0,028 para o DPPH, $0,00098 \text{ mg Fe}^{2+}/\text{g}$ de extrato para o FRAP e o teor de compostos fenólicos foi de $12,52 \text{ mg EAG/g}$ de extrato. Os hambúrgueres apresentaram ajustes de modelo linear ($p \leq 0,05$) para teor de água, cinzas, PE, CRA, *L, *a e perfil de textura, onde a adição de farinha de shimeji aumentou os valores dos parâmetros para cinzas e PE, e diminuiu para teor de água, cor, TPA e CRA. O teor de proteína observado nos hambúrgueres foi em média 14,4% e de lipídios foi de 12,8%, sendo predominante em todos os tratamentos os ácidos

graxos esteárico, palmítico e oléico. A aceitação sensorial foi avaliada em relação ao sabor, cor, textura, impressão global e intenção de compra, onde os tratamentos não apresentaram ajustes de modelo linear ($p \leq 0,05$) para nenhum dos atributos. As notas referentes aos graus de aceitação variaram entre “gostei ligeiramente” e “gostei muito”, e a intenção de compra entre “talvez comprasse/talvez não comprasse” e “possivelmente compraria o produto”.

Palavras-chave: Cogumelo ostra, produtos cárneos, perfil de textura, escala hedônica.

SUMMARY

SOUSA, H.C. **Characterization and application of shimeji mushroom flour (*Pleurotus ostreatus*) in the processing of beef burgers**. Itapetinga, BA: UESB, 2020. 107p. Dissertation. (Master in Food Engineering and Science, Area of Concentration in Food Science).*

The nutritional composition and the various bioactive compounds found in mushrooms make these macrofungi important foods with excellent nutraceutical and functional properties, with the ability to provide significant health benefits, acting in the prevention, as well as in the control of different chronic pathologies. The consumption of mushrooms in Brazil is still on the rise, being considered lower when compared to countries like Japan, China and the United States, where the intake and also the production of this food is significantly higher and more consolidated. The objective of the work was to process and characterize black shimeji flour (*Pleurotus ostreatus*) and apply it, using different concentrations, in bovine hamburgers, evaluating them for their physical-chemical properties, chemical composition, technological and sensory properties. Five treatments were elaborated, being the control with 0% of shimeji flour, and the other treatments with different percentages (1, 2, 3 and 4%). The shimeji flour was submitted to the analysis of water content, ash, protein, lipids, carbohydrates, water activity (A_w), pH, color, quantification of minerals, DPPH, FRAP, total phenolics and microbiological analysis. The hamburgers were evaluated through the analysis of water content, ash, protein, lipids, A_w , pH, color; technological parameters of water holding capacity (WHC), shrinkage percentage (SP), cooking weight loss (CWL), cooking yield (CY), texture profile (TPA), analyzing the attributes of hardness, cohesiveness and chewability; cholesterol quantification, fatty acid profile, microbiological and sensory analysis. Shimeji flour had low water and A_w content, high carbohydrate and protein content, and low lipid content. The results of the antioxidant capacity showed an EC_{50} of $928.9 \mu\text{g}/\text{mL}^{-1}$ and an IAA of 0.028 for DPPH, 0.00098 mg Fe^{2+}/g of extract for FRAP and the content of phenolic compounds was 12.52 mg GAE/g extract. The hamburgers presented adjustments of the linear model ($p \leq 0.05$) for water content, ash, SP, WHC, *L, *a and texture profile, where the addition of shimeji flour increased the values of the parameters for ash and SE, and decreased for water content, color, TPA and WHC. The protein content observed in hamburgers was on average 14.4% and lipids was 12.8%, with stearic, palmitic and oleic fatty acids predominating in all treatments. Sensory acceptance was assessed in relation to taste, color, texture, global impression and purchase intention, where the treatments did not show adjustments of the linear model ($p \leq 0.05$) for any of the attributes. The

grades referring to the degrees of acceptance varied between "I liked it slightly" and "I liked it very much", and the intention to buy between "maybe I bought/maybe I didn't buy" and "possibly would buy the product".

Keywords: Oyster mushroom, meat products, texture profile, hedonic scale.

I. REFERENCIAL TEÓRICO

1.1 INTRODUÇÃO

A descoberta dos cogumelos se confunde com a história da humanidade e o seu consumo, muito embora seja conhecido há milhares de anos, tem ganhado notoriedade e ascensão somente nas últimas décadas (REIS et al., 2017; CHANG e MILES, 2004).

Além das características sensoriais atrativas, como o aroma, a textura e o sabor, os cogumelos são reconhecidos e valorizados principalmente pelo seu elevado valor nutricional e pelas suas propriedades medicinais (VALVERDE, HERNÁNDEZ-PÉREZ, PAREDES-LOPEZ, 2015).

São constituídos de diferentes compostos bioativos, como os ácidos fenólicos, β -glucanos, lovastatina e terpenoides, com capacidade de promover efeitos benéficos à saúde humana e atuarem como imunomoduladores, anti-hipertensivos, antidiabéticos, anticoagulantes, antioxidantes e hepatoprotetores, propriedades que os classificam como alimentos funcionais (REIS et al., 2017; ABOU RAYA et al., 2014; SMITH e CHARTER, 2011).

Dentre as espécies mais consumidas e cultivadas no Brasil e no mundo, se destaca o *Pleurotus ostreatus*, popularmente conhecido como cogumelo ostra (ANPC, 2020; CORRÊA et al., 2016.). Ele é constituído de carboidratos e fibras, principalmente o β -glucano, proteínas com adequado perfil de aminoácidos essenciais e não essenciais, baixo conteúdo lipídico, e elevado teor de minerais e vitaminas, contendo além da vitamina D, o seu precursor ergosterol (MUTUKWA et al., 2019; CARRASCO-GONZÁLEZ, SERNA-SALDÍVAR, GUTIÉRREZ-URIBE, 2017; XU et al., 2011).

O *P. ostreatus* também possui importantes propriedades antioxidantes, provenientes de compostos encontrados no micélio e nos corpos de frutificação, como os β -glucanos, ácido gálico, ácido homogentísico, naringina, miricetina, tocoferóis, glicoproteínas e o pleurano (SANCHÉZ, 2016).

Atualmente, as indústrias de alimentos têm buscado desenvolver novos produtos incorporando ingredientes com propriedades funcionais e nutracêuticas. Essa nova perspectiva vem sendo aplicada em diferentes segmentos do setor, como o de produtos cárneos (BALESTRA, BIANCHI e PETRACCI, 2019; ANGIOLILLO, CONTE e NOBILE, 2014).

Os produtos processados à base de carne, como o hambúrguer, são largamente comercializados e de fácil aceitação. O aumento do consumo desses alimentos atrelado com a

preocupação da população em consumir produtos que também forneçam potenciais benefícios à saúde, e a necessidade de uma diversificação no setor das carnes, estimulou o investimento no desenvolvimento de novos alimentos cárneos enriquecidos com diferentes ingredientes funcionais e bioativos (BALESTRA, BIANCHI e PETRACCI, 2019; FERREIRA et al., 2019; ANGIOLILLO, CONTE e NOBILE, 2014).

Diversos estudos têm avaliado a adição de cogumelos em produtos à base de carne, como em salsichas, nuggets e hambúrgueres, e verificado a contribuição que esse novo ingrediente fornece nas características físico-químicas, de composição, tecnológicas e sensoriais desses alimentos (PIL-NAM et al., 2015; TOMASI et al., 2016; AKESOWAN, 2016; KURT e GENÇCELEP, 2018; CARVALHO et al., 2018; LONGATO et al., 2019; ANTONINI et al., 2019).

Neste contexto, objetivou-se com o presente trabalho processar e caracterizar farinhas do cogumelo shimeji (*P. ostreatus*) e desenvolver hambúrgueres formulados com diferentes porcentagens da farinha desse cogumelo, avaliando a sua composição físico-química, centesimal, propriedades tecnológicas e sensoriais.

1.2 REVISÃO DE LITERATURA

1.2.1 Cogumelos – Abordagem Geral

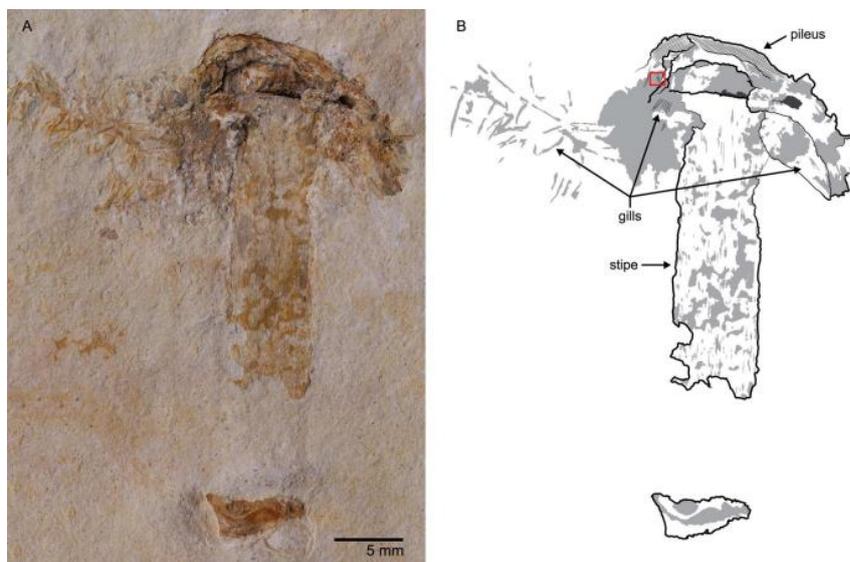
Os cogumelos são organismos pertencentes ao Reino Fungi, classificados como macrofungos, contendo corpos frutíferos distintos e grandes. Eles possuem uma relação antiga com a história da evolução da humanidade, pois os fungos são conhecidos desde os registros fósseis do período Siluriano (408-438 milhões de anos), na era Paleozóica. No período Pensilvaniano (286-320 milhões de anos), surgiram os filos Basidiomicetos e Ascomicetos, e os primeiros fungos com corpos de frutificação nas suas estruturas. Os cogumelos, portanto, fazem parte da natureza desde a época pré-histórica, existindo relatos do seu crescimento em madeira fossilizada com 300 milhões de anos e do seu uso como alimento, para fins medicinais e em ritos religiosos, pelas primeiras civilizações dos povos egípcios, romanos, gregos, chineses e mexicanos (CHANG e MILES, 2004).

No Brasil, povos nativos consomem tradicionalmente diferentes espécies de cogumelos. Os tupis-guaranis utilizam o *Pycnoporus sanguineus* como medicamento, os caingangues incluem o *Pleurotus pulmonarius* na alimentação e os ianomâmis, da Amazônia, utilizam diversas espécies com finalidades alimentares e medicinais (SOCCOL et al., 2017; VARGAS-ISLA, ISHIKAWA, PY-DANIEL, 2013).

Heads e colaboradores, em 2017, documentaram o registro fóssil do cogumelo *Gondwanagaricites magnificus* (Figura 1). Ele representa o registro mais antigo de um cogumelo branqueado e é o único fóssil de cogumelo conhecido a partir de uma substituição mineralizada, sendo proveniente dos calcários laminados da Formação Cretáceo Inferior do Nordeste do Brasil, conhecida atualmente como Bacia do Araripe, no Ceará. *Gondwanagaricites* possui o ponto de calibração mais antigo até agora para os Agaricales, com uma nova idade mínima de 113–120 milhões de anos, sendo também o primeiro cogumelo fóssil do supercontinente do sul, o Gondwana.

Diversos são os tipos de cogumelos, variando entre gênero e espécie, cultivados ao redor do mundo e estes podem ser classificados como comestíveis, alucinogênicos, medicinais e venenosos. São mais de 14.000 espécies registradas, sendo mais de 2.000 comestíveis e ainda 126.000 desconhecidas. Das 2.000 espécies de cogumelos comestíveis, 100 são extensivamente colhidas, 15-30 colhidas universalmente, 80 são cultivadas experimentalmente, 40 são comercialmente cultivadas e 5-6 são produzidas em larga escala (SOCCOL et al., 2017; GUPTA et al., 2017; PATEL, NARAIAN e SINGH, 2012).

Figura 1. Fotomicrografia do fóssil de *Gondwanagaricites magnificus gen. et sp. nov.*



Fonte: Heads et al. (2017).

Os cogumelos denominados comestíveis não devem apresentar substâncias tóxicas em sua composição, como os ciclo-peptídeos, amanitina, giromitrina, orelanina, mono-metil-hidrazina, coprina, muscarina, muscimol, ácido ibotênico, psilocina e psilocibina (SOCCOL et al., 2017; CVE, 2003) sendo definidos pela RDC Nº 272 de 22 de setembro de 2005 como:

“é o produto obtido de espécie(s) de fungo(s) comestível(is), tradicionalmente utilizada(s) como alimento. Pode ser dessecado, inteiro, fragmentado, moído ou em conserva, submetido a processo de secagem e ou defumação e ou cocção e ou salga e ou fermentação ou outro processo tecnológico considerado seguro para a produção de alimentos”.

Os cogumelos, além de apreciados pelas características sensoriais, possuem importantes propriedades nutricionais e medicinais que o enquadram como alimento funcional e nutracêutico. São compostos de substâncias bioativas, como proteínas, glicosídeos, alcaloides, óleos voláteis, terpenóides, tocoferóis, ácidos fenólicos, flavonoides, enzimas e ácidos orgânicos, capazes de promover efeitos terapêuticos à saúde (REIS et al., 2017; VALVERDE, HERNÁNDEZ-PÉREZ, PAREDES-LOPEZ, 2015).

Dentre os benefícios oferecidos pelos seus bioativos, se destacam as funções com atividade antibacteriana, antifúngica, antiviral, antiparasitária, antioxidante, anti-inflamatória,

antiproliferativa, anticâncer, antitumoral, citotóxica, anti-HIV, hipocolesterolêmica, anti-hipertensiva, antidiabética, anticoagulante e hepatoprotetora (ABOU RAYA et al., 2014).

Diferentemente das plantas, o metabolismo dos cogumelos não possui a capacidade de realizar fotossíntese. Para a obtenção de nutrientes, eles fazem bioconversão, através de enzimas hidrolisantes e oxidantes, capazes de degradar materiais ligninocelulósicos e absorvê-los para o seu crescimento e frutificação. Essa característica contribui na redução efetiva dos problemas de descarte de resíduos, convertendo-os em fontes renováveis, por meio de processos biotecnológicos favoráveis à poupança de energia, provocando impacto positivo na conservação e regeneração do meio ambiente (JULIAN e REYES, 2018).

Ao longo dos anos, a produção mundial de cogumelos se mantém em ampla ascensão e os fatores que influenciam o alavancar dessa cultura são advindos principalmente de países em desenvolvimento. As contribuições para esse crescimento são provenientes de inovações em tecnologias de cultivo, que geram melhorias na qualidade final dos cogumelos e dos seus produtos derivados, além da crescente promoção dos seus benefícios nutricionais e funcionais (CHANG e WASSER, 2012).

Os últimos dados apresentados pela *Food and Agriculture Organization of the United Nations* (FAO) sobre o cenário da produção de cogumelos no mundo (Tabela 1) demonstram o aumento na demanda e utilização desses fungos, com aplicações para diversos fins: alimentação, matéria-prima para a fabricação de medicamentos, suplementos alimentares e cosméticos (VIEIRA GOMES et al., 2019).

Tabela 1. Comparativo da Produção Mundial de Cogumelos (em toneladas) no ano de 2011 e 2017.

País	Ano 2011	Ano 2017
<i>China</i>	5.667.820	7.868.782
<i>Estados Unidos</i>	390.902	421.208
<i>Polônia</i>	220.000	302.916
<i>Países Baixos</i>	304.000	300.000
<i>Espanha</i>	146.100	159.018
<i>Canadá</i>	134.673	132.556

Fonte: FAO (2017).

O Brasil não está incluso nas estatísticas da FAO e não possui dados oficiais internos sobre a produção de cogumelos. Sabe-se que os principais produtores estão nos estados de São Paulo e Paraná, mas a cadeia produtiva tem se expandido para outras regiões, como Minas

Gerais, Rio de Janeiro, Bahia, Pernambuco, Brasília e Rio Grande do Sul. A cidade de Mogi das Cruzes - SP é o local onde se concentra o maior número de produtores do país e, na cidade de Vitória da Conquista –BA, está localizada a mais moderna indústria de cogumelos da América Latina (ANPC, 2020).

No mundo, as espécies de cogumelos mais consumidas são *Agaricus bisporus*, *Lentinula edodes*, *Pleurotus spp* e *Flammulina velutipes* e, no Brasil, as espécies mais produzidas e comercializadas são *A. bisporus* (champignon Paris), *Pleurotus eryngi* (eryngui), *Pleurotus ostreatus* (shimeji), *L. edodes* (shiitake) e *Agaricus blazei Murril* (cogumelo do sol) (ANPC, 2020; VALVERDE, HERNÁNDEZ-PÉREZ, PAREDES-LOPEZ, 2015; REIS et al., 2012; DIAS, 2010).

1.3 *Pleurotus ostreatus*

1.3.1 Definição

O cogumelo *Pleurotus spp.* teve origem na Alemanha, durante a Primeira Guerra Mundial, como medida de subsistência para o controle do impacto da escassez de alimentos. Seu primeiro cultivo foi documentado por Kaufert (Kaufert et al., 1936). Esse gênero é definido como um grupo de podridão branca, de fungos lignolíticos, com capacidade de degradar lignocelulose e converter a bioenergia em nutrientes para o seu crescimento. Possuem alto valor nutricional e propriedades medicinais, além de extensas aplicações biotecnológicas e ambientais (JULIAN e REYES et al., 2018; GUPTA et al., 2017; CORRÊA et al., 2016; KNOP, YARDEN, HADAR, 2015; DEEPAHASKHMI e MIRUNALINI, 2014).

O gênero *Pleurotus spp.* é amplamente cultivado em todo o mundo, em áreas tropicais e subtropicais, bem como em condições de produção controlada. Possuem vantagens significativas em relação a outros tipos de cogumelos, como facilidade de cultivo, tempo de desenvolvimento curto, capacidade de crescimento em resíduos lignocelulósicos, resistência ao ataque de pragas e doenças, alto rendimento, conjunto de enzimas eficazes para biodegradação, além de serem biorremediadores ambientais, nutracêuticos e fisiologicamente benéficos (GUPTA et al., 2017; BELLETTINI et al., 2016).

Os cogumelos do gênero *Pleurotus spp.* abrangem mais de 200 espécies, dentre elas o *P. ostreatus*, sendo esta considerada a terceira maior em produção mundial, permanecendo atrás somente do *Agaricus bisporus* e do *Lentinula edodes*. De acordo com a descrição taxonômica, essa espécie pertence ao reino dos Fungos, filo Basidiomycota, classe Agaricomycetes, ordem

Agaricales, família Pleurotacea, gênero *Pleurotus* e espécie *P. ostreatus* (UNIPROT, 2020; CORRÊA et al., 2016; FERNANDES et al., 2015).

Popularmente conhecidos como cogumelos ostra, o termo *Pleurotus* vem do latim e refere-se ao crescimento lateralizado do caule em relação à tampa, e o *ostreatus*, com origem também no latim, refere-se à forma da tampa que se assemelha ao formato de ostra. Além disso, o *P. ostreatus* possui variedades que vão do branco ao cinza ou do marrom ao castanho-escuro, com tampas medindo de 5 a 25 cm (Figura 2) (DEEPALAKSHMI e MIRUNALINI, 2014).

Figura 2. Diferentes variedades do *P. ostreatus*.



Fonte: Divulgação (2020).

Nos últimos anos, os principais focos em pesquisas utilizando a espécie *P. ostreatus* estão relacionados com o isolamento e caracterização de componentes bioativos, propriedades bioativas, produção de enzimas, biotransformação e nanopartículas (CORRÊA et al., 2016; MAFTOUN et al., 2015; EL-BATAL et al., 2015; FACCHINI et al., 2014; PURMONO et al., 2013).

1.3.2 Composição química e valor nutricional

A composição química e a quantidade de macro e micronutrientes presentes nos cogumelos são variáveis, dependendo não somente do gênero ou da espécie, mas também das formas de cultivo. Os aspectos que contribuem para as variações do perfil de nutrientes estão relacionados com as condições de produção e armazenamento, o grau de maturação durante a colheita e, principalmente, a composição do substrato, responsável pelas características químicas, funcionais e sensoriais do fungo (SUN et al., 2017; BELLETTINI et al., 2016; SUDHEEP e SRIDHAR, 2014).

A espécie *P. ostreatus* apresenta uma composição nutricional importante, sendo fonte de proteínas, carboidratos, fibras, vitaminas, como B₁, B₂, B₁₂, niacina, folato e ácido ascórbico, e minerais, como cálcio, potássio, sódio, magnésio, manganês, fósforo, ferro e cobre (LI et al., 2015; CARVALHO et al., 2014; VIEIRA et al., 2013).

A Tabela 2 apresenta a quantidade dos principais constituintes da espécie *P. ostreatus*.

Tabela 2. Composição nutricional da espécie *P. ostreatus*.

Nutriente	g/100 g
<i>Carboidratos</i>	13,1 - 85,8
<i>Proteínas</i>	7,3 - 53,3
<i>Lipídios</i>	0,5 - 7,6
<i>Fibras</i>	7,6 - 15,0
<i>Cinzas</i>	4,1 - 15,9

Fonte: Carrasco-González, Serna-Saldívar, Gutiérrez-Urbe (2017).

Os carboidratos são os principais componentes presentes em todas as espécies de cogumelos, representando cerca de 40-70% da sua matéria seca. São constituídos de monossacarídeos, dissacarídeos, polióis como glicose, trealose, manitol e arabitol, e polissacarídeos como a quitina e o glucano, sendo esses últimos os principais carboidratos encontrados na espécie *P. ostreatus* (ZHOU et al., 2016, KALAC, 2013; REIS et al., 2012; KHAN E TANIA, 2012).

As proteínas e peptídeos presentes nos cogumelos apresentam uma excelente atividade biológica e a qualidade proteica do *P. ostreatus* é uma das principais características dessa espécie. Ela contém elevados teores de todos os aminoácidos essenciais e não essenciais, e uma excelente digestibilidade proteica (CARRASCO-GONZÁLEZ, SERNA-SALDÍVAR, GUTIÉRREZ-URIBE, 2017; XU et al., 2011).

Os lipídios na espécie *P. ostreatus* são a menor fração dos constituintes, sendo representados principalmente pelos ácidos graxos oléico e linoleico (DEEPAHASKHMI e MIRUNALINI, 2014; KHAN e TANIA, 2012).

As fibras são um importante componente dos cogumelos, principalmente os β -glucanos, compostos bioativos que apresentam atividades antitumorais e imunoestimulantes. O gênero *Pleurotus* é considerado uma das principais fontes desses polissacarídeos, sendo a espécie *P. ostreatus* a que contém a maior quantidade de fibra bruta e de β -glucanos (CARRASCO-GONZÁLEZ, SERNA-SALDÍVAR, GUTIÉRREZ-URIBE, 2017; ZHU et al., 2015).

Os corpos frutíferos dos cogumelos *Pleurotus spp.* possuem também um alto teor de constituintes minerais. A quantidade e o tipo de mineral encontrado dependem principalmente da composição do substrato utilizado para o cultivo. Os micélios dos cogumelos realizam a captação dos minerais disponíveis no substrato e transferem esses elementos para os corpos de frutificação, resultando no acúmulo destes nas partes morfológicas do cogumelo (tampa e estirpe) (FALANDYSZ et al., 2017; MAFTOUN et al., 2015; VIEIRA et al., 2013; FALANDYSZ et al., 2011).

Eles possuem quantidades elevadas de metais pesados, quando comparados com outros alimentos e plantas, o que sugere que esses macrofungos contêm um mecanismo que permite a absorção eficaz de alguns desses elementos, como chumbo, cádmio, ferro, cobre, zinco, cromo, níquel, alumínio e mercúrio. Esse processo pode ser afetado por fatores ambientais ou inerentes ao fungo, como a presença de matéria orgânica, pH, concentrações dos metais nos substratos, espécie do cogumelo, parte morfológica do corpo de frutificação, estágio de desenvolvimento, idade do micélio e composição química (NNOROM, EZE e UKAOGO, 2019).

Os minerais desempenham um papel importante nos sistemas biológicos, contribuindo para o adequado funcionamento do organismo, como na regulação de atividades enzimáticas, do sistema imune e do sistema nervoso, constituição de biomoléculas, entre outros (GHARIBZAHEDI e JAFARI, 2017).

Os principais minerais encontrados na espécie *P. ostreatus* e suas funções no organismo são apresentados no Quadro 1.

As vitaminas encontradas nos cogumelos são principalmente a riboflavina, biotina, niacina e vitamina C. A espécie *P. ostreatus* é a única fonte alimentar não animal que contém além da vitamina D, o seu precursor ergosterol, que é convertido em vitamina D através da exposição solar (MUTUKWA et al., 2019; VALVERDE et al., 2015).

Os cogumelos não são alimentos calóricos, pois fornecem pequenas quantidades de lipídios. O *P. ostreatus* é caracterizado por conter alto teor de água, alta porcentagem de umidade (80-95 g/100 g) e baixo poder calorífico (1510 kJ kg⁻¹ de partes comestíveis) (BELLETTINI et al., 2016; VALVERDE et al., 2015).

O sabor umami, conhecido como o quinto sabor básico, é bastante acentuado nos cogumelos e se caracteriza pela presença de pequenas substâncias solúveis como os aminoácidos livres, ácido glutâmico e ácido aspártico, e os nucleotídeos 5-monofosfato purina inosina (IMP) e 5-monofosfato de guanosina (GMP). O cogumelo ostra possui alto conteúdo de 50-nucleotídeos (> 5 mg/g), possuindo uma concentração equivalente de umami (EUC) de

3890 mg MSG/g, sendo o cogumelo com a maior concentração de sabor umami quando comparado com outras espécies (PHAT, MOON, LEE, 2016; LI et al., 2014).

Quadro 1. Composição mineral da espécie *P. ostreatus* e suas principais funções no organismo.

Mineral	Funções no organismo humano
<i>Cálcio</i>	Relaxamento e contração muscular; sistema nervoso; manutenção do sistema imunológico; fortalecimento de ossos e dentes; coagulação sanguínea e regulação da pressão arterial.
<i>Potássio</i>	Balanço eletrolítico; sistema nervoso; contração muscular e manutenção adequada da pressão arterial.
<i>Sódio</i>	Balanço eletrolítico; função cardiovascular; contração muscular e nervo transição.
<i>Ferro</i>	Formação de hemoglobina nos glóbulos vermelhos, que transporta oxigênio dos pulmões para as células do corpo; metabolismo energético; transportador de elétrons dentro das células; componente importante de alguns sistemas enzimáticos.
<i>Magnésio</i>	Formação de proteínas; contração muscular; manutenção do sistema imunológico; sistema nervoso; auxilia na prevenção da constipação.
<i>Zinco</i>	Componente estrutural importante de algumas enzimas; formação de proteínas; cicatrização de feridas; produção de esperma; desenvolvimento fetal; crescimento e maturação sexual; manutenção do sistema imunológico; auxilia na digestão.
<i>Manganês</i>	Componente estrutural importante de algumas enzimas; componente importante para o bom funcionamento cerebral e atividade adequada do sistema nervoso; crescimento adequado e normal da estrutura óssea; prevenção da osteoporose e tratamento da pós-menopausa.
<i>Fósforo</i>	Componente presente em todas as células; produção de proteínas que fornecem crescimento, manutenção e reparação à célula; formação de ATP e produção de energia; importante para ossos e dentes; sistema ácido-base; trabalha com as vitaminas do complexo B no desempenho dos rins, músculos, batimentos cardíacos e sinalização nervosa.
<i>Cobre</i>	Componente estrutural importante de algumas enzimas; essencial para o bom funcionamento dos órgãos e dos processos metabólicos; estimulação do sistema imunológico no combate as infecções; reparação de tecidos lesionados; neutralização de radicais livres.

Fonte: Gharibzahedi e Jafari (2017).

Além do sabor, o aroma dos cogumelos é proveniente de compostos voláteis como os terpenos, hidrocarbonetos formados a partir de unidades de isopreno, ácidos graxos cíclicos, saturados e insaturados. O *P. ostreatus* é formado por compostos voláteis como o 3-octanona, 1-octen-3-ona, 3-octanol, 1-octen-3-ol, benzaldeído, 1-octanol e 2-octen-1-ol, sendo proeminentes o ácido nonadecanóico e o 9,12 octadecadieno-1-ol (MAFTOUN et al., 2015).

1.3.3 Propriedades biotivas, funcionais e nutracêuticas

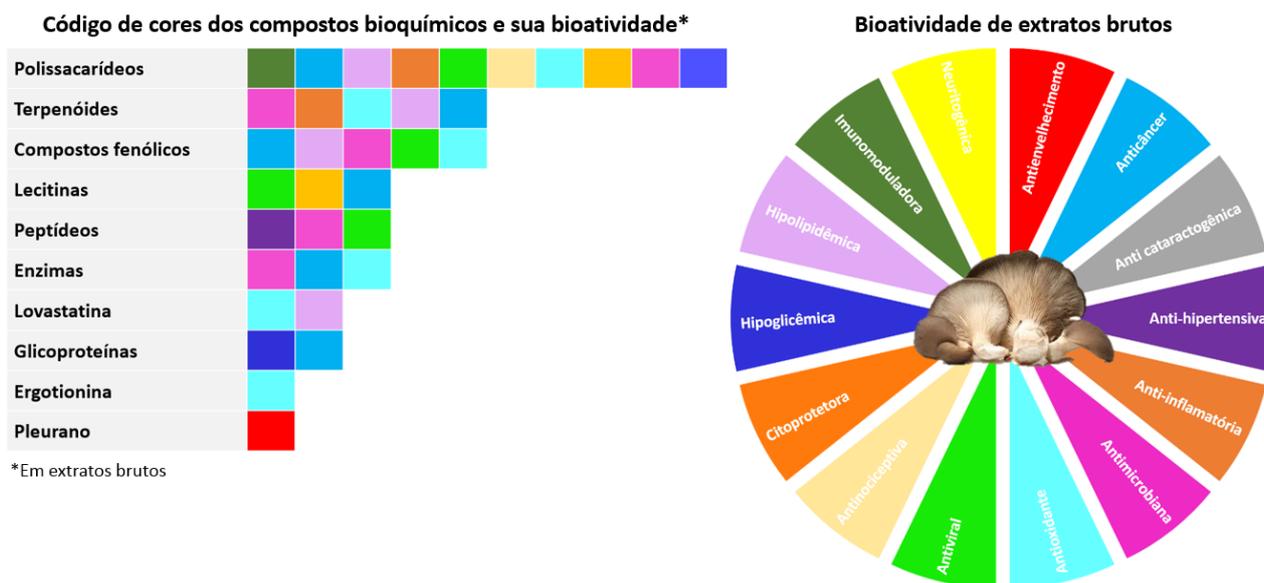
Os cogumelos são considerados alimentos nutricionalmente funcionais e uma fonte de componentes bioativos. Seu uso tem se expandido em larga escala não somente como alimento, mas na área farmacêutica, nutracêutica e cosmeceutica (RATHORE, PRASAD, SHARMA, 2017; KHAN e TANIA, 2012).

Segundo a Resolução N° 19, de 30 de abril de 1999, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), a alegação de propriedade funcional de um alimento é “aquela relativa ao papel metabólico ou fisiológico que o nutriente ou o não nutriente tem no crescimento, desenvolvimento, manutenção e outras funções normais do organismo”. A Resolução RDC N° 2, de 7 de janeiro de 2002, da ANVISA, define substância bioativa como “além dos nutrientes, os não nutrientes que possuem ação metabólica ou fisiológica específica.

Na literatura também se encontra o termo “nutracêutico”, definido pela primeira vez por Stephen DeFelice, em 1989, como um alimento ou parte de um alimento capaz de fornecer benefícios medicinais ou de saúde, incluindo a prevenção e o tratamento de uma doença (EL SOHAYME, 2012).

Atualmente, existem diversas substâncias bioativas provenientes do *P. ostreatus* em estudo, com o objetivo principal de conhecer as contribuições que esses compostos podem fornecer para a saúde do ser humano (Figura 3).

Dentre os benefícios já encontrados, estão os efeitos terapêuticos e preventivos para o câncer de mama e cólon, e a inibição eficaz do desenvolvimento do tumor Ehrlich (ET) e Sarcoma 180 (S-180) (FACCHINI et al, 2014; JEDINAK e SLIVA, 2008). Além disso, também foram encontrados benefícios como a atividade antiviral contra o vírus herpes simplex tipo 1 (HSV-1), proveniente dos β -glucanos presentes nas frações de polissacarídeos (SANTOYO et al., 2012), melhora do perfil lipídico em humanos, com redução dos níveis de triglicerídeos, colesterol total, lipoproteína de baixa densidade (LDL) e LDL oxidado. Esses efeitos podem ser atribuídos ao ácido linoleico, ao ergosterol e aos derivados de ergosta, que mostraram capacidade de absorção de radicais livres de oxigênio e inibição da ciclooxigenase *in vitro* (RAVI et al., 2013; SCHNEIDER et al., 2011).

Figura 3. Bioatividade da espécie *P. ostreatus*.

Fonte: O autor (2020). Adaptado de Carrasco-González, Serna-Saldívar, Gutiérrez-Urbe (2017).

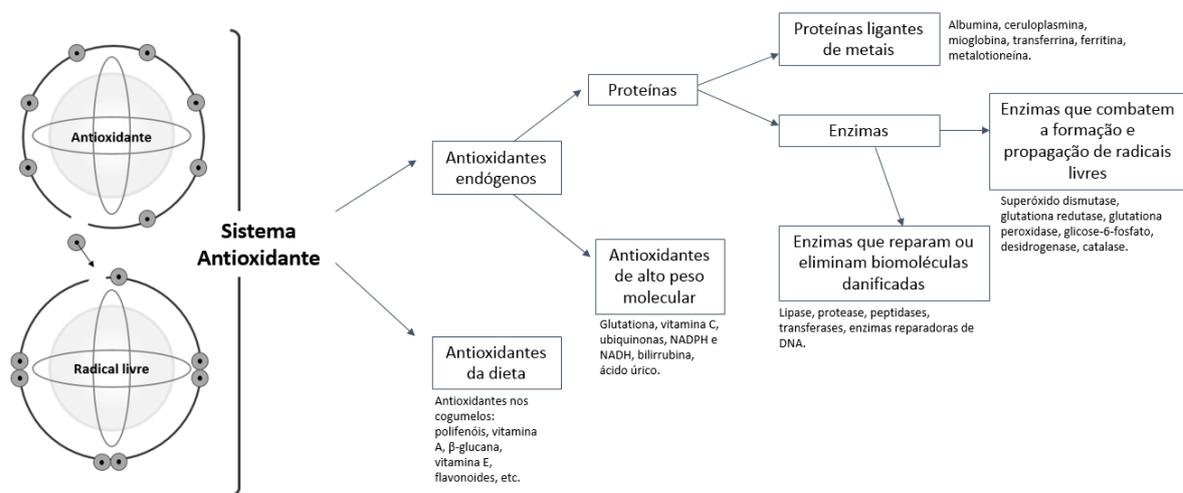
Além desses, também foram encontradas atividade amebicida do peróxido de ergosterol isolado do *P. ostreatus* contra a *Entamoeba histolytica* (MEZA-MENCHACA et al., 2015), função imunológica com atividade radioprotetora contra danos a hematopoiese (LLAURADÓ et al., 2015), efeito hepatoprotetor proveniente dos polissacarídeos (ZHU et al., 2019), ação hipoglicemiante e antiadipogênica, onde diferentes concentrações do extrato do cogumelo ostra inibiram a ação da proteína de ligação de ácidos graxos (FABP-4), da proteína de transporte de ácidos graxos (FATP-1) e da lipase lipoproteica (LPL), demonstrado que o *P. ostreatus* e a sua antraquinona bioativa possuem a capacidade de impedir a deposição de gordura nos adipócitos (BINDHU e DAS, 2019; RAVI et al., 2013).

1.3.4 Propriedades antioxidantes

O estresse oxidativo causado pela produção atípica de espécies reativas de oxigênio (ROS) (ânion superóxido - O_2^- , radical hidroxila - OH , óxido nítrico - $NO \bullet$, peróxido de hidrogênio - H_2O_2), juntamente com um sistema de defesa antioxidante insuficiente, contribui para o surgimento de diversas patologias degenerativas, como Alzheimer, diabetes mellitus, reumatismo, doenças hepáticas, doenças cardiovasculares, câncer, catarata e insuficiência renal (AKATA et al., 2018; MITRA, KHATUA, ACHARYA, 2013).

Para inibir o surgimento dos danos celulares, as substâncias antioxidantes participam neutralizando a ação dos radicais livres e controlando a produção das ROS durante a oxidação. Esses componentes antioxidantes podem ser produzidos de forma endógena, como as enzimas superóxido dismutase, glutatona peroxidase, lipases, proteases, ou serem provenientes de fontes dietéticas, como os compostos encontrados nos cogumelos (polifenóis, vitamina A, vitamina E, flavonoides, β -glucanos) (Figura 4) (SÁNCHEZ, 2016).

Figura 4. Representação do sistema e das moléculas antioxidantes.



Fonte: O autor (2020). Adaptado de Sánchez (2016).

O *P. ostreatus* contém diversos metabólitos secundários que atuam como excelentes antioxidantes. Entre eles se destacam os polissacarídeos, principalmente os β -glucanos, (MA et al., 2018; YAN et al., 2018; ZHU et al., 2015; PATRA et al., 2013; MITRA, KHATUA, ACHARYA, 2013; ZHANG, DAI, CHEN, 2012), ergotionina, glutatona (KALARAS et al., 2017; WOLDEGIORGIS et al., 2014), glicosídeos, terpenoides, esteroides, alcaloides e os compostos fenólicos, que demonstraram agir em diferentes mecanismos de defesa antioxidante, como na eliminação de radicais livres, quelação de metais e modulação da atividade enzimática (VIEIRA GOMES et al., 2019; VIEIRA et al., 2013).

Os compostos fenólicos são os principais antioxidantes encontrados nos cogumelos. Representam um grupo de metabólitos secundários formados por ácidos fenólicos, flavonoides, estilbenos, lignina e taninos. Esses polifenóis possuem um anel aromático com um ou mais grupos hidroxila, podendo variar de uma molécula fenólica simples a um polímero de alta massa molecular (STEFANELLO et al., 2016; GASECKA et al., 2015; IGNAT, VOLF, POPA, 2011).

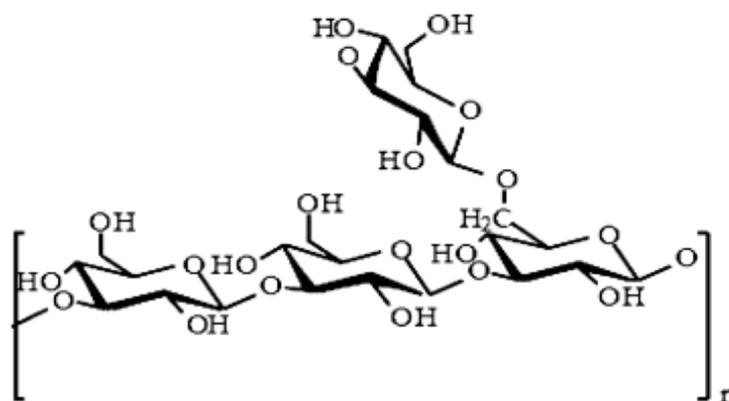
Os ácidos fenólicos são constituídos de pelo menos um anel aromático com um hidrogênio substituído pela hidroxila, subdividido em dois grupos: os ácidos hidroxibenzóicos

e os ácidos hidroxicinâmicos, derivados de moléculas não fenólicas do ácido benzoico e cinâmico, respectivamente (GUPTA et al., 2017; HELENO et al., 2015).

O cogumelo ostra possui na sua composição uma variedade de ácidos fenólicos que atuam como potentes antioxidantes, entre eles o ácido *p*-hidroxibenzóico, ácido protocatéico, ácido vanílico, ácido cinâmico, ácido ferúlico, ácido *p*-cumárico, ácido *trans*-cinâmico, naringina, ácido caféico, ácido gálico e miricetina (BACH, 2017b; HELENO et al., 2015; WOLDEGIORGIS et al., 2014).

Além dos ácidos fenólicos, o β -glucano, composto funcional importante encontrado nos cogumelos, vêm sendo estudado acerca das suas propriedades antioxidantes, devido a presença de grupos funcionais (-OH, C-H, C=O). Esse polissacarídeo é classificado como um polímero de cadeia longa de unidades de glicose ligadas entre si por ligações glicosídicas (Figura 5), variando os tipos de ligação, os modos de ramificação e o peso molecular de acordo com a fonte de extração (KHAN et al., 2017).

Figura 5. Estrutura da β (1-3) e β (1-6) nos cogumelos.



Fonte: Zhu et al. (2015).

O β -glucano encontrado nos cogumelos possui ligações β (1-3) e β (1-6), e a sua maior parte ocorre como fração insolúvel (54-82%) e uma pequena porção solúvel em água (16-46%). (KHAN et al., 2015).

Esses β -glucanos desempenham importante papel como modificadores de resposta biológica, com propriedades imunomoduladoras, incluindo imunidade humoral e celular, protegendo contra o desenvolvimento de tumores e infecções por patógenos (VETVICKA et al., 2019).

Inúmeras metodologias foram propostas para avaliar a capacidade antioxidante e determinar a atuação desses compostos. O método DPPH (1,1-difenil-2-picrilidrazil) é um dos

mais utilizados devido a sua facilidade, rapidez e estabilidade, e se baseia na eliminação dos radicais livres e no potencial redox dos antioxidantes. A molécula de DPPH é um radical estável devido a deslocalização do elétron desemparelhado sobre a molécula, evitando a sua dimerização e originando uma cor violeta profunda, com banda de absorção de 520 nm. O DPPH, quando misturado com uma substância doadora de átomos de hidrogênio, sofre redução com perda da cor violeta, indicando a eficácia antioxidante (CHEDEA e MARIA POP, 2019; WOLDEGIORGIS et al., 2014).

Os resultados da capacidade antioxidante avaliados pelo método DPPH são frequentemente expressos como EC_{50} , definido como a concentração efetiva do antioxidante necessária para reduzir o DPPH inicial a uma concentração de 50% (SHAHIDE e ZHONG, 2015).

Para a quantificação do teor de fenólicos totais o método mais utilizado é o ensaio de Folin-Ciocalteu, que se baseia na redução do reagente Folin-Ciocalteu (ácido fosfotúngstico e ácido fosfomolibdólico) a óxidos azuis de tungstênio e molibdênio durante a oxidação dos compostos fenólicos, em condições alcalinas. A coloração azul é absorvida a 760 nm e reflete a concentração de polifenóis, expressos geralmente em equivalente de ácido gálico (EAG) ou equivalente de catequina (EC) (CHEDEA e MARIA POP, 2019).

1.4 Produtos Cárneos

1.4.1 Hambúrguer

A intensa urbanização e industrialização ocorridas na sociedade afetaram os hábitos alimentares da população, acarretando em um consumo crescente de alimentos manufaturados, principalmente os produtos à base de carne, como o hambúrguer (FERNANDES et al., 2017).

Esse alimento é considerado um dos produtos cárneos processados mais populares do mundo. É de fácil aceitação e habitualmente consumido por grandes segmentos da população, principalmente pela sua conveniência, característica sensorial agradável e baixo preço (FERREIRA et al., 2019; MIZI et al., 2018).

Segundo o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Hambúrguer, do Ministério do Abastecimento, Pecuária e Agricultura (MAPA), entende-se por hambúrguer o produto cárneo industrializado obtido da carne moída dos animais de açougue, adicionado ou não de tecido adiposo e ingredientes, moldado e submetido a processo tecnológico adequado (BRASIL, 2000).

É considerado um alimento com proteínas de alto valor biológico, vitaminas e minerais, e sua composição deve conter 23% de gordura (máximo), 15% de proteína (mínimo), 3% de carboidratos totais, 0,1% de cálcio em hambúrguer cru e 0,45% em hambúrguer cozido (BASTOS et al., 2014; BRASIL, 2000).

A alta porcentagem de lipídios presentes no hambúrguer aliado ao seu grande consumo pela população, são fatores que contribuem para o aparecimento de diversas enfermidades, como a obesidade, câncer, hipercolesterolemias, hipertensão arterial e doenças cardiovasculares (BASTOS et al., 2014).

Atualmente, diferentes estudos estão sendo realizados com o intuito de desenvolver produtos à base de carne, como o hambúrguer, incorporando ingredientes com propriedades funcionais e bioativas. Essas pesquisas visam melhorar as características nutricionais, de qualidade e segurança do hambúrguer, por esse ser um alimento de baixa estabilidade, bastante susceptível a degradação microbiana e oxidação lipídica, ambas situações capazes de causar danos à saúde do consumidor (MIZI et al., 2018; ANGIOLILLO, CONTE, DEL NOBILE, 2014).

1.4.2 Capacidade de retenção de água (CRA)

A capacidade de retenção de água é definida como a habilidade que a carne e os produtos à base desse alimento possuem de reter a água mediante a aplicação de forças externas, como as provenientes da cocção, corte, prensagem, trituração, processamento e armazenamento, sendo essa água liberada referida de diversas maneiras, como perda por gotejamento, purga ou exsudato (WARNER, 2017).

Esse parâmetro é considerado o fator mais importante que afeta o valor econômico e a qualidade da carne e seus derivados, modificando o peso dos produtos durante o transporte e armazenamento, ocasionando perdas por gotejamento durante o descongelamento, perda de peso e retração durante o cozimento, diminuição da suculência e maciez da carne, estando intimamente relacionada com a cor, textura e firmeza desse alimento (BARBERA, 2019).

No tecido muscular da carne, a água se encontra nos espaços extracelulares e intracelulares, podendo estar nesse último de diferentes formas: no estado livre, no estado interfacial, associada às proteínas musculares, com deslocamento praticamente limitado, e como água de constituição, que está aderida aos miofilamentos (Tabela 3). A água livre é considerada a maior fração exsudada da carne, pois o encurtamento dos sarcômeros e a redução do diâmetro das fibras musculares durante o *rigor mortis*, ocasionam diminuição dos espaços capilares e facilitam a saída da água por gotejamento (GOMIDE, RAMOS, FONTES, 2013).

Tabela 3. Distribuição da água na carne (pH 5,3 – 5,8).

Forma	Água (%)
<i>Água ligada às proteínas</i>	1
<i>Interfibrilar</i>	75
<i>Extrafibrilar</i>	10
<i>Água extracelular</i>	15

Fonte: Warner (2017).

As carnes que apresentam alta CRA têm uma menor perda de água, possuindo proteínas intactas, mais solúveis e com alta funcionalidade, como maior capacidade emulsionante. Possuem uma cor vermelha mais escura e também menores perdas de nutrientes hidrossolúveis por lixiviação, principalmente de proteínas sarcoplasmáticas, vitaminas hidrossolúveis e sais minerais (GOMIDE, RAMOS, FONTES, 2013).

1.4.3 Ácidos graxos

Os ácidos graxos são os principais componentes dos lipídios e são constituídos por uma cadeia alifática e um grupo ácido carboxílico. A maioria apresenta número par de carbonos, entre 14 e 24, dispostos em uma cadeia linear, podendo ser classificados em saturados e insaturados, com esse último apresentando uma ou mais ligações duplas na sua estrutura (DAMODARAN, PARKIN, FENNEMA, 2010).

Os ácidos graxos insaturados possuem ponto de fusão relativamente baixo e são considerados mais instáveis quimicamente, devido à presença das duplas ligações. Quando possuem uma insaturação na estrutura, são denominados monoinsaturados (MUFA) e com duas ou mais insaturações, poli-insaturados (PUFA) (XAVIER, MOREIRA, MANCINI-FILHO, 2002).

De acordo com a *International Union of Pure and Applied Chemistry* (IUPAC), os ácidos graxos são denominados com base no número de carbonos. Nos saturados, a terminação *o* do nome do hidrocarboneto é substituída por *oico*. Para os insaturados, a designação *anóico* é modificada para *enóico*, como indicativo da presença de uma dupla ligação e, com base nisso, os termos *di-*, *tri-*, *tetra-* e assim sucessivamente, são adicionados (DAMODARAN, PARKIN, FENNEMA, 2010).

Dentre os ácidos graxos poli-insaturados, existem os ácidos graxos essenciais (AGE), que não conseguem ser sintetizados pelo organismo humano e são fornecidos somente através da alimentação. Os AGE são formados por duas famílias, a ômega-3 (ω -3), que têm uma dupla

ligação carbono-carbono na terceira ligação da extremidade metil do ácido graxo, e a ômega-6 (ω -6), que têm uma dupla ligação carbono-carbono na sexta ligação da extremidade metil (KAUR, CHUGH, GUPTA, 2014).

Os AGE dão origem a outros ácidos essenciais de cadeia mais longa, chamados de ácidos graxos poli-insaturados de cadeia longa (LCPUFA). O ômega-3 (ácido alfa-linolênico - ALA 18:2) origina os ácidos Eicosapentaenóico (EPA 20:5), Docosahexaenóico (DHA 22:6) e Docosapentaenóico (DPA 22:5), e o ômega-6 (AL 18:3) o Ácido Araquidônico (AA 20:4). Esses ácidos graxos essenciais são importantes na redução da morbimortalidade cardiovascular, desenvolvimento infantil, prevenção do câncer, funcionamento ideal do cérebro e da visão, artrite, hipertensão, diabetes mellitus e distúrbios neurológicos e neuropsiquiátricos (KAUR, CHUGH, GUPTA, 2014).

A Tabela 4 apresenta o perfil de ácidos graxos da carne bovina e da gordura suína.

Tabela 4. Composição de ácidos graxos na carne bovina e na gordura suína.

Ácidos graxos	Carne bovina (%)	Gordura suína (%)
<i>Palmítico 16:0</i>	25,0	23,9
<i>Esteárico 18:0</i>	13,4	12,8
<i>Ácido oleico (ω-9) 18:1</i>	36,1	35,8
<i>Ácido linoleico (ω-6) 18:2</i>	2,4	14,3
<i>Ácido α-linolênico (ω-3) 18:3</i>	0,70	1,43
<i>Ácido araquidônico (ω-6) 20:4</i>	0,63	-
<i>PUFA (ω-3) C20 –C22</i>	-	0,36
<i>EPA (ω-3) 20:5</i>	0,28	
<i>DHA (ω-3) 22:6</i>	0,05	
Total de ácidos graxos	3,8	

Fonte: Wood et al. (2003); Wood et al. (2008).

A composição de ácidos graxos na carne pode variar de acordo com o tipo de animal, a raça e a alimentação fornecida, e está relacionada com os aspectos de qualidade da carne. A variação da composição desses ácidos graxos na carne e os seus diferentes pontos de fusão influenciam na firmeza e maciez da gordura, afetando também a vida útil do alimento, uma vez que os ácidos graxos insaturados são mais propensos a oxidação, acarretando o surgimento de ranço e perda da cor (WOOD et al., 2003).

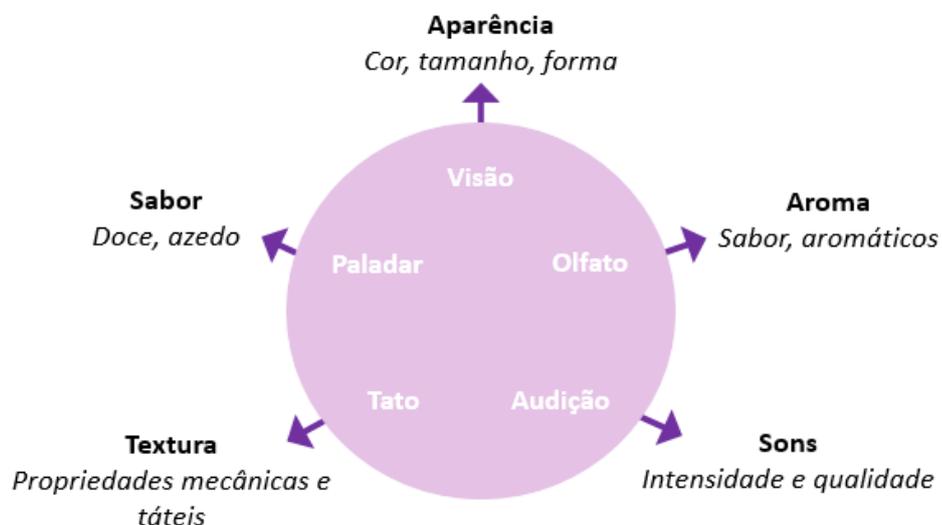
1.5 Análise sensorial

A ciência que estuda os aspectos sensoriais existe há aproximadamente 60 anos e muitos atribuem o seu surgimento à década de 1940, quando metodologias de aceitação alimentar ou hedônica por parte do consumidor foram desenvolvidas pelo Corpo de Engenheiros do Exército dos Estados Unidos. Com o fim da Segunda Guerra Mundial, o racionamento de alimentos foi interrompido e o foco passou a ser muito mais na qualidade do que na quantidade. A maior disponibilidade de alimentos, juntamente com o surgimento de novos produtos alimentícios parcialmente processados e congelados, alterou a maneira como esses itens eram ofertados e consumidos pela população, que modificou seu estilo de vida e também a sua percepção e exigência sobre os alimentos (PDST, 2017; DRAKE, 2007;).

Diante dessa mudança, a análise sensorial surge e se torna parte integrante da produção de alimentos e o seu crescimento tem sido rápido desde então. Atualmente, as metodologias sensoriais na indústria se encontram em um estágio avançado, sendo aplicadas no desenvolvimento de novos produtos, modificações de formulações, avaliação de produtos, controle de qualidade e comercialização (PDST, 2017).

Os estudos e as avaliações sensoriais dos alimentos podem ser vistos como um processo de coleta de informações usados para medir e analisar as respostas comportamentais e pré-comportamentais aos produtos alimentares, utilizando os órgãos dos cinco sentidos (Figura 6), com a finalidade de estabelecer o perfil sensorial do produto avaliado através da percepção do consumidor (YU, LOW, ZHOU, 2018).

Figura 6. O uso dos cinco sentidos na análise sensorial.



Fonte: O autor (2020). Adaptado de PDST (2017).

As metodologias utilizadas na análise sensorial podem ser agrupadas em três categorias: testes discriminativos, testes descritivos e testes afetivos. Os testes discriminativos ou diferença têm o objetivo de determinar se existem ou não diferenças estatísticas entre dois ou mais produtos. Os testes descritivos são utilizados para identificar e descrever as características sensoriais específicas do produto, empregando equipes treinadas de provadores, e os testes afetivos têm o objetivo de coletar informações a respeito da preferência ou aceitação dos consumidores em relação a um ou mais produtos (PDST, 2017; DRAKE, 2007).

A avaliação sensorial dos alimentos pelos consumidores, acerca da sua qualidade e aceitabilidade, não está relacionada apenas com quem realiza a análise, mas também com diversos fatores situacionais e contextuais, como local, hora, temperatura e ambiente social. Portanto, essa avaliação pode ser considerada uma experiência de natureza multidimensional, com aspectos importantes do ponto de vista físico, mas também psicológico, pois requisitos como a memória, cultura e emoções são fatores que possuem grande efeito nas escolhas e preferências alimentares (TORRICO et al., 2018; GEORGIOU e DANEZIS, 2017).

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

Processar, caracterizar e aplicar a farinha de cogumelo shimeji em hambúrgueres bovinos e avaliar as características físico-químicas, composição centesimal, parâmetros tecnológicos e aspectos sensoriais.

2.2 Objetivos Específicos

- Processar a farinha do cogumelo shimeji preto (*P. ostreatus*);
- Elaborar formulação base dos hambúrgueres com diferentes porcentagens da farinha de shimeji preto;
- Caracterizar através de análises físico-químicas e centesimal a farinha de shimeji preto e os hambúrgueres;
- Avaliar a composição mineral da farinha de shimeji;
- Avaliar a capacidade antioxidante da farinha de shimeji;
- Avaliar os parâmetros tecnológicos do hambúrguer com a aplicação da farinha de shimeji;
- Avaliar o teor de colesterol e a composição de ácidos graxos dos hambúrgueres;
- Avaliar a qualidade microbiológica da farinha de shimeji e dos hambúrgueres;
- Avaliar a aceitação e intenção de compra dos hambúrgueres;

III. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Local do experimento

A execução do experimento foi realizada nos laboratórios de Produtos Naturais e Biotecnologia (LPNbio), Laboratório de Panificação, Centro de Difusão e Desenvolvimento de Tecnologias (CEDETEC), Unidade Experimental de Ovinos e Caprinos (UECO), no Laboratório de Pesquisa de Produtos Naturais (LAPRON), no Laboratório de Métodos de Separações Químicas (LABMESC), no Laboratório de Análise Sensorial (LABAS) e no Laboratório de Microbiologia, todos pertencentes à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, *campus* Juvino Oliveira, Itapetinga-Bahia. O perfil cromatográfico de ácidos graxos foi realizado no Laboratório do Departamento de Química da Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Belo Horizonte, Minas Gerais.

3.2 Primeira etapa: Obtenção, secagem, processamento e caracterização da farinha de shimeji

3.2.1 Obtenção dos cogumelos

Foram adquiridos três lotes distintos (comprados em datas diferentes, com intervalo de 15 dias), de cogumelos da espécie *Pleurotus ostreatus* (shimeji preto), obtidos frescos em uma indústria produtora localizada na cidade de Vitória da Conquista-Bahia. As amostras foram coletadas e transportadas até a cidade de Itapetinga-Bahia em recipientes com proteção térmica e armazenadas sob refrigeração até o momento da secagem.

3.2.2 Secagem e processamento dos cogumelos

Os cogumelos shimeji foram fracionados em tamanhos menores e dispostos em bandejas forradas com papel alumínio. A secagem foi realizada baseada em metodologia descrita por Freire (2019), com modificações, em estufa de circulação e renovação de ar, modelo SL-102, marca SOLAB (São Paulo, Brasil) à 60 °C, por 5 horas, fazendo rotação das bandejas a cada 1 hora de secagem. Em seguida, os cogumelos desidratados foram processados em um moinho de facas, marca ACBLABOR, para obtenção da farinha, e peneirada em peneira com 30 mesh de abertura (partículas com 0,595 mm) para a padronização da granulometria. Essa etapa foi

realizada individualmente para cada lote de cogumelo e o percentual de shimeji desidratado obtido após o processo de secagem foi determinado através do cálculo de rendimento (Equação 1):

$$\text{Rendimento (\%)} = \frac{\text{Peso final} \times 100}{\text{Peso inicial}} \quad \text{Eq. 1}$$

Os cogumelos frescos, secos e a farinha são ilustrados na Figura 7.

Figura 7. Cogumelo shimeji preto (*P. ostreatus*) fresco, seco e farinha.



Fonte: O autor (2020).

3.2.3 Caracterização físico-química e composição centesimal da farinha de shimeji

3.2.3.1 Atividade de água (A_w)

A atividade de água foi realizada em triplicata utilizando aparelho analisador de atividade de água de bancada, modelo Aqualab 4TE, marca Decagon Devices (São José dos Campos, Brasil), com temperatura de 25 °C.

3.2.3.2 Determinação do pH

Para a determinação do pH foram pesadas 1,0 g da farinha de shimeji e adicionados 10 mL de água destilada, homogeneizando a mistura com o auxílio de um bastão de vidro. A leitura do pH foi realizada em triplicata, utilizando pHmetro digital, modelo mPA-210, marca MS

Tecnopon (Piracicaba, Brasil), de acordo com a metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008).

3.2.3.3 *Determinação da cor*

A determinação da cor foi realizada por análise direta de reflectância em colorímetro, modelo Color Quest XE, marca Hunter Lab (Virginia, USA), conectado ao software de análise de dados EasyMatch QC versão 3.8100. Foi utilizado o luminante D65/10 e o ângulo com 10° de inclinação. A cor foi determinada pela escala de cores CIE - Comissão Internacional de Iluminação, utilizando as coordenadas de cromaticidade L*a*b*: L* (luminosidade - capacidade de refletir a luz), variando de 0 (preto) a 100 (branco); a* (coordenada vermelho/verde), variando de -a* (verde) até +a* (vermelho), e b* (coordenada azul/amarelo), variando de -b* (azul) até +b* (amarelo).

3.2.3.4 *Cinzas totais*

A quantificação de cinzas totais foi realizada em mufla, modelo 3000/ EDG 3P-S, marca EDG Equipamentos (São Carlos, Brasil), a 550 °C, por 3 horas, de acordo com a metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008), em triplicata.

Para o cálculo do teor de cinzas foi utilizada a Equação 2:

$$\text{Cinzas totais (\%)} = \frac{100 \times N}{P} \quad \text{Eq. 2}$$

N = n° de gramas de cinzas

P = n° de gramas da amostra

3.2.3.5 *Teor de água*

A análise do teor de água foi determinada de acordo com a metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008), em triplicata. Foram pesadas 2,0 g da amostra e realizada a secagem direta em estufa de secagem e esterilização, modelo SL-100, marca SOLAB (Piracicaba, Brasil), a 105 °C, por 4 horas. Os cadinhos foram resfriados em dessecador até atingirem a temperatura ambiente e em seguida pesados. Esse procedimento foi repetido até as amostras atingirem peso constante.

O cálculo foi realizado através da Equação 3:

$$\text{Teor de água (\%)} = \frac{100 \times N}{P} \quad \text{Eq. 3}$$

N = nº de gramas de teor de água (perda de massa em g)

P = nº de gramas da amostra

3.2.3.6 *Proteínas totais*

A análise de proteínas totais foi realizada pelo método de Kjeldahl modificado, descrito pelo IAL (2008). Essa metodologia se baseia no processo de digestão da amostra, determinando a quantidade de nitrogênio presente na mesma. O fator de conversão empregado para as farinhas de shimeji foi de 4,38, considerando que os cogumelos apresentam uma alta proporção de compostos nitrogenados não proteicos, como a quitina.

O teor de proteínas totais foi determinado através da Equação 4:

$$\text{Proteínas totais (\%)} = \left(\frac{V \times N \times 0,014 \times Fc}{P} \right) \times Fcv \times 100 \quad \text{Eq. 4}$$

V = volume de HCl gasto na titulação

N = normalidade do HCl usado

Fc = fator de correção do HCl

Fcv = fator de conversão nitrogênio/proteína da farinha de shimeji

P = peso da amostra (g)

3.2.3.7 *Lipídios totais*

A análise de lipídios foi realizada por extração direta em Soxhlet, utilizando como solvente extrator o éter de petróleo PA. A extração foi realizada por um período de 5 horas, conforme metodologia recomendada pelo IAL (2008).

O teor de lipídios totais foi determinado pela Equação 5:

$$\text{Lipídios totais (\%)} = \frac{100 \times N}{P} \quad \text{Eq. 5}$$

N = peso em gramas de lipídios

P = peso em gramas da amostra

3.2.3.8 Carboidratos totais

O teor de carboidratos, em percentual, foi obtido pela diferença entre 100 e a soma do conteúdo de proteínas, lipídios, umidade e cinzas.

3.2.4 Determinação do perfil de minerais da farinha de shimeji

3.2.4.1 Digestão das amostras

A digestão das amostras foi realizada por via úmida, em triplicata, utilizando um bloco digestor modelo TE-040/25, marca TECNAL (Piracicaba, Brasil). Foram pesadas 0,8 g da amostra de farinha de shimeji em cada tubo e acrescentou-se 4,0 mL de água ultrapura e 1,0 mL de ácido nítrico PA. Os tubos foram cobertos com filme de pvc e deixados em repouso por 40 horas, para auxiliar na solubilização da amostra e na sua posterior digestão.

Após esse período, adicionou-se 2,0 mL de ácido nítrico PA e os tubos foram levados para o bloco digestor, com temperatura de 160 °C. Após 2 horas de digestão, adicionou-se 3,0 mL de peróxido de hidrogênio PA e mais 2,0 mL de ácido nítrico PA, e os tubos foram deixados no bloco até a total digestão da amostra. Ao fim desta, as amostras foram transferidas quantitativamente para tubos tipo falcon de 15 mL, estéreis, e completados com água ultrapura até o volume de 10 mL. Para a obtenção do branco foi utilizado o mesmo processo descrito acima, excluindo somente a fração correspondente à amostra.

3.2.4.2 Quantificação dos minerais

A quantificação dos minerais foi realizada através de espectrofotometria de absorção atômica com chama, utilizando o equipamento modelo novaA[®] 300, marca Analytikjena (Jena, Alemanha). Os minerais analisados foram: zinco (Zn), ferro (Fe), sódio (Na), potássio (K) e magnésio (Mg).

O teor de minerais foi determinado por interpolação das absorbâncias das amostras em uma equação de regressão linear obtida a partir de curvas de calibração construídas com padrões dos minerais avaliados (concentrações variando de 0 a 20 ppm) e os resultados foram expressos em mg do mineral por 100 g da amostra.

3.2.5 Capacidade antioxidante da farinha de shimeji

3.2.5.1 Obtenção dos extratos

Os extratos etanólicos foram obtidos segundo metodologia descrita por Tsai, Tsai e Mau (2007). A extração foi realizada utilizando a proporção de 10 g de amostra para 100 mL de etanol a 95%, sendo o preparo realizado sob agitação em agitador magnético, modelo SL091, marca SOLAB, (Piracicaba, Brasil), com auxílio de barra magnética, por 24 horas e, em seguida, filtrados. Foram realizadas três extrações e os filtrados obtidos foram combinados, concentrados em rotaevaporador e, em seguida, em concentrador, todos a 45 °C, até a completa evaporação do solvente.

3.2.5.2 Ensaio de captura de radicais livres DPPH (1,1-difenil-2-picrilidrazil)

A capacidade antioxidante via redução de radicais livres foi determinada pelo método DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazila), conforme descrito por Rufino et al. (2007), em triplicata. Primeiramente foram preparadas cinco diluições do extrato (50000; 40000; 30000; 20000; 10000 $\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$). Em seguida, alíquotas de 0,1 mL de cada diluição foram adicionadas a 3,9 mL da solução metanólica de DPPH (6×10^{-5} mol/L), em triplicata, agitadas em vórtex e deixadas em repouso, ao abrigo da luz, por 45 minutos. As absorbâncias foram então determinadas a 515 nm, em espectrofotômetro de absorção molecular modelo UV mini 1240, marca Shimadzu (São Paulo, Brasil). Os resultados foram expressos em EC_{50} , valor que estima a concentração de antioxidante necessária para inibir em 50% a concentração inicial do radical DPPH e em Índice de Atividade Antioxidante (IAA), calculado de acordo com a Equação 6:

$$IAA = \frac{\text{concentração de DPPH } (\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1})}{EC_{50} (\mu\text{g} \cdot \text{mL}^{-1})} \quad \text{Eq. 6}$$

3.2.5.3 Determinação do Poder Redutor – Método FRAP

A metodologia para a análise do Poder Redutor dos íons ferro foi realizada como descrito por Rufino et al. (2006), em triplicata. A solução do reagente FRAP foi obtida a partir da combinação de 25 mL de tampão acetato a 0,3 M, 2,5 mL da solução de 2,4,6-Tris(2-piridyl)-s-triazine (TPTZ) na concentração de 10 mM e 2,5 mL de solução aquosa de cloreto férrico a 20 mM, utilizando-o logo após seu preparo. Transferiu-se para tubos de ensaio 90,0 μL do

extrato metanólico ($10000 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$), $270,0 \mu\text{L}$ de água deionizada e $2,7 \text{ mL}$ do reagente FRAP, sendo homogeneizados em agitador de tubos. As soluções foram mantidas em banho-maria a 37°C por 30 minutos, fazendo-se a leitura das absorvâncias ao final desse tempo, a 595 nm , em espectrofotômetro de absorção molecular modelo UV mini 1240, marca Shimadzu (São Paulo, SP - Brasil). Foi construída uma curva padrão com soluções de sulfato ferroso, nas concentrações de $500,0$ a $2000,0 \mu\text{M}$. As absorvâncias das amostras foram lidas e os resultados foram expressos em mg de Fe^{2+}/g de amostra.

3.2.5.4 Quantificação de Fenólicos totais

A determinação do teor de fenólicos totais foi realizada pelo método de Folin-Ciocalteu, de acordo com metodologia descrita por Sousa et al. (2007), com modificações. As análises foram realizadas em triplicata, utilizando o extrato diluído a $10000 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$. Alíquotas de $500 \mu\text{L}$ da amostra foram adicionadas em balões volumétricos de $10,0 \text{ mL}$ juntamente com $500 \mu\text{L}$ do reagente Folin-Ciocalteu e $6,0 \text{ mL}$ de água deionizada, com posterior agitação por 1 minuto. Em seguida, $2,0 \text{ mL}$ de solução a 15% de carbonato de sódio (Na_2CO_3) foram adicionados à mistura e novamente agitados por 30 segundos. Por fim, as soluções tiveram seus volumes completados para 10 mL com água deionizada. Após o preparo das soluções, estas ficaram em repouso, ao abrigo da luz, por 2 horas para posterior leitura das absorvâncias a 750 nm , em espectrofotômetro de absorção molecular modelo UV mini 1240, marca Shimadzu (São Paulo, Brasil), tendo como branco uma solução de metanol, Folin-Ciocalteu e carbonato de sódio.

O teor de fenólicos totais foi determinado por interpolação das absorvâncias das amostras em uma equação de regressão linear obtida a partir da curva de calibração construída com padrões de ácido gálico ($40, 80, 120, 160$ e $200 \mu\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$) e os resultados foram expressos em mg de equivalente de ácido gálico (EAG) por g de extrato.

3.3 Segunda etapa: Elaboração, processamento e caracterização do hambúrguer

3.3.1 Obtenção da matéria-prima

A carne bovina escolhida para a elaboração dos hambúrgueres foi o patinho (*Quadriceps femoris*), considerado um corte magro de carne, e a gordura selecionada foi o toucinho suíno fresco. As matérias-primas foram adquiridas em açougues na cidade de Vitória da Conquista –

Bahia e transportadas em recipiente com proteção térmica para a Unidade Experimental de Caprinos e Ovinos - UECO (UESB) na cidade de Itapetinga-Bahia.

3.3.2 Elaboração e processamento dos hambúrgueres

O experimento consistiu de 5 tratamentos (Tabela 5), cada um com três repetições, onde o controle representou as amostras que não receberam a adição de farinha de shimeji, e os demais tratamentos possuíram diferentes porcentagens de farinha adicionada na sua composição (1, 2, 3 e 4%), baseadas de acordo com os trabalhos desenvolvidos por Pil-Nam e colaboradores (2015) e Nogueira (2018).

Tabela 5. Composição das formulações dos hambúrgueres.

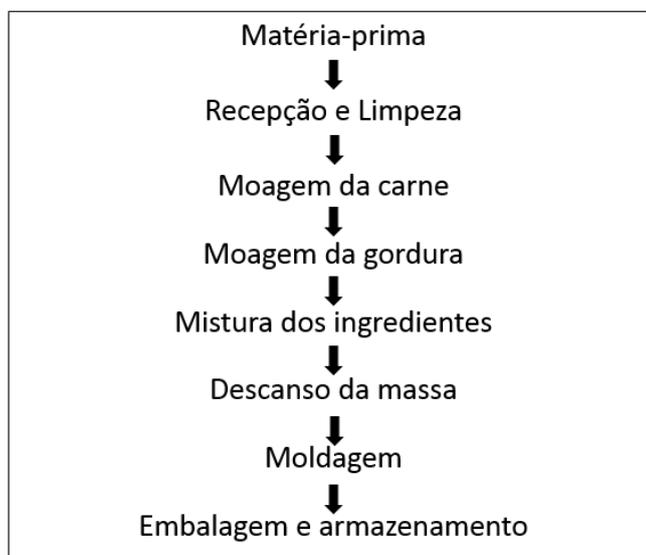
Ingredientes (%)	Tratamentos				
	Controle	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
Carne bovina (<i>Quadriceps femoris</i>)	70	70	70	70	70
Gordura (toucinho fresco)	20	20	20	20	20
Sal	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Água	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5
Farinha de shimeji preto	-	1	2	3	4

Fonte: O autor (2020).

O processamento dos hambúrgueres foi realizado em laboratório da UECO seguindo o fluxograma descrito na Figura 8. Após a chegada das matérias-primas, foi realizada o toalete manual da carne e toucinho. Em seguida, a carne e a gordura foram moídas separadamente, em um processador de alimentos, modelo RI7776/91, marca Philips (Itapevi, Brasil), misturadas uma na outra com os demais ingredientes e passadas novamente pelo processador para garantir uma completa homogeneização da massa. Posteriormente, a massa foi deixada em repouso em câmara fria, com temperatura de -5 °C, por 12 horas, em bandejas plásticas identificadas e cobertas com película de polietileno até o momento da moldagem.

Após o descanso da massa para garantir a sua estabilidade, os hambúrgueres foram moldados com peso individual de 100 g, utilizando uma prensa manual em inox, e acondicionados individualmente em sacos plásticos de polietileno, devidamente identificados por cada tratamento. A conservação foi realizada sob congelamento em freezer horizontal com temperatura de -18 °C até a realização das análises.

Figura 8. Fluxograma do processamento dos hambúrgueres.



Fonte: O autor (2020).

3.3.3 Caracterização físico-química e composição centesimal dos hambúrgueres

3.3.3.1 Atividade de água (A_w)

A análise de atividade de água para os hambúrgueres foi realizada conforme descrito no item **3.2.3.1**.

3.3.3.2 Determinação do pH

Para a determinação do pH foram pesadas 10 g do hambúrguer e adicionados 100 mL de água destilada, homogeneizando a mistura com o auxílio de um bastão de vidro e agitador vortéx, modelo Lab Dancer, marca IKA. A leitura do pH foi realizada em triplicata, utilizando pHmetro digital, modelo mPA-210, marca MS Tecnoyon (Piracicaba, Brasil) (IAL, 2008).

3.3.3.3 Determinação da cor

A análise de cor para os hambúrgueres foi realizada conforme descrito no item **3.2.3.3**.

3.3.3.4 Cinzas totais

A análise de cinzas para os hambúrgueres foi realizada conforme descrito no item **3.2.3.4**, por um período de 5 horas.

3.3.3.5 Teor de água

A análise do teor de água foi determinada de acordo com a metodologia descrita pelo Instituto Adolfo Lutz (2008), em triplicata. Foram pesadas 5,0 g da amostra e realizada a secagem direta em estufa de secagem e esterilização, modelo SL-100, marca SOLAB (Piracicaba, Brasil), a 105 °C, por 16 horas. Os cadinhos foram resfriados em dessecador até atingirem a temperatura ambiente e em seguida pesados. O cálculo foi realizado através da Equação 3.

3.3.3.6 Proteínas totais

A análise de proteínas totais para os hambúrgueres foi realizada conforme descrito no item **3.2.3.6**, utilizando o valor de 6,25 como fator de conversão (IAL, 2008).

3.3.3.7 Lipídios totais

A análise de lipídios foi realizada pela técnica de Bligh e Dyer (1959), utilizando uma mistura de três solventes: clorofórmio - metanol - água. Foram pesadas cerca de 15 g da amostra em um béquer de 250 mL, sendo adicionado 15 mL de clorofórmio e 30 mL de metanol e agitados por 5 minutos. Após esse tempo, adicionou-se mais 15 mL de clorofórmio e novamente a mistura foi agitada por mais 5 minutos. Em seguida, fez-se a adição de 15 mL de água destilada, mantendo-se a mistura sob agitação por mais 5 minutos.

A solução obtida foi filtrada à vácuo, em funil de Büchner, com papel filtro quantitativo, sendo ao resíduo adicionado mais 15 mL de clorofórmio, mantendo-se sob agitação por 5 minutos. Filtrou-se o resíduo através do mesmo papel filtro e o béquer foi lavado com mais 10 mL de clorofórmio. O filtrado foi recolhido em um funil de separação e após a divisão das fases, a fração inferior, contendo o clorofórmio e a matéria graxa, foi drenada para um balão previamente tarado, sendo a solução concentrada em rotaevaporador (banho-maria a 33-34°C). O resíduo de solvente foi eliminado com fluxo de nitrogênio. A matéria restante no balão foi pesada e o teor de lipídios determinado através da Equação 5.

3.3.4 Determinação do Teor de Colesterol

A quantificação do colesterol nos hambúrgueres crus foi realizada através da saponificação direta das amostras e posterior extração de colesterol e óxidos, utilizando como solvente o hexano, conforme metodologia proposta por Saldanha e colaboradores (2004), com modificações no tipo e no tempo da saponificação baseadas em Saldanha et al. (2006).

Foram pesadas 2,0 g da amostra processada em tubo com tampa rosqueável, onde adicionou-se 4,0 mL de solução aquosa a 50% (p/v) de hidróxido de potássio (KOH) e 6,0 mL de álcool etílico P.A., agitando-o em vortex por 1 minuto, e colocando em repouso num ambiente sem incidência de luz e a temperatura ambiente, por um período de 22 horas, para a completa realização da reação de saponificação.

Após esse período, adicionou-se 5,0 mL de água destilada e 10 mL de hexano P.A., seguido por agitação em vórtex por 5 minutos. Aguardou-se a completa separação das fases e coletou-se a fração hexânica. A fase hexânica foi transferida para um balão e levada para o rotaevaporador, para a completa evaporação do solvente, e o resíduo contido no balão foi diluído em 2,5 mL de fase móvel (uma mistura dos solventes acetonitrila:isopropanol, na proporção de 85:15; grau de pureza cromatográfico) e filtrado com o auxílio de filtro de seringa.

O filtrado foi armazenado em tubo tipo Eppendorf e mantido sob refrigeração até sua análise por Cromatografia Líquida de Alta Eficiência (CLAE). Foram injetados 20 μ L no cromatógrafo líquido, modelo SIL-10AF, marca Shimadzu Auto Sampler (Barueri, Brasil), com uma coluna de fase reversa C18 (250 x 4,6 mm), com tamanho de partículas de 5 μ m. A fase móvel utilizada foi acetonitrila/isopropanol (85:15 v/v), em modo isocrático, com vazão constante de 2,0 mL/min. Os cromatogramas foram analisados e o teor de colesterol foi determinado por interpolação das áreas das amostras em uma equação de regressão linear obtida a partir da curva de calibração construída com um padrão de colesterol (5, 10, 30, 50, 80 mg/mL) e os resultados foram expressos em mg de colesterol por g de extrato.

3.3.5 Análise de ácidos graxos por cromatografia gasosa

3.3.5.1 Extração dos lipídios

Os extratos dos hambúrgueres foram obtidos a partir da imersão de 10 g da amostra em 30 mL de hexano por um período de 12 horas, à temperatura ambiente (25 °C). Foram realizadas três extrações e os filtrados obtidos foram combinados e concentrados em rotaevaporador.

3.3.5.2 Hidrólise dos lipídios

Dissolveu-se, em tubo criogênico de capacidade de 2 mL, aproximadamente 1 mg dos extratos em 100 µL de uma solução de hidróxido de sódio a 1 mol/L em etanol:água, na proporção de 95:5. Em seguida, foram agitados em vórtex por 10 segundos e o extrato foi levado para hidrólise em forno micro-ondas doméstico, modelo MT030, marca Electrolux (Curitiba, Brasil), a potência de 30%, durante 4 minutos. Após resfriamento, adicionou-se 400 µL de ácido clorídrico a 20%, 20 mg de cloreto de sódio e 600 µL de acetato de etila. Após agitação em vórtex por 10 segundos e repouso por 5 minutos, uma alíquota de 300 µL da camada orgânica foi retirada, transferida para um tubo de microcentrífuga e seco por evaporação, obtendo-se assim os ácidos graxos livres.

3.3.5.3 Metilação dos ácidos graxos

Os ácidos graxos livres foram metilados com 100 µL de solução metanólica a 14% de trifluoreto de bório (BF₃) e aquecidas em banho-maria a 60 °C, durante 10 minutos. Em seguida, os ácidos graxos metilados foram extraídos com 100 µL de hexano e analisados por Cromatografia Gasosa.

3.3.5.4 Análise dos ácidos graxos

As análises foram realizadas em um Cromatógrafo a Gás, modelo HP5980, equipado com detector de ionização de chamas. Utilizou-se uma coluna, modelo Supelcowax-10 (30 m x 0,2 mm x 0,2 µm), marca Supelco (Munique, Alemanha), com gradiente de temperatura de 100 °C, 2 minutos, 5 °C/minuto até 240 °C; injetor (split de 1/20) a 250 °C e detector a 260 °C. Hidrogênio como gás de arraste (1,49 mL/minuto) e volume de injeção de 1 µL. A identificação dos picos foi feita por comparação com padrões de ácidos graxos metilados FAME C14-C22 (Supelco cat n° 18917) e confirmada por espectrometria de massas.

3.3.6 Parâmetros tecnológicos do hambúrguer

3.3.6.1 Capacidade de retenção de água (CRA)

A capacidade de retenção de água foi realizada em triplicata e determinada de acordo com a metodologia descrita por Nakamura e Katoh (1985). Foram pesadas 1,0 g da amostra de

hambúrguer em papel filtro e, em seguida, essas foram colocadas em centrífuga, modelo MPW-350, marca MPW MED. INSTRUMENTS (Varsóvia, Polônia), a 1500 x G durante 4 minutos. Após a centrifugação, as amostras foram pesadas e levadas para secagem em estufa a 70 °C, por 12 horas. A CRA foi determinada de acordo com a Equação 7:

$$CRA = \frac{\text{peso da amostra centrifugada} - \text{peso da amostra seca}}{\text{peso inicial da amostra antes da centrifugação}} \quad Eq.7$$

3.3.6.2 *Rendimento de cocção (RC)*

O percentual de rendimento na cocção foi avaliado utilizando as amostras resultantes da análise de PPC. O resultado foi determinado segundo Berry (1992), através da Equação 8:

$$\% \text{ Rendimento de Cocção} = \frac{\text{peso da amostra cozida} \times 100}{\text{peso da amostra crua}} \quad Eq.8$$

3.3.6.3 *Porcentagem de encolhimento (PE)*

A porcentagem de encolhimento das amostras foi avaliada através da aferição dos diâmetros dos hambúrgueres antes e após o tratamento térmico, aferidos por meio de paquímetro digital, modelo 500-144B, 0.01 – 150 mm, marca Mitutoyo (Suzano, Brasil). Os resultados foram determinados segundo Berry (1992), através da Equação 9:

$$\% \text{ Encolhimento} = \frac{(\text{Diâm. da amostra crua} - \text{Diâm. da amostra cozida}) \times 100}{\text{Diâm. da amostra crua}} \quad Eq.9$$

3.3.6.4 *Perda de peso por cocção (PPC)*

A porcentagem de perda de peso por cocção foi determinada pela diferença entre o peso inicial e o peso final da amostra após o tratamento térmico. O procedimento foi realizado conforme descrito por Felício (1999), onde as amostras foram pesadas em balança analítica, embaladas em papel alumínio e colocadas sob cocção em chapa aquecedora, modelo 0313F2, marca Quimis (Diadema, Brasil) pré-aquecida a 170 °C.

Com auxílio de um termômetro, a temperatura interna das amostras foi monitorada e, ao atingirem 40 °C, estas foram viradas e mantidas até a temperatura interna alcançar 71 °C. Em

seguida, as amostras foram retiradas do papel alumínio, resfriadas em dessecador e novamente pesadas. O resultado da PPC foi dado em porcentagem.

3.3.6.5 Análise do perfil de textura (TPA)

As análises dos perfis de textura dos hambúrgueres foram obtidas através de ensaios de TPA (*Texture Profile Analysis*) utilizando um Analisador de Textura, modelo TA.HD plus, marca Stable Micro Systems, (Surrey, UK) equipado com uma célula de carga de 50 Kg. O Analisador de Textura foi programado de modo que o movimento descendente começasse a partir de um ponto a oito milímetros acima da superfície do corpo de prova, adotando as seguintes condições experimentais para todos os ensaios de TPA: velocidade de pré-teste: 1,0 mm.s⁻¹, velocidade de teste: 1,0 mm.s⁻¹ e velocidade de pós teste: 2,0 mm.s⁻¹; 50% de compressão e um período de repouso de 5 segundos entre os dois ciclos.

As amostras utilizadas para o teste foram tratadas previamente conforme o especificado para a análise de PPC, com corpos de prova cilíndricos medindo 2,0 cm de diâmetro e 1,0 cm de espessura. Foram avaliados três parâmetros de TPA de acordo com as definições de Bourne (2002), dureza, coesividade e mastigabilidade, e as medições foram realizadas em triplicata para cada repetição.

O programa computacional Texture Expert for Windows 1.20 (Stable Micro Systems, UK) foi utilizado para a programação do experimento e a coleta de dados.

3.3.7 Análise microbiológica

As análises microbiológicas foram realizadas no Laboratório de microbiologia, UESB, *campus* Itapetinga – Bahia, onde a farinha de shimeji utilizada para a produção dos hambúrgueres, assim como os produtos acabados, foram avaliados microbiologicamente, conforme metodologia descrita por Silva e colaboradores (2010). Os microorganismos determinados foram os coliformes totais, *Escherichia coli* e *Salmonella sp.*, definidos de acordo com os padrões microbiológicos para alimentos disponíveis na Resolução RDC N° 331, de 23 de dezembro de 2019. Os resultados para coliformes foram analisados através de tabela do Número Mais Provável (NMP), e para *Salmonella sp.* foi observada a ausência ou presença de crescimento em placa.

3.3.8 Análise sensorial dos hambúrgueres

A análise sensorial dos hambúrgueres, aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) com número CAAE 23458619.7.0000.0055, foi realizada no Laboratório de Análise Sensorial (LABAS) da UESB, *campus* Itapetinga – Bahia, no período da manhã (09:00 às 12:00), com a participação total de 85 provadores adultos, voluntários e não treinados, compostos por estudantes, professores e funcionários da UESB do referido *campus*.

O estudo foi conduzido através da análise de aceitação e intenção de compra de hambúrgueres adicionados de farinha de cogumelo shimeji em níveis de 0% (referência), 1%, 2%, 3% e 4%, utilizando o teste de aceitação com escala hedônica estruturada de nove (9) pontos, variando de gostei muitíssimo (escore 9) a desgostei muitíssimo (escore 1), avaliando os parâmetros sabor, cor, textura e impressão global, e o teste de intenção de compra, utilizando escala de atitude estruturada em cinco (5) pontos, variando de decidamente eu não compraria (5) a decidamente eu compraria (1).

A aplicação da análise foi realizada disponibilizando primeiramente aos julgadores uma apresentação do Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE – Apêndice 1), para que os mesmos tivessem conhecimento do tipo de análise sensorial a ser realizada, seus riscos e benefícios. Em seguida, as amostras foram fornecidas para cada julgador de forma aleatorizada e monádica, codificadas com códigos de três dígitos, dispostas em uma bandeja contendo um copo de água e biscoito cream cracker, para a limpeza das papilas gustativas durante o intervalo de avaliação entre uma amostra e outra, além da ficha de avaliação (Anexo 2).

As condições ambientais do laboratório foram devidamente controladas, onde a luz, a temperatura, os sons, ruídos e os odores foram ajustados para evitar interferências nas avaliações.

3.4 Delineamento estatístico

3.4.1 Farinha de shimeji e hambúrgueres

O experimento foi conduzido em um Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) com cinco tratamentos (0%, 1%, 2%, 3% e 4% de adição de farinha de shimeji) em três repetições. As análises foram realizadas em triplicata e os resultados para a farinha de shimeji foram expressos na forma de média \pm desvio padrão. Os resultados das análises nos hambúrgueres foram submetidos à análise de regressão em função dos tratamentos, ao nível de 5% de significância ($p \leq 0,05$). Os modelos matemáticos foram escolhidos de acordo com os efeitos

significativos do modelo proposto ($p \leq 0,05$), falta de ajustamento não significativa ($p > 0,05$) e coeficientes de determinação (R^2) em relação a soma dos quadrados dos tratamentos (SQTRAT) que foram capazes de explicar a variação total por meio da regressão ajustada. Todas as análises foram realizadas utilizando o software *SAS University* versão 9.0 e os gráficos da regressão foram plotados no software Origin Pro 8.

3.4.2 Análise sensorial

A análise sensorial dos hambúrgueres adicionados de farinha de shimeji em diferentes concentrações (0, 1, 2, 3 e 4%) foi conduzida sob o Delineamento de Blocos Completos Casualizados (DBC), tendo como fonte de variação os diferentes níveis de adição da farinha de shimeji (tratamento) e os julgadores (blocos). As notas dos julgadores foram submetidas à análise de regressão, ao nível de 10% de significância ($p \leq 0,10$), utilizando o software *SAS University* versão 9.0. Os modelos matemáticos foram escolhidos de acordo com os efeitos significativos do modelo proposto ($p \leq 0,10$), falta de ajustamento não significativa ($p > 0,10$) e coeficiente de determinação (R^2) em relação ao SQTRAT que foram capazes de explicar a variação total por meio da regressão ajustada.

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Rendimento, caracterização centesimal e físico-química da farinha de shimeji

O rendimento do shimeji desidratado e da farinha (produto adquirido após a moagem e padronização da granulometria) foi de 10,6% e 84,3%, respectivamente (Tabela 6). Devido ao elevado teor de água presente nos cogumelos frescos (70-95%), durante o processo de secagem grande parte dessa água livre foi removida através do calor, resultando em uma baixa porcentagem de shimeji desidratado. Após a moagem e padronização da granulometria, o rendimento da farinha de shimeji foi considerado satisfatório, havendo, em média, 15% de perda de matéria seca durante essa etapa do beneficiamento. O processo de desidratação e obtenção de farinhas de alimentos com elevado conteúdo de água, como os cogumelos, evitam a sua rápida deterioração (característica presente nos produtos frescos) e prolongam o seu tempo de armazenamento, além de facilitarem a sua aplicação em diferentes formulações alimentícias, podendo ser utilizadas como alternativa para substituição da farinha de trigo, para compor farinhas mistas na elaboração de produtos de panificação (biscoitos e pães), massas alimentícias, dentre outros (SANTANA, OLIVEIRA FILHO, EGEA, 2017).

Tabela 6. Rendimento da farinha de shimeji após secagem.

Produto	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Médias
<i>Shimeji desidratado</i>	10,5%	10,5%	10,8%	10,6 ± 0,1
<i>Farinha de shimeji</i>	82,6%	85,7%	84,7%	84,3 ± 1,3

FONTE: O autor (2020).

Em relação a composição centesimal foram avaliados os parâmetros teor de água, cinzas, lipídios, proteínas e carboidratos para os três lotes da farinha de shimeji, onde os resultados dos valores médios destas medidas, bem como dos seus respectivos desvios-padrões, estão destacados na Tabela 7.

Analisando o parâmetro teor de água, foi possível observar diferença estatística ($p \leq 0,05$) dos valores encontrados para os três lotes de farinha de shimeji, com o lote 1 apresentando o menor conteúdo, 6,79%, e o lote 3 o maior, 8,33% (Tabela 7). Esses resultados estão de acordo com a legislação brasileira vigente para farinhas vegetais (Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos – CNNP), que estabelece o valor máximo de 15% para o teor de água (BRASIL, 1978), com o Codex Alimentarius (1981), que determina que os fungos comestíveis

em pó tenham menos que 9% desse constituinte, e também com o valor de 13%, considerado o ideal para os cogumelos desidratados, pois as bactérias deteriorantes não conseguem se desenvolver abaixo desse teor (JUAN et al.,2013).

O conteúdo de cinzas quantifica a composição mineral presente nos alimentos. O teor médio encontrado na farinha de shimeji foi de 7,72%, variando de 7,38 e 8,34% (Tabela 7), não havendo, portanto, diferença estatística significativa ($p > 0,05$) entre os lotes. A média de cinzas em base seca foi de 8,33%, resultado próximo e superior ao apresentado por Bach et al. (2017a), também para espécie *P. ostreatus* (shimeji preto), que foi de 8,12% em base seca.

Tabela 7. Resultados para a composição centesimal da farinha de shimeji (base úmida).

Composição (%)	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Médias
<i>Teor de água</i>	6,79 ± 0,06 ^a	7,16 ± 0,21 ^b	8,33 ± 0,03 ^c	***
<i>Cinzas</i>	8,34 ± 0,71 ^a	7,44 ± 0,10 ^a	7,38 ± 0,04 ^a	7,72 ± 0,28
<i>Lipídios</i>	0,90 ± 0,01 ^a	1,15 ± 0,05 ^a	0,84 ± 0,20 ^a	1,00 ± 0,09
<i>Proteínas</i>	26,1 ± 0,9 ^a	25,5 ± 0,4 ^a	25,6 ± 0,0 ^a	25,7 ± 0,4
<i>Carboidratos</i>	57,9 ± 1,2 ^a	58,8 ± 0,3 ^a	57,8 ± 0,2 ^a	58,2 ± 0,6

FONTE: O autor (2020).

NOTA: médias seguidas da mesma letra, na mesma linha, não diferem significativamente entre si ($p > 0,05$) pelo teste de Tukey.

A farinha de shimeji apresentou, em média, 1% de lipídios em sua composição ($p > 0,05$) (Tabela 7). Dentre os macronutrientes, esses constituintes são considerados a menor fração presente nos cogumelos, característica que torna esse um alimento não calórico. Nessa pequena fração, é possível encontrar apenas alguns ácidos graxos essenciais, como o ácido linoleico (ω -6), o ácido oleico (ω -9), o ácido araquidônico e o ácido linolênico (ω -6) (DEEPALAKSHMI e MIRULANI, 2014; KALAC, 2013). Os valores obtidos no presente estudo foram próximos ao de Fernandes e colaboradores (2015), que encontraram 1,53% de lipídios em cogumelos da espécie *P. ostreatus*.

Para o teor de proteína, a farinha de shimeji apresentou em média 25,7% desse componente, não havendo diferença estatística significativa ($p > 0,05$) entre os lotes. As proteínas e peptídeos nos cogumelos atuam como importantes bioativos e, segundo Patil e colaboradores (2010), a espécie *Pleurotus ostreatus* contém entre 20-25% desse constituinte em base seca, sendo 40% dela composta por aminoácidos essenciais, quantidade suficiente para atender todas as exigências desses micronutrientes em adultos (CARRASCO-GONZÁLEZ, SERNA-SALDÍVAR, GUTIÉRREZ-URIBE, 2017; XU et al., 2011).

Tolera e Abera (2017) estudaram o efeito de diferentes métodos de secagem na composição da espécie *P. ostreatus*, encontrando um valor de 24,99% de proteína após secagem em estufa à 60°C, resultado próximo ao obtido no presente trabalho.

A farinha de shimeji apresentou em média 58,2% de carboidratos ($p > 0,05$) (Tabela 7), sendo esse o constituinte mais predominante nos cogumelos desidratados, correspondendo a 50-60% da sua composição. Os resultados do presente estudo são compatíveis com o de Abou Raya e colaboradores (2014), ao encontrarem 57,05% de carboidratos para o *P. ostreatus*.

Essa espécie possui como carboidratos principais os polissacarídeos, como as fibras dietéticas, celulose, quitina, α e β -glucanos e outras hemiceluloses como mananas, xilanas e galactanas. Dentre esses, os glucanos são a fração mais importante, sendo o pleurano, o glucano específico da espécie *P. ostreatus* com uma importante atividade antitumoral (ZHU et al., 2015; KHAN e TANIA, 2012).

A caracterização físico-química dos três lotes da farinha de shimeji foi feita pela avaliação dos parâmetros de atividade de água, pH e cor (Tabela 8).

Tabela 8. Resultados para os parâmetros físico-químicos da farinha de shimeji.

Parâmetros	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Médias
A_w (*)	0,471 \pm 0,003 ^a	0,487 \pm 0,007 ^b	0,461 \pm 0,002 ^a	***
pH	6,4 \pm 0,0 ^a	5,9 \pm 0,0 ^b	5,9 \pm 0,0 ^b	***
Cor				
L^*	78,3 \pm 0,3 ^a	77,0 \pm 0,6 ^a	77,9 \pm 0,7 ^a	77,7 \pm 0,5
a^*	0,6 \pm 0,0 ^a	0,7 \pm 0,0 ^a	0,6 \pm 0,1 ^a	0,7 \pm 0,1
b^*	12,4 \pm 0,1 ^a	11,8 \pm 0,1 ^a	10,3 \pm 0,5 ^b	***

FONTE: O autor (2020).

NOTA: médias seguidas da mesma letra, na mesma linha, não diferem significativamente entre si ($p > 0,05$) pelo teste de Tukey. (*) parâmetro adimensional.

Os três lotes da farinha de shimeji exibiram diferença estatística ($p \leq 0,05$) entre si para o parâmetro A_w , estando os valores encontrados entre 0,461 e 0,487 (Tabela 8). Os resultados obtidos estão abaixo de 0,60, limite determinado como seguro, onde os microrganismos não conseguem se multiplicar. Com esse achado, é possível sugerir que a farinha de shimeji seja um produto estável microbiologicamente e de fácil conservação, pois a A_w determina o quanto de água livre está disponível no alimento ou associada aos outros constituintes, se correlacionando com as velocidades de crescimento microbiano e de reações de deterioração.

Os cogumelos frescos fornecem um ambiente ideal para o desenvolvimento de microrganismos, fazendo dos métodos de secagem uma alternativa eficaz para a redução da A_w nessa matriz alimentar (OLOTU et al., 2015; RIBEIRO e SERAVALLI, 2007).

Os valores de pH encontrados nos três lotes de farinha de shimeji foram diferentes estatisticamente ($p \leq 0,05$) entre si, variando de 5,9 a 6,4 (Tabela 8). Todos os lotes apresentaram pH superior a 4,5, podendo ser classificadas como farinhas de baixa acidez.

O pH é um dos principais fatores intrínsecos de avaliação da acidez. Esse parâmetro têm a capacidade de determinar o crescimento, a sobrevivência e a multiplicação dos microrganismos nos alimentos, classificando-os como pouco ácidos ($pH > 4,5$), ácidos ($pH 4,0-4,5$) e muito ácidos ($pH < 4,0$).

O resultado observado no presente estudo poderia ser explicado através da relação que a composição do substrato empregado no cultivo exerce sobre as características finais do cogumelo. O desenvolvimento do corpo de frutificação é estabelecido em uma faixa de pH entre 6,5-7,0, estando os valores encontrados para a farinha de shimeji próximos a ela ($pH 5,9-6,4$) (BELLETTINI et al., 2016).

A avaliação dos parâmetros gerais para cor das farinhas de shimeji mostraram que somente a coordenada b^* diferiu estatisticamente ($p \leq 0,05$) entre os lotes, não havendo diferença estatística ($p > 0,05$) entre eles para L^* e a coordenada a^* . Para L^* , os valores obtidos foram de 77,0 a 78,3, para a^* de 0,6 a 0,7 e para b^* de 10,3 a 12,4 (Tabela 8).

O parâmetro L^* indica a capacidade de refletir a luz, podendo variar de 0 (preto) a 100 (branco) e as coordenadas a^* ($-a^*$ = verde e $+a^*$ = vermelho) e b^* ($-b^*$ = azul e $+b^*$ = amarelo) indicam qual direcionamento a cor pode assumir. Os resultados encontrados para as coordenadas L^* , a^* e b^* mostram que a farinha de shimeji possui tendência a coloração verde e amarela, com uma elevada luminosidade (ver Figura 6 - pág. 23).

As alterações na cor durante a secagem sob temperaturas elevadas podem ser determinadas pelas reações enzimáticas e não enzimáticas que ocorrem entre carboidratos e proteínas, responsáveis pela formação de compostos marrons. Nos cogumelos desidratados, o escurecimento adquirido por eles após exposição à altas temperaturas de secagem, são atribuídos aos efeitos negativos que essas exercem sobre os pigmentos desse alimento (IZLI e ISIK, 2014; KOTWALIWALE et al, 2007).

4.2 Caracterização mineral da farinha de shimeji

Os resultados encontrados para o teor de alguns minerais na farinha de shimeji diferiram estatisticamente ($p \leq 0,05$) entre si somente para ferro e sódio, variando de 6,06 a 7,03 mg/100

g, e 27,88 a 30,21 mg/100 g, respectivamente. Para zinco, potássio e magnésio não foi observada diferença estatística ($p > 0,05$), com esses minerais apresentando médias de 10,6 mg/100 g, 2815,8 mg/100 g e 196,1 mg/100 g, respectivamente (Tabela 9).

Os cogumelos possuem um alto teor de constituintes minerais bem disponíveis, distribuídos entre o seu corpo de frutificação e a estirpe. No píleo se encontra uma maior quantidade de ferro, cobre, potássio, magnésio, fósforo e zinco, e na estirpe, de sódio. O seu conteúdo é determinado principalmente pela composição do substrato utilizado para cultivo, característica observada por Maftoun et al. (2015), que encontrou variação na composição mineral do *P. ostreatus* cultivado em diferentes substratos (CARRASCO-GONZÁLEZ, SERNA-SALDÍVAR, GUTIÉRREZ-URIBE, 2017; DEEPALAKSHMI e MIRULANI, 2014; GUCIA et al., 2012).

Tabela 9. Resultados para a composição mineral da farinha de shimeji (mg/100 g).

Mineral	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Médias
Zinco (Zn)	11,25 ± 0,90 ^a	9,90 ± 0,11 ^a	10,68 ± 0,10 ^a	10,61 ± 0,37
Ferro (Fe)	7,03 ± 0,15 ^a	6,39 ± 0,30 ^b	6,06 ± 0,12 ^b	***
Sódio (Na)	28,33 ± 0,55 ^a	27,88 ± 0,21 ^a	30,21 ± 0,08 ^b	***
Potássio (K)	2732,5 ± 166,6 ^a	2700,1 ± 53,0 ^a	3014,7 ± 153,5 ^a	2815,8 ± 124,4
Magnésio (Mg)	197,02 ± 16,57 ^a	192,19 ± 2,88 ^a	198,96 ± 2,91 ^a	196,16 ± 7,45

FONTE: O autor (2020).

NOTA: médias seguidas da mesma letra, na mesma linha, não diferem significativamente entre si ($p > 0,05$) pelo teste de Tukey.

Todos os três lotes da farinha de shimeji mostraram possuir um adequado conteúdo dos minerais determinados. De acordo com os valores estabelecidos para a Ingestão Diária Recomendada (IDR), a farinha de shimeji pode ser classificada pelos seguintes atributos: muito baixa em sódio, pois o seu conteúdo é menor do que 40 mg/100 g, e com um alto conteúdo de zinco, ferro, potássio e magnésio, pois fornecem mais de 30% da IDR em 100 g (BRASIL, 2012 PADOVANI et al., 2006; BRASIL, 2003).

Ao comparar a contribuição de cada mineral presente na farinha de shimeji em relação aos valores da IDR (Tabela 10), é possível afirmar que a quantidade de minerais presentes nessa farinha supre todas as necessidades diárias de homens e mulheres adultos muito acima dos valores recomendados. Apesar disso, a quantidade ingerida de todo micronutriente não deve ultrapassar os valores da Ingestão Máxima Tolerável, também chamada como UL (Tolerable

Upper Intake Level), já que o excesso no consumo desses elementos pode levar à toxicidade, ocasionando prejuízos à saúde.

Bach et al. (2017a) ao analisarem o *P. ostreatus* também da variedade preta, encontraram valores próximos aos achados no presente estudo. O sódio apresentou valor de 20 mg, o potássio 2690 mg, o magnésio 168,75 mg, o zinco 12,45 mg, e o ferro 7,90 mg, todos para 100 g de cogumelo.

Tabela 10. Contribuição do consumo da farinha de shimeji nos valores de IDR e um comparativo com outras fontes vegetais (%/100 g).

Mineral (mg/100 g)	Sexo	RDA*	Farinha de shimeji	Lentilha	Grão de bico
			Contribuição em % para a IDR		
Zinco (Zn)	♀	11	96,36	31,81	29,09
	♂	8	132,5	43,75	40,0
Ferro (Fe)	♀	8	81,25	87,5	67,5
	♂	18	36,11	38,88	30,0
Sódio (Na)	♀♂	1500	1,92	-	0,33
Potássio (K)**	♀♂	4,7	63,99	18,87	23,74
Magnésio (Mg)	♀	400	49,02	23,5	36,5
	♂	310	63,25	30,32	47,09

FONTES: O autor (2020); TACO (2011).

NOTA: *RDA estabelecida para homens e mulheres adultos entre 19-30 anos; ** = gramas (g); ♀ = homens; ♂ = mulheres; ♀♂ = homens e mulheres;

Sales-Campos e colaboradores (2009), ao analisarem o perfil de minerais do *P. ostreatus* cultivado em diferentes substratos, observaram que a composição do meio utilizado para o cultivo influenciou no perfil mineral dessa espécie. Foram encontrados valores altos para o magnésio, ferro, fósforo e potássio e, mesmo havendo diferença entre os substratos, o potássio foi o elemento com a maior fração para todos eles.

4.3 Capacidade antioxidante da farinha de shimeji

O potencial antioxidante da farinha de shimeji foi determinado pelos métodos DPPH e FRAP. Para o DPPH, os resultados foram expressos em concentração efetiva (EC₅₀), que corresponde a quantidade de amostra necessária para reduzir em 50% a concentração inicial do radical livre DPPH, e pelo índice de atividade antioxidante (IAA), que avalia a capacidade antioxidante de diferentes amostras.

O método FRAP ou poder redutor dos íons ferro afere a capacidade que os extratos possuem de reduzir o Fe^{3+} à Fe^{2+} , onde maiores concentrações de Fe^{2+} indicam uma maior atividade antioxidante, com os resultados sendo expressos em $\text{mg Fe}^{2+}/\text{g extrato}$.

Os valores obtidos para DPPH variaram de 655,1 a 1221,5 $\mu\text{g/mL}^{-1}$ para o EC_{50} e 0,020 a 0,037 para o IAA. Para o método FRAP, os resultados encontrados variaram entre 0,00092 a 0,00107 $\text{mg Fe}^{2+}/\text{g extrato}$ (Tabela 11). A avaliação desses resultados permite afirmar que a farinha de shimeji possui uma baixa capacidade antioxidante, apresentando uma baixa concentração de Fe^{2+} , um alto valor para EC_{50} na inibição do radical DPPH e um baixo valor de IAA, pois segundo a classificação estabelecida por Scherer e Godoy (2009), a amostra é considerada com baixa capacidade antioxidante quando o IAA for menor que 0,5, moderada quando o IAA estiver entre 0,5 e 1,0, forte quando o IAA estiver entre 1,0 e 2,0, e muito forte quando o IAA for maior que 2,0.

Tabela 11. Resultados da atividade antioxidante pelo método DPPH e FRAP para os extratos etanólicos das farinhas de shimeji.

Farinha de shimeji	DPPH		FRAP ($\text{mg Fe}^{2+}/\text{g extrato}$)
	EC_{50} ($\mu\text{g/mL}^{-1}$)	IAA	
Lote 1	1221,5	0,020	0,00095
Lote 2	910,2	0,026	0,00092
Lote 3	655,1	0,037	0,00107
Médias	928,9 ± 231,6	0,028 ± 0,007	0,00098 ± 0,00006

FONTE: O autor (2020).

Ao comparar os lotes entre si, foi possível perceber que o lote 3 possui uma quantidade maior de compostos com capacidade antioxidante, pois apresentou um menor valor de EC_{50} , obteve uma maior produção de íons Fe^{2+} e também o maior score para o IAA.

Os cogumelos possuem vários componentes com potencial antioxidante, como os compostos fenólicos, terpenos, esteroides, polissacarídeos e ergotionina. A atividade antioxidante de um composto pode ser atribuída principalmente pela sua capacidade de eliminar e reduzir os radicais livres, quelar catalisadores de íons metálicos de transição e inibir a peroxidação lipídica (ISLAM, YU e XU, 2016; JAYAKUMAR et al., 2011).

Os valores encontrados para os compostos fenólicos variaram de 12,73 a 12,97 mg EAG/g extrato (Tabela 12). Esses resultados mostram que a farinha de shimeji possui uma baixa concentração desses compostos, sendo a quantificação dos fenólicos, bem como a identificação do perfil de cada ácido fenólico nos cogumelos, de grande importância na sua caracterização

nutricional e funcional, visto que esses atuam como fortes sequestradores e inibidores de radicais livres e de fito nutrientes (GASECKA et al., 2015; CARVAJAL et al., 2012).

Resultados semelhantes aos obtidos no presente trabalho foram encontrados por Reis e colaboradores (2012), ao analisarem a capacidade antioxidante e o teor de compostos fenólicos do cogumelo *P. ostreatus*. O resultado para o DPPH em EC₅₀ foi de 654 µg/mL⁻¹ e a concentração de fenólicos totais de 12,54 mg EAG/g extrato.

Tabela 12. Resultados do teor de fenólicos totais para os extratos etanólicos das farinhas de shimeji.

Farinha de shimeji	Fenólicos totais (mg EAG/g extrato)
Lote 1	12,97 ± 0,45
Lote 2	11,85 ± 0,49
Lote 3	12,73 ± 0,70
Média	12,52 ± 0,54

FONTE: O autor (2020).

Chowdhury e colaboradores (2015) encontraram uma melhor capacidade antioxidante e uma baixa concentração de compostos fenólicos em extratos metanólicos de *P. ostreatus* obtidos sob condições semelhantes ao do estudo, com um EC₅₀ de 100 µg/mL⁻¹ para o DPPH e 3,2 mg EAG/g extrato para os compostos fenólicos. O resultado observado mostra que a capacidade antioxidante da farinha de shimeji pode estar associada a outros constituintes do cogumelo, pois o conteúdo de ácidos fenólicos não foi significativo.

Alguns estudos têm associado a atividade antioxidante dos cogumelos comestíveis ao seu conteúdo de polissacarídeos, principalmente dos extratos brutos de polissacarídeos isolados. Os β-glucanos são os principais polissacarídeos encontrados em cogumelos, principalmente na espécie *P. ostreatus* (ZHANG et al., 2014; KHATUA et al., 2013; ZHANG et al., 2012).

Khan e colaboradores (2017) estudaram as propriedades antioxidantes dos β-glucanos de diferentes espécies de cogumelos. A glucana do cogumelo ostra apresentou uma das melhores capacidades antioxidantes, com um EC₅₀ para o DPPH de 5,33 mg extrato/mL e um poder redutor de 3,76 mg extrato/mL utilizando concentrações de 1 a 5 mg/mL.

4.4 Caracterização centesimal, físico-química, parâmetros tecnológicos, perfil de textura e análise sensorial dos hambúrgueres

Todos os parâmetros estudados neste trabalho foram submetidos à análise de regressão para avaliação da interferência da adição de diferentes concentrações de farinha de shimeji nas formulações de hambúrgueres quanto à composição centesimal, caracterização físico-química, parâmetros tecnológicos, perfil de ácidos graxos, perfil de textura e análise sensorial. Assim, todos os valores médios destas medidas, seguidos dos respectivos desvios-padrões, as equações dos modelos e os coeficientes de determinação (R^2) encontram-se apresentados em tabelas e citadas ao longo do texto.

4.4.1 Caracterização centesimal

Os parâmetros teor de água e cinzas (variáveis dependentes) tiveram seus resultados influenciados pela adição de diferentes porcentagens de farinha de shimeji (variável independente), ambos apresentando ajustes de modelo ($p \leq 0,05$) para equação linear, com um R^2 de 0,836 e 0,987, respectivamente (Tabela 13).

Em relação ao teor de água, a adição de diferentes concentrações de farinha de shimeji nos hambúrgueres reduziu gradativamente os valores desse constituinte, com resultados variando entre 66,8 e 69,1% (Tabela 13 – Apêndice 3).

O teor de água é um dos componentes dos alimentos e a sua quantidade está diretamente relacionada com a concentração das outras macromoléculas na matriz alimentar. A medida em que ocorre um aumento na proporção dos solutos, a tendência é que haja uma diminuição do seu teor.

De acordo com a Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO) (2011), o corte *Quadriceps femoris* e o toucinho suíno fresco possuem 72,9 e 27,6% de teor de água, respectivamente. Esse é um componente abundante nas carnes e em seus derivados, influenciando na qualidade e contribuindo para a suculência e palatabilidade (textura, sabor, cor) desses produtos (VIEIRA et al., 2007).

Em relação ao parâmetro cinzas, houve um aumento crescente da fração mineral dos hambúrgueres adicionados de farinha de shimeji quando comparado com o controle, variando de 2,4-2,6% (Tabela 13 – Apêndice 3). Como o teor de cinzas na carne de patinho é baixo (1%) e na farinha de shimeji a média encontrada foi de 7,72%, parte desse conteúdo pode ter sido incorporado aos hambúrgueres, aumentando a sua composição mineral.

Angiolillo e colaboradores (2014) encontraram valores próximos para cinzas em hambúrgueres bovinos enriquecidos com frutooligossacarídeos, inulina e espuma proteica com farelo de aveia, onde a amostra controle apresentou 2,35% e as demais obtiveram valores entre 2,38 e 2,46%. Rosa e colaboradores (2013) ao analisarem hambúrgueres bovinos adicionados de extratos de farinha de alfarroba encontraram para o controle 2,33% de cinzas e para as demais amostras valores entre 2,42 e 2,61%, resultados semelhantes ao do presente estudo.

Os resultados encontrados para o teor de proteína e lipídios nos hambúrgueres não apresentaram ajuste significativo para os parâmetros ($p > 0,05$) e para o modelo ($p \leq 0,05$).

O valor médio obtido para proteína foi de 14,4% (Tabela 13) e, apesar dos cogumelos desidratados consistirem em uma boa fonte desse macronutriente, sendo excelentes substitutos da proteína animal em dietas restritivas, como as vegetarianas e veganas, as concentrações utilizadas nos hambúrgueres não foram suficientes para alterar a quantidade desse parâmetro nas amostras analisadas, obtendo valores próximos em todos os tratamentos.

A porcentagem de lipídios foi em média 12,8%, onde a amostra controle apresentou o menor valor e a com 3% de farinha de shimeji, o maior (Tabela 13). Os resultados encontrados estão adequados de acordo com o limite para lipídios estabelecido pelo Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade do Hambúrguer do MAPA, que deve ser inferior à 23% (Brasil, 2000). Esse é um componente importante em todos os tipos de carnes, sendo responsável por diversas características desejáveis nesse alimento, contribuindo para o seu sabor, ternura e suculência (AMARAL, SILVA, LANNES, 2018).

Selani e colaboradores (2016) ao analisarem hambúrgueres de carne produzidos na mesma proporção da matéria-prima e com a mesma fonte de gordura utilizada no presente estudo (70% de carne bovina e 20% de toucinho fresco), encontraram valor superior (17,79%) para lipídio total. Essa diferença pode ter sido ocasionada pela variação do teor de gordura da carne bovina entre um corte e outro, originando modificações na quantidade total desse constituinte no hambúrguer.

Prado et al. (2018) ao analisarem hambúrgueres bovinos enriquecidos também com farinha de vegetais, encontraram valores para lipídios de 14,4% para o hambúrguer com 3% de adição de proteína isolada de soja, e 16,13% para o adicionado com 3% de farinha de sorgo, resultados esses próximos ao observado no presente estudo.

O teor de colesterol nos hambúrgueres não apresentou ajuste significativo para os parâmetros ($p > 0,05$) e para o modelo ($p \leq 0,05$), e o valor médio encontrado foi de 41,6 mg/100 g (Tabela 13).

Tabela 13. Resultados para a composição centesimal e características físico-químicas dos hambúrgueres formulados com diferentes porcentagens da farinha de shimeji.

Variáveis	Formulações					Equações do modelo	R ²
	Controle	T1	T2	T3	T4		
<i>Atividade de água</i> (*)	0,980 ± 0,000	0,982 ± 0,001	0,976 ± 0,002	0,978 ± 0,004	0,975 ± 0,004	$\hat{Y} = Y = 0,978 \pm 0,000$	***
<i>pH</i>	5,5 ± 0,0	5,6 ± 0,1	5,7 ± 0,0	5,7 ± 0,1	5,6 ± 0,0	$\hat{Y} = Y = 5,6 \pm 0,1$	***
<i>Teor de água</i>	69,1 ± 0,0	68,1 ± 0,6	67,0 ± 0,5	67,1 ± 0,6	66,8 ± 0,5	$\hat{Y} = - 0,5527x + 68,727$	0,836
<i>Cinzas</i>	2,36 ± 0,00	2,44 ± 0,04	2,48 ± 0,06	2,55 ± 0,03	2,59 ± 0,12	$\hat{Y} = 0,0567x + 2,3707$	0,987
<i>Proteína</i>	13,8 ± 0,0	14,7 ± 0,4	14,3 ± 0,2	14,9 ± 0,6	14,4 ± 0,4	$\hat{Y} = Y = 14,4 \pm 0,3$	***
<i>Lipídios</i>	12,65 ± 0,0	12,66 ± 0,01	12,68 ± 0,03	13,09 ± 0,14	12,80 ± 0,01	$\hat{Y} = Y = 12,8 \pm 0,03$	***
<i>*L</i>	45,26 ± 0,0	41,41 ± 1,25	36,15 ± 1,19	36,56 ± 2,83	35,84 ± 2,92	$\hat{Y} = - 2,3706x + 43,783$	0,813
<i>*a</i>	5,57 ± 0,0	5,67 ± 0,05	4,88 ± 0,22	4,99 ± 0,48	4,77 ± 0,03	$\hat{Y} = - 0,2268x + 5,6292$	0,754
<i>*b</i>	13,58 ± 0,0	13,40 ± 0,49	12,24 ± 0,34	12,84 ± 1,30	13,02 ± 0,53	$\hat{Y} = Y = 13,01 \pm 0,53$	***
<i>Colesterol</i>	34,25 ± 0,0	38,99 ± 0,00	45,42 ± 0,00	45,29 ± 0,00	44,08 ± 0,00	$\hat{Y} = Y = 41,60 \pm 0,0$	***

FONTE: O autor (2020).

NOTA: Controle = formulação com 0% de farinha de shimeji; T1 = formulação com 1% de farinha de shimeji; T2 = formulação com 2% de farinha de shimeji; T3 = formulação com 3% de farinha de shimeji; T4 = formulação com 4% de farinha de shimeji; ***não houve parâmetro significativo ($p \leq 0,05$) para o modelo linear ou quadrático. R² refere-se ao coeficiente de determinação calculado em relação a SQTRAT. (*) parâmetro adimensional.

Segundo a Organização Mundial em Saúde (OMS), a ingestão recomendada para esse componente é de 300 mg/dia, e os teores presentes no *Quadriceps femoris* e no toucinho suíno são de 56 mg/100 g e 73 mg/100 g, respectivamente (TACO, 2011).

Os hambúrgueres formulados com a farinha de shimeji, bem como o controle, apresentaram valores inferiores ao estabelecido pela OMS para a ingestão diária, fornecendo, portanto, uma pequena fração da quantidade de colesterol recomendada quando consumido. A sua baixa ou alta ingestão pode acarretar em desequilíbrios importantes no organismo humano, visto que esse constituinte atua como elemento natural das membranas celulares e também como precursor de alguns hormônios. Quando ingerido em excesso, ocorre acúmulo de LDL nas artérias e formação de LDL oxidado, componente altamente aterogênico e tóxico para as células vasculares (ANANDHI et al., 2012).

4.4.2 Caracterização físico-química

Para as análises físico-químicas de atividade de água e pH não foi possível estabelecer um ajuste significativo para os parâmetros ($p > 0,05$) e para o modelo ($p \leq 0,05$).

Os alimentos podem ser classificados em função da A_w em três grupos: alimentos com baixa A_w (até 0,60), A_w intermediária (entre 0,60 e 0,90) e A_w alta (maior que 0,90). Todos os tratamentos do presente estudo apresentaram uma alta atividade de água, variando de 0,980 para o controle a 0,975 para o hambúrguer com 4% de farinha de shimeji (Tabela 13).

Nessa elevada faixa de A_w podem ocorrer formação de soluções diluídas com os componentes dos alimentos, fornecendo substratos para o crescimento de microrganismos, ao mesmo tempo em que as reações enzimáticas, como a oxidação lipídica, podem ter sua velocidade reduzida em função da baixa concentração de reagentes (RIBEIRO e SERAVALLI, 2007).

Os resultados obtidos para o pH apresentaram uma média de 5,62 (Tabela 13), onde a farinha de shimeji não foi capaz de causar alterações nesse parâmetro nos hambúrgueres. Carnes com pH entre 5,8 e 6,2 são classificadas como aceitáveis para o consumo e de acordo com o Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitário de Produtos de Origem Animal (RIISPOA), aquelas que apresentam pH entre 6,0 e 6,4 estão em condições para o consumo imediato, e com pH acima de 6,4, considerado o limite crítico, se apresentam com elevado nível de deterioração (BARROS et al., 2012; BRASIL, 1997).

Os resultados encontrados no estudo estão próximos ao limite estabelecido como adequado para esse alimento e também com o observado por Carvalho e colaboradores (2018), ao avaliarem a influência de fibra de trigo hidratada em hambúrgueres bovinos, onde obtiveram

valores de pH entre 5,8 e 5,9. A avaliação do pH é muito utilizada para verificar a qualidade da carne e dos seus produtos, pois o processo de deterioração altera a composição de íons hidrogênio nos alimentos, podendo influenciar as suas propriedades funcionais, qualidade sensorial e o crescimento e desenvolvimento de microrganismos (SOARES, SILVA, GÓIS, 2017).

Para a análise de cor, L^* e a coordenada a^* apresentaram ajustes de modelo ($p \leq 0,05$) para equação linear, com um R^2 de 0,813 e 0,754, respectivamente. Para a coordenada b^* não foi possível estabelecer um ajuste significativo para os parâmetros ($p > 0,05$) e para o modelo ($p \leq 0,05$).

Das medidas de qualidade que influenciam a comercialização da carne, a cor é uma das mais importantes (SUMAN et al., 2014). Os valores para L^* variaram de 45,3 para o controle a 35,8 para o tratamento com o maior teor de farinha de shimeji (Tabela 13 – Apêndice 3). Diante desses resultados, é possível afirmar que a luminosidade da amostra com 0% foi maior quando comparada com as demais e a amostra com 1% apresentou valor próximo ao do controle. Comparando os outros tratamentos entre si (2, 3 e 4%), os resultados mostraram existir uma mínima variação entre eles.

A mesma característica pôde ser percebida analisando as coordenadas a^* e b^* , com valores de a^* entre 4,77 e 5,67, e para b^* com uma média dos resultados de 13,01. O controle e a amostra com 1% obtiveram valores semelhantes para esses dois parâmetros e os demais tratamentos (2, 3 e 4%) demonstraram resultados com pouca diferença entre si (Tabela 13 – Apêndice 3).

Esses valores sinalizam que a concentração de 1% não foi capaz de provocar mudanças perceptíveis na cor quando comparada com o hambúrguer sem a adição de farinha de shimeji. Os resultados próximos encontrados para os outros tratamentos evidenciam também que o enriquecimento com 2, 3 ou 4% não ocasionou variações significativas entre eles na cor do produto.

A cor predominante da carne é o vermelho brilhante, em decorrência da oxiemoglobina, e esta é considerada como ideal pelos consumidores, pois estes relacionam essa pigmentação com o frescor da carne. Além dos fatores que normalmente afetam esse parâmetro, como condições do pré-abate, tipo de músculo e seu conteúdo de água, crescimento bacteriano, temperatura e luz, a cor da carne e dos seus produtos derivados também podem ser influenciadas por meio da adição de novas substâncias ou ingredientes durante o processamento (SOARES, SILVA, GÓIS, 2017).

De maneira geral, os hambúrgueres com 0 e 1% mostraram-se mais claros, com tendência a coloração amarela e vermelha. Já as amostras com 2, 3 e 4% apresentaram-se mais escuras, menos avermelhadas e amareladas, sendo mais perceptível a cor característica da farinha de shimeji.

4.4.3 Composição de Ácidos graxos

Os resultados encontrados para a composição de ácidos graxos não apresentaram ajustes significativos para os parâmetros ($p > 0,05$) e para o modelo ($p \leq 0,05$), demonstrando que a farinha de shimeji nas concentrações utilizadas não modificou o perfil dos ácidos graxos presentes nos hambúrgueres.

Os tratamentos analisados obtiveram porcentagens semelhantes para todos os ácidos graxos, possuindo maior predominância dos saturados e monoinsaturados, com médias de 49,07% e 43,99%, respectivamente. Dentre os saturados, se destacam o ácido palmítico (C16:0) com 30,62% e o esteárico (C18:0) com 14,13%, e no grupo dos monoinsaturados, o ácido oleico (C18:1) com 41,39%. Os poli-insaturados foram encontrados em frações pequenas para o ácido linoléico (C18:2) e α -linolênico (C18:3n3), com 1,25% e 2,28%, respectivamente (Tabela 14).

A carne bovina e a gordura suína, matérias-primas utilizadas para a formulação dos hambúrgueres, são constituídos na sua maioria de ácidos graxos saturados e monoinsaturados, principalmente dos ácidos palmítico, esteárico e oleico. Os valores encontrados por Wood et al. (2008) para o C16:0, C18:0 e C18:1 em carne bovina foram de 25%, 12,8% e 36,1%, respectivamente. Já para o toucinho suíno as proporções foram de 23,9%, 13,4% e 35,8%.

Esses achados são semelhantes aos observados nos hambúrgueres do presente estudo, desde o controle até o tratamento com 4% de farinha de shimeji, retificando que os ácidos graxos encontrados nas amostras são provenientes das duas fontes animais utilizadas nas formulações e que a farinha de shimeji pouco ou nada contribuiu nos teores desses constituintes.

Para a razão entre os ácidos graxos poli-insaturados e saturados (PUFA/SFA) a média foi de 0,07, resultado inferior a 0,4, que é a proporção recomendada como ideal para essa relação. Esse é um dos parâmetros mais importantes para a avaliação da qualidade nutricional da fração lipídica disponível em produtos alimentícios (Tabela 14) (AFSHARI et al., 2016).

4.4.4 Parâmetros tecnológicos

Os resultados obtidos para a CRA e PE apresentaram ajustes de modelo ($p \leq 0,05$) para equação linear, com um R^2 de 0,899 e 0,911, respectivamente. Para as demais análises de PPC

Tabela 14. Composição de ácidos graxos em extratos hexânicos de hambúrgueres formulados com diferentes porcentagens de farinha de shimeji

Ácidos graxos	Tratamentos					Médias
	Controle	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	
Saturados						
<i>Mirístico (C14:0)</i>	2,10 ± 0,00	1,37 ± 0,97	2,43 ± 0,34	1,57 ± 1,11	1,53 ± 1,08	1,80 ± 0,70
<i>Palmítico (C16:0)</i>	28,80 ± 0,00	30,40 ± 2,56	30,90 ± 1,71	31,30 ± 2,01	31,70 ± 1,30	30,62 ± 1,51
<i>Heptadecanóico (C17:0)</i>	1,90 ± 0,00	0,93 ± 0,66	1,77 ± 0,66	1,03 ± 0,90	0,63 ± 0,45	1,25 ± 0,53
<i>Esteárico (C18:0)</i>	13,60 ± 0,00	15,83 ± 2,25	13,20 ± 1,31	13,80 ± 1,18	14,20 ± 0,78	14,13 ± 1,10
<i>Araquídico (C20:0)</i>	1,10 ± 0,00	1,03 ± 0,73	1,50 ± 0,22	1,33 ± 0,95	1,37 ± 0,97	1,27 ± 0,57
Monoinsaturados						
<i>Palmitoléico (C16:1)</i>	2,60 ± 0,00	1,63 ± 1,16	2,77 ± 0,25	2,87 ± 0,12	1,73 ± 1,24	2,32 ± 0,55
<i>10-heptadecenóico (C17:1)</i>	0,50 ± 0,00	0,23 ± 0,33	0,20 ± 0,28	0,23 ± 0,33	0,23 ± 0,33	0,28 ± 0,25
<i>Oléico (C18:1)</i>	40,20 ± 0,00	42,30 ± 0,91	39,63 ± 0,90	42,67 ± 1,38	42,13 ± 0,25	41,39 ± 0,69
Poli-insaturados						
<i>Linoléico (C18:2)</i>	1,70 ± 0,00	1,47 ± 1,11	1,57 ± 0,76	1,10 ± 0,80	0,43 ± 0,61	1,25 ± 0,66
<i>α-linolênico (C18:3n3)</i>	1,80 ± 0,00	2,57 ± 1,05	1,53 ± 0,68	2,33 ± 1,05	3,17 ± 3,86	2,28 ± 1,33
<i>Outros</i>	5,70 ± 0,00	2,20 ± 2,20	4,73 ± 0,17	1,80 ± 1,36	2,90 ± 1,56	3,47 ± 1,06
% TOTAL	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	-
ΣSFA	47,50	49,57	49,80	49,03	49,43	49,07 ± 0,82
ΣMUFA	43,30	44,17	42,60	45,77	44,10	43,99 ± 1,06
ΣPUFA	3,50	4,03	3,10	3,43	3,60	3,53 ± 0,30
PUFA/SFA	0,07	0,08	0,06	0,07	0,07	0,07 ± 0,01

FONTE: O autor (2020). NOTA: Controle = formulação com 0% de farinha de shimeji; T1 = formulação com 1% de farinha de shimeji; T2 = formulação com 2% de farinha de shimeji; T3 = formulação com 3% de farinha de shimeji; T4 = formulação com 4% de farinha de shimeji; SFA = ácidos graxos saturados; MUFA = ácidos graxos monoinsaturados; PUFA = ácidos graxos poli-insaturados.

e RC não foi possível estabelecer um ajuste significativo para os parâmetros ($p > 0,05$) e para o modelo ($p \leq 0,05$).

A capacidade de retenção de água dos hambúrgueres reduziu a medida em que a concentração da farinha de shimeji aumentou, com valores variando de 59,1 a 67,6% (Tabela 15 – Apêndice 3). Esse parâmetro descreve a capacidade que a carne possui de reter água através da auto-estruturação na presença de forças externas diversas, como corte, moagem e aquecimento, estando relacionada com a perda de peso pós-abate, juntamente com a qualidade e rendimento da carne e de seus produtos. A CRA também influencia as suas características sensoriais, pois afeta a extensão da exsudação de água na superfície desse alimento e a perda de água durante o cozimento pode interferir na sua suculência e maciez (SOARES, SILVA, GÓIS, 2017; BASTOS et al., 2014).

A CRA também pode ser influenciada pelo pH da carne, uma vez que esse parâmetro intervém na solubidade das proteínas, sendo dependente das interações proteína-água. No ponto isoelétrico (PI $\sim 5,3$) a CRA é mínima, pois os grupos carregados das proteínas não estão disponíveis para interagir com a água. Em pH abaixo ou acima do PI, a CRA tenderá a ser maior, devido ao excesso de cargas positivas ou negativas que causam a repulsão dos filamentos, deixando mais espaço para as moléculas de água (ROÇA, 2014; GOMIDE, RAMOS, FONTES, 2013). Ao comparar o pH obtido para os hambúrgueres e as porcentagens da CRA, em todos os tratamentos, observou-se que os valores de pH encontrados foram próximos (em média 5,62) e a CRA variou significativamente entre cada tratamento, mostrando que o pH não foi um fator influenciador na CRA dos hambúrgueres, mesmo que a proteína seja a principal responsável pela retenção de água.

Sendo a farinha de shimeji composta majoritariamente por carboidratos, principalmente polissacarídeos, e esses constituintes possuírem a característica de absorverem água, acredita-se que esse mecanismo tenha interferido na capacidade dos hambúrgueres em reterem a água, comprometendo assim os valores da CRA. Quando os resultados desse parâmetro são comparados com a PE dos hambúrgueres, nota-se que os tratamentos que apresentaram maior capacidade de retenção da água (Controle e T₁) foram os que obtiveram menores porcentagens de encolhimento.

A redução ocasionada pela adição da farinha de shimeji pode acarretar em perda de peso do produto e conseqüente acúmulo de fluido ao seu redor, gerando alterações na cor, textura e aceitabilidade, já que esses são indicadores que dependem da capacidade da carne em não perder água (KAMRUZZAMAN, MAKINO e OSHITA, 2016; BASTOS et al., 2014).

Tabela 15. Resultados para a composição centesimal e características físico-químicas dos hambúrgueres formulados com diferentes porcentagens da farinha de shimeji.

Variáveis	Formulações					Equações do modelo	R ²
	Controle	T1	T2	T3	T4		
<i>PPC</i>	30,73 ± 0,0	34,31 ± 7,23	30,70 ± 5,46	30,27 ± 2,17	26,72 ± 3,47	$\hat{Y} = Y = 30,55 \pm 3,67$	***
<i>PE</i>	50,54 ± 0,0	51,56 ± 3,44	51,74 ± 2,76	54,53 ± 4,65	55,03 ± 1,55	$\hat{Y} = 1,1949x + 50,289$	0,911
<i>RC</i>	69,27 ± 0,0	68,40 ± 9,11	69,57 ± 5,63	69,73 ± 2,17	73,28 ± 3,47	$\hat{Y} = Y = 70,05 \pm 4,08$	***
<i>CRA</i>	67,6 ± 0,0	64,6 ± 0,8	60,8 ± 3,2	61,1 ± 2,9	59,1 ± 2,7	$\hat{Y} = - 2,05x + 66,729$	0,899
<i>Dureza</i>	33,36 ± 0,0	27,07 ± 3,67	24,10 ± 0,09	22,56 ± 1,57	19,71 ± 2,74	$\hat{Y} = - 3,179x + 31,717$	0,934
<i>Coesividade</i>	0,60 ± 0,0	0,55 ± 0,01	0,53 ± 0,01	0,49 ± 0,01	0,48 ± 0,02	$\hat{Y} = - 0,0291x + 0,5885$	0,955
<i>Mastigabilidade</i>	16,78 ± 0,0	13,33 ± 0,75	11,71 ± 2,59	8,98 ± 0,49	7,95 ± 1,54	$\hat{Y} = - 2,2014x + 16,154$	0,971

FONTE: O autor (2020).

NOTA: Controle = formulação com 0% de farinha de shimeji; T1 = formulação com 1% de farinha de shimeji; T2 = formulação com 2% de farinha de shimeji; T3 = formulação com 3% de farinha de shimeji; T4 = formulação com 4% de farinha de shimeji; ***não houve parâmetro significativo ($p \leq 0,05$) para o modelo linear ou quadrático. R² refere-se ao coeficiente de determinação calculado em relação a SQTRAT.

A perda de peso por cocção e o rendimento de cocção dos hambúrgueres obtiveram resultados próximos entre os tratamentos, com uma média de 30,55% e 70,05%, respectivamente (Tabela 15).

Esses resultados demonstram que a concentração utilizada de farinha de shimeji não foi capaz de causar modificações significativas nesses parâmetros.

Foi possível observar que os tratamentos com menores porcentagens de PPC apresentaram maiores teores de RC. A PPC é um importante parâmetro de qualidade que representa rendimento da carne ao consumidor, sendo influenciada pela CRA, não havendo somente a perda de água, mas também de gordura devido ao derretimento (SOARES, SILVA, GÓIS, 2017).

Angiolillo e colaboradores (2014), analisando hambúrgueres bovinos enriquecidos com frutooligossacarídeos, inulina e espuma proteica com farelo de aveia, encontraram valores para PPC e RC próximos aos achados no presente trabalho, variando de 67,5-75,2% e 32,38-43,43% para RC e PPC, respectivamente.

A PE dos hambúrgueres foi crescente a medida em que maiores concentrações de farinha de shimeji foram incorporadas nas formulações, variando de 50,54 a 55,03% (Tabela 15 – Apêndice 3). Ela também se mostrou inversamente proporcional aos valores encontrados para a capacidade de retenção de água, onde as amostras com maiores % CRA apresentaram menores porcentagens de encolhimento.

A redução do diâmetro da carne é o resultado da desnaturação das proteínas durante o cozimento, juntamente com a perda de água e gordura. A adição da farinha de shimeji não conseguiu melhorar os parâmetros tecnológicos do hambúrguer, influenciando negativamente nos resultados da CRA e PE (LONGATO et al., 2019; BASTOS et al., 2014; ANGIOLILLO, CONTE e DEL NOBILE, 2014).

Evitar o encolhimento dos hambúrgueres é um ponto importante para a manutenção dos padrões de qualidade e por essa razão, é necessário avaliar o impacto dos ingredientes adicionados nas formulações nas mudanças dimensionais do produto (SÁNCHEZ-ZAPATA, PÉRES-ALVAREZ, FERNÁNDEZ-LÓPEZ, 2012).

Wan Rosli e colaboradores (2011) ao analisarem hambúrgueres de frango adicionados de cogumelo ostra encontraram valores reduzidos para os parâmetros CRA, RC e PE, a medida em que as concentrações do cogumelo aumentaram nas amostras.

4.4.4.1 Perfil de textura (TPA)

A textura pode ser definida como a manifestação sensorial da estrutura do alimento e a maneira pela qual essa reage às forças aplicadas, envolvendo os sentidos específicos da visão, sinestesia e audição (BOURNE, 2002).

Para a avaliação instrumental do perfil de textura foram analisados os atributos dureza, coesividade e mastigabilidade. Os resultados obtidos para dureza e mastigabilidade apresentaram ajustes de modelo ($p \leq 0,05$) para equação linear, com um R^2 de 0,934 e 0,971, respectivamente. Para a coesividade, mesmo não havendo um ajuste significativo para os parâmetros ($p > 0,05$) e para o modelo ($p \leq 0,05$), os ajustes de equação linear apresentaram um R^2 elevado, com a capacidade de prever 95,5% da variação dos dados em relação aos diferentes tratamentos.

Todos os parâmetros estruturais do perfil de textura foram influenciados pelas diferentes concentrações de farinha de shimeji.

Em relação a dureza, esse atributo nos hambúrgueres diminuiu proporcionalmente à medida em que maiores porcentagens de farinha foram adicionadas as formulações, variando de 19,71 a 33,36 (Tabela 15 – Apêndice 3).

Esse parâmetro é definido como a força necessária exercida pelos dentes molares para dividir o alimento, sendo conhecido também como a força máxima necessária para comprimir a amostra durante a análise. Nos produtos cárneos, esse atributo é utilizado para avaliar a sua maciez, demonstrando que as amostras se apresentaram mais macias com a adição de farinha de shimeji (SELANI et al., 2016; BOURNE, 2002). A maciez da carne é um reflexo do efeito do tratamento térmico sobre o colágeno e as proteínas miofibrilares, onde altas temperaturas provocam o entumescimento e encurtamento dos sarcômeros, e também a desnaturação das proteínas miofibrilares (ROÇA, 2014).

A coesividade é definida como o grau até o qual se é capaz de deformar um alimento antes de rompê-lo (TEIXEIRA, 2009). Em relação a esse parâmetro, os valores obtidos variaram entre 0,48 a 0,60 (Tabela 15 – Apêndice 3), sendo observado que a adição da farinha de shimeji, em todas as concentrações, resultou em uma diminuição crescente desse atributo nos hambúrgueres. A presença da farinha de shimeji nos diferentes tratamentos proporcionou as amostras uma redução da resistência das fibras, tornando os hambúrgueres mais macios.

Portanto, as amostras com adição de farinha se mostraram menos coesas, possuindo uma menor força de ligação interna e uma maior facilidade de rompimento das suas estruturas mediante a execução da força.

Para o atributo mastigabilidade, os valores encontrados variaram entre 7,95 e 16,78 (Tabela 15 – Apêndice 3), apresentando também uma diminuição significativa desse parâmetro com o aumento dos teores de farinha de shimeji nas formulações.

Como os tratamentos com a adição de farinha se mostraram mais macios e mais susceptíveis ao rompimento, a mastigabilidade também foi facilitada a medida em que as concentrações aumentaram. Os atributos característicos do perfil de textura nos produtos derivados da carne estão intimamente relacionados com a funcionalidade das proteínas musculares, principalmente as suas propriedades de formação de gel e emulsificação, sendo influenciados pela presença de ingredientes não cárneos na formulação (LÓPEZ-VARGAS et al., 2014).

Assim como obtido no presente estudo, Wan Rosli e colaboradores (2011) detectaram redução nos atributos dureza, coesividade e mastigabilidade de hambúrgueres de frango adicionados de cogumelo ostra. Resultados semelhantes também foram encontrados por Akwetey e Knipe (2012) ao avaliarem o perfil de textura de hambúrgueres enriquecidos com gari (produto pré-cozido obtido do processamento da raiz de mandioca).

4.4.5 Análise microbiológica

As amostras de farinha de shimeji e de hambúrgueres apresentaram resultados para a análise microbiológica de acordo com o preconizado pela legislação vigente para o número de coliformes totais, *Escherichia coli* e ausência de *Salmonella sp.* (Tabela 16) (BRASIL, 2019).

Esses resultados indicam que tanto a matéria-prima quanto o produto elaborado apresentaram qualidade microbiológica, estando aptas e seguras para o consumo.

Tabela 16. Resultados da qualidade microbiológica da farinha de shimeji e dos hambúrgueres.

Análises	Resultados/g		Valores de referência/g
	Farinha de shimeji	Hambúrguer	
<i>Coliformes totais</i>	3,6 NMP	3,0 NMP	1 x 10 ³ NMP
<i>Escherichia coli</i>	3,0 NMP	3,0 NMP	1 x 10 ² NMP
<i>Salmonella sp.</i>	Ausência	Ausência	Ausência

FONTE: O autor (2020); Brasil (2019).

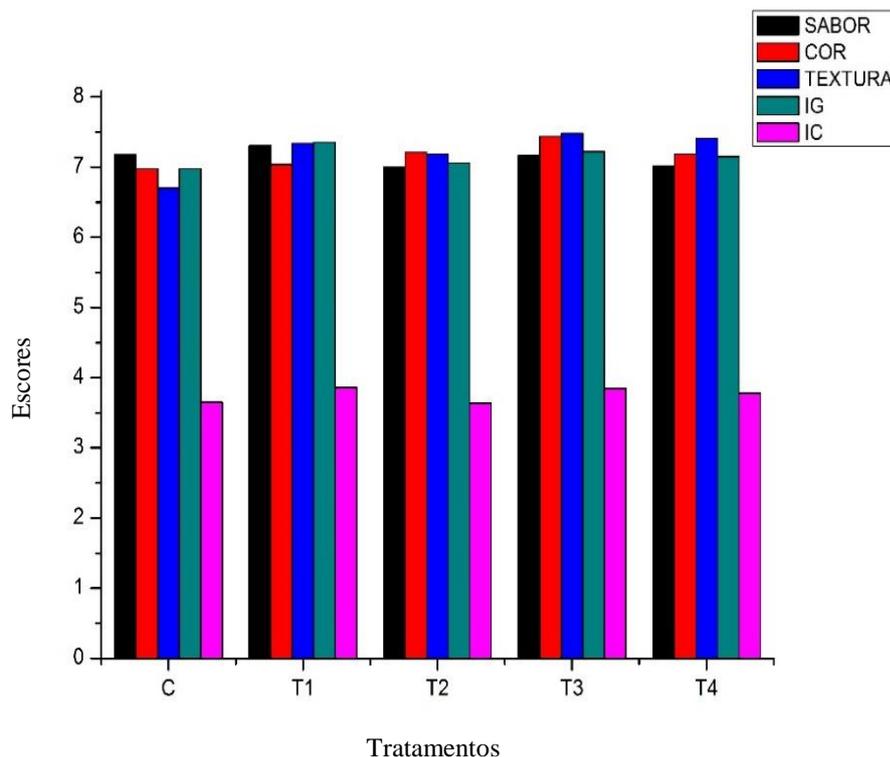
NOTA: NMP/g = Número Mais Provável por grama.

4.4.6 Análise sensorial

Todos os atributos avaliados na análise sensorial, sendo eles sabor, cor, textura, impressão global e intenção de compra, não obtiveram ajustes significativos para os parâmetros ($p > 0,05$) e para os modelos ($p \leq 0,05$).

As amostras apresentaram graus de aceitação para sabor variando entre 7,0 e 7,31, sendo classificados pela escala hedônica entre “gostei moderadamente” e “gostei muito”. Para a cor, textura e impressão global, os escores foram respectivamente, 6,98 a 7,44, 6,71 a 7,48 e 6,98 a 7,35, podendo classificá-los como “gostei ligeiramente”, “gostei moderadamente” e “gostei muito”. Para a intenção de compra, os resultados obtidos ficaram entre 3,64 e 3,86, podendo classificar as amostras pela escala de atitude entre “talvez comprasse/talvez não comprasse” e “possivelmente compraria o produto” (Tabela 17).

Figura 9. Escores médios dos atributos sabor, cor, textura, impressão global e intenção de compra dos hambúrgueres formulados com diferentes porcentagens de farinha de shimeji.



Fonte: O autor (2020).

NOTA: C - Controle; T1 - Hambúrguer com 1% de farinha de shimeji; T2 - Hambúrguer com 2% de farinha de shimeji; T3 - Hambúrguer com 3% de farinha de shimeji; T4 - Hambúrguer com 4% de farinha de shimeji; IC – Intenção de compra; IG – Impressão global.

Tabela 17. Escores para os atributos avaliados no teste de aceitação sensorial de hambúrgueres formulados com farinha de shimeji.

Variáveis	Formulações					Equações do modelo	R ²
	Controle	T1	T2	T3	T4		
<i>Sabor</i>	7,18 ± 1,54	7,31 ± 1,39	7,00 ± 1,31	7,16 ± 1,64	7,01 ± 1,52	$\hat{Y} = Y = 7,13 \pm 1,48$	***
<i>Cor</i>	6,98 ± 1,26	7,04 ± 1,48	7,21 ± 1,36	7,44 ± 1,26	7,19 ± 1,54	$\hat{Y} = Y = 7,17 \pm 1,38$	***
<i>Textura</i>	6,71 ± 1,77	7,34 ± 1,39	7,19 ± 1,40	7,48 ± 1,32	7,41 ± 1,50	$\hat{Y} = Y = 7,23 \pm 1,48$	***
<i>Impressão global</i>	6,98 ± 1,34	7,35 ± 1,26	7,06 ± 1,41	7,22 ± 1,33	7,15 ± 1,52	$\hat{Y} = Y = 7,15 \pm 1,37$	***
<i>Intenção de compra</i>	3,65 ± 1,20	3,86 ± 1,06	3,64 ± 1,07	3,85 ± 1,12	3,78 ± 1,13	$\hat{Y} = Y = 3,75 \pm 1,12$	***

FONTE: O autor (2020).

NOTA: Controle = formulação com 0% de farinha de shimeji; T1 = formulação com 1% de farinha de shimeji; T2 = formulação com 2% de farinha de shimeji; T3 = formulação com 3% de farinha de shimeji; T4 = formulação com 4% de farinha de shimeji; ***não houve parâmetro significativo ($p \leq 0,05$) para o modelo linear ou quadrático. R² refere-se ao coeficiente de determinação calculado em relação a SQTRAT.

A formulação T₁, referente a adição de 1% de farinha de shimeji nos hambúrgueres, obteve os maiores escores para os atributos sabor, impressão global e intenção de compra, juntamente com a formulação T₃, referente àqueles com a adição de 3% de farinha de shimeji, que apresentaram os maiores valores para os parâmetros cor, textura e intenção de compra (Figura 9).

Com os resultados encontrados é possível afirmar que a adição de farinha de shimeji nas proporções utilizadas não foi capaz de provocar alterações substanciais nas características sensoriais dos hambúrgueres.

Prado e colaboradores (2018) encontraram escores semelhantes ao do presente estudo para a análise de aceitação e intenção de compra de hambúrgueres formulados com farinha de sorgo, apresentando grau de aceitação para sabor de 7,8, textura de 7,5, cor de 7,8 e impressão global de 7,7, todos classificados através da escala hedônica como “gostei moderadamente/gostei muito”, e com uma intenção de compra de 4,2, ficando a sua classificação entre “possivelmente compraria o produto” e “certamente compraria o produto”.

Segundo Torrico e colaboradores (2018), os testes de aceitabilidade utilizando escala hedônica de 9 pontos são comumente empregados nas avaliações sensoriais de carne e produtos derivados. A aplicação da escala é positiva, pois é de fácil entendimento por parte dos consumidores, requer o mínimo de instruções dadas aos membros do painel e os resultados são comprovadamente estáveis e de fácil reprodução para os diferentes perfis de consumidores. Uma desvantagem que se observa é a tendência que os avaliadores possuem de evitar os extremos da escala, o que pode causar um erro de tendência central.

V. CONCLUSÕES

Diante dos resultados encontrados no estudo, é possível afirmar que a farinha de shimeji obtida é um alimento estável do ponto de vista físico-químico, possuindo uma boa composição nutricional, principalmente de proteínas, carboidratos e constituinte mineral.

A farinha apresentou um baixo conteúdo lipídico, que somado ao seu elevado aporte proteico e estabilidade, faz dela uma excelente alternativa de matéria-prima natural à ser empregada no desenvolvimento e enriquecimento de novos produtos, principalmente em formulações onde existe o intuito de restringir calorias e aumentar o perfil proteico.

Na análise do perfil mineral, foi possível observar que ela apresenta uma alta concentração de alguns elementos (Mg, Fe, Na, K e Zn), ultrapassando as recomendações definidas para a ingestão diária dos mesmos.

A farinha de shimeji também mostrou não possuir capacidade antioxidante.

A aplicação tecnológica da farinha de shimeji na formulação de hambúrgueres, utilizando as concentrações definidas no presente estudo, não causou modificações nas propriedades físico-químicas, com exceção somente para o parâmetro da cor, onde a adição da farinha deixou as amostras mais escuras, característica que pode dificultar a aceitação do produto pelos consumidores.

A capacidade de retenção de água dos hambúrgueres diminuiu gradativamente com a adição da farinha de shimeji, mas a sua aplicação foi capaz de reduzir a perda de peso durante a cocção e aumentar o rendimento do produto, características desejáveis para a indústria e também para o consumidor.

Do ponto de vista nutricional, as concentrações da farinha de shimeji aplicadas não foram capazes de causar alterações significativas na composição dos hambúrgueres, exceto para o seu conteúdo mineral.

O teor de colesterol e a composição de ácidos graxos não foram modificadas com a incorporação da farinha de shimeji. Os valores para colesterol apresentaram-se de acordo com o limite estabelecido pela Organização Mundial de Saúde e os ácidos graxos presentes majoritariamente em todos os tratamentos foram o ácido palmítico, ácido esteárico e o ácido oléico.

Do ponto de vista microbiológico, a farinha de shimeji e os hambúrgueres apresentaram qualidade microbiológica, estando aptas e seguras para o consumo.

Em relação a avaliação sensorial, as amostras apresentaram graus de aceitação e intenção de compra similares, comprovando que a adição da farinha de shimeji, nas concentrações utilizadas, não causou mudanças significativas nos atributos sensoriais avaliados.

VI. REFERÊNCIAS

- ABOU RAYA, M.A; SHALABY, M.T; HAFEZ, S.A; ALSHIMAA, M.H. Chemical composition and nutritional potential of some mushroom varieties cultivated in Egypt. **J. Food and Dairy Sci.** v. 5, n. 6, p. 421-434, 2014.
- AFSHARI, R; HOSSEINI, H; KHANEGHAH, A.M; KHAKSAR, R. Physico-chemical properties of functional low-fat beef burgers: Fatty acid profile modification. **LWT – Food Science and Technology.** 2016.
- AKATA, I; ZENGIN, G; PICOT, C.M.N; MAHOMOODALLY, M.F. Enzyme inhibitory and antioxidante properties of six mushroom species from the Agaricaceae Family. **South African Journal of Botany.** 2018.
- AKESOWAN, A. Production and storage stability of formulated chicken nuggets using konjac flour and shiitake mushrooms. **Journal of Food Science and Technology.** v. 53, n. 10, p. 3661-3674, 2016.
- AKWETEY, W.Y; KNIPE, C.L. Sensory attributes and texture profile of beef burgers with gari. **Meat Science.** v. 92, p. 745-748, 2012.
- AMARAL, A.B SILVA, M.V; LANNES, S.C.S. Lipid oxidation in meat: mechanisms and protective factors – A review. **Food Science and Technology.** v. 38, n. 1, p.1-15, dez/2018.
- ANANDHI, R; ANNADURAI, T; ANITHA, T.S; MURALIDHARAN, A.R; NAJMUNNISHA, K; NACHIAPPAN, V; THOMAS, P.A; GERALDINE, P. Antihypercholesterolemic and antioxidative effects of na extract of the oyster mushroom, *Pleurotus ostreatus*, and its major constituent, chrysin, in Triton WR-1339-induced hypercholesterolemic rats. **Journal of Physiology and Biochemistry.** 2012.
- ANGIOLILLO, L; CONTE, A; DEL NOBILE, M.A. Technological strategies to produce functional meat burgers. **LWT – Food Science and Technology.** p. 1-7, 2014.
- ANPC – Associação Nacional dos Produtores de Cogumelos. Cogumelos no Brasil. 2020.

ANTONINI, E; TORRI, L; PIOCHI, M; CABRINO, G; MELI, M.A; DE BELLIS, R. Nutritional, antioxidante and sensory properties of functional beef burgers formulated with chia seeds and goji puree, before and after in vitro digestion. **Meat Science**. 2019.

BACH, F. **Avaliação do potencial nutricional, antioxidante e antibacteriano de cogumelos comestíveis**. 2017. 136 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, Paraná, 2017b.

BACH, F; HELM, C.V; BELLETTINI, M.B; MACIEL, G.M; WINDSON, C; HAMINIUK, I. Edible mushrooms: a potential source of essential amino acids, glucans and minerals. **International Journal of Food Science and Technology**. p. 1-11, 2017a.

BALLESTRA, F; BIANCHI, M; PETRACCI, M. Applications in meat products. **Dietary Fiber: Properties, Recovery, and Applications**. p. 313-344, 2019.

BARBERA, S. WHCtrend, an up-to-date method to measure water holding capacity in meat. **Meat Science**. v. 152, p. 134-140, 2019.

BARROS, N.V.A; COSTA, N.Q; PORTO, R.G.C.L; MORGANO, M.A; ARAÚJO, M.A.M; MOREIRA-ARAÚJO, R.S.R. Elaboração de hambúrguer enriquecido com fibras de caju (*Anacardium occidentale* L.). **B. CEPPA**. v. 30, n. 2, p. 315-325, jul-dez/2012.

BASTOS, S.C; PIMENTA, M.E.S.G; PIMENTA, C.J; REIS, T.A; NUNES, C.A; PINHEIRO, A.C.M; FABRÍCIO, L.F.F; LEAL, R.S. Alternative fat substitutes for beef burger: technological and sensory characteristics. **J. Food Sci. Technol**. 2014.

BELLETTINI, M.B; FIORDA, F.A; MAIEVES, H.A; TEIXEIRA, G.L; ÁVILA, S; HORNUNG, P.S; MACCARI JÚNIOR, A; RIBANI, R.H. Factors affecting mushroom *Pleurotus spp*. **Saudi Journal of Biological Sciences**. 2016.

BERRY, B.W. Low fat level effects on sensory, shear, cooking, and chemical properties of ground beef patties. **J. Food Science**. v. 57, p. 537-540, 1992.

BINDHU, J; DAS, A. An edible fungi *Pleurotus ostreatus* inhibits adipogenesis via suppressing expression of PPAR γ and C/EBP α in 3T3-L1 cells: In vitro validation of gene knock out of RNAs in PPAR γ using CRISPR spcas9. **Biomedicine & Pharmacotherapy**. v. 116, 2019.

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

BOURNE, M.C. **Food texture and viscosity: concept and measurement**. Academic Press, Geneva, 2002. 400p.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Resolução RDC nº 54. Regulamento técnico sobre informação nutricional complementar. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 12 de nov. de 2012.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Instrução Normativa nº 60. Padrões Microbiológicos para Alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 26 de dez. de 2019.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Resolução RDC Nº 272. Regulamento técnico para produtos de vegetais, produtos de frutas e cogumelos comestíveis. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 23 de set. de 2005.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Resolução RDC nº 2. Regulamento técnico de substâncias bioativas e probióticos isolados com alegação de propriedades funcional e ou de saúde. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 7 de jan. de 2002.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – ANVISA. Resolução RDC nº 360. Regulamento técnico sobre rotulagem nutricional de alimentos embalados. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 23 de dez. de 2003.

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 República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 24 jul. 1978.

BRASIL. Ministério da Agricultura, da Pecuária e do Abastecimento. Instrução Normativa nº 20. Regulamento técnico de identidade e qualidade de hambúrguer. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 31 de jul. de 2000.

BRASIL. Ministério da Agricultura. Departamento Nacional de Inspeção de Produtos de Origem Animal. Regulamento de Inspeção Industrial e Sanitária de produtos de Origem Animal. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 1997.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria Nº. 398 de 30 de abril de 1999. Aprova o Regulamento Técnico que estabelece as diretrizes básicas para análise e comprovação de propriedades funcionais e ou de saúde alegadas em rotulagem de alimentos. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 03 de mai. de 1999.

CARRASCO-GONZÁLEZ, J.A; SERNA-SALDÍVAR, S.O; GUTIÉRREZ-URIBE, J.A. Nutritional composition and nutraceutical properties of the *Pleurotus* fruiting bodies: Potential use as food ingrediente. **Journal of Food Composition and Analysis**. v. 58, p. 69-81, 2017.

CARVAJAL, A.E.S.S; KOEHNLEIN, E.A; SOARES, A.A; ELER, G.J; NAKASHIMA, A.T.A; BRACHT, A; PERALTA, R.M. Bioactives of fruiting bodies and submerged culture mycelia of *Agaricus brasiliensis* (*A. blazei*) and their antioxidant properties. **LWT – Food Science and Technology**. v. 46, p. 493-499, 2012.

CARVALHO, C.S.M; SALES-CAMPOS, C; AGUIAR, L.V.B; MINHONI, M.T.A; ANDRANDE, M.C.N. Composição mineral de substratos à base de resíduos de bananeira durante o cultivo de *Pleurotus ostreatus*. **Arq. Inst. Biol**. v. 81, n. 3, p. 272-281, 2014.

CARVALHO, L.T; PIRES, M.A; BALDIN, J.C; MUNEKATA, E.S; CARVALHO, F.A.L; RODRIGUES, I; POLIZER, Y.J; MELLO, J.L.M; LAPA-GUIMARÃES, J; TRINDADE, M.A. Partial replacement of meat and fat with hydrated wheat fiber in beef burgers decreases caloric value without reducing the feeling of satiety after consumption. **Meat Science**. 2018.

CHANG, S.T; MILES, P.G. **Mushrooms: Cultivation, nutritional value, medicinal effect and environmental impact**. 2ª Ed. Boca Rotón – Flórida: CRC Press, 431p, 2004.

CHANG, S.T; WASSER, S.P. The role of culinary-medicinal mushrooms on human welfare with a pyramid model for human health. **International Journal of Medicinal Mushrooms**. v. 14, n. 2, p. 95-134, 2012.

CHEDEA, V.S; MARIA POP, R. Total polyphenols contente and antioxidante DPPH assays on biological samples. **Polyphenols in Plants**. p. 169-183, 2019.

CHOWDHURY, M.M.H; KUBRA, K; AHMED, S.R. Screening of antimicrobial, antioxidant properties and bioactive compounds of some edible mushrooms cultivated in Bangladesh. **Annals of Clinical Microbiology and Antimicrobials**. v. 14, n. 8, 2015.

CODEX ALIMENTARIUS COMMISSION. **General Standard for Edible Fungi and Fungus Products**. CODEX STAN 38, 1981.

CORRÊA, R.C.G; BRUGNARI, T; BRACHT, A; PERALTA, R.M; FERREIRA, I.C.F.R. Biotechnological, nutritional and therapeutic uses of *Pleurotus spp.* (Oyster mushroom) related with its chemical composition: A review on the past decade findings. **Trends in Food Science & Technology**. v. 50, p. 113-117, 2016.

CVE – Centro de Vigilância Epidemiológica. Toxinas em Alimentos. **Manual das Doenças Transmitidas por Alimentos**. Secretaria de Estado da Saúde de São Paulo, 2003. Disponível em: <http://www.saude.sp.gov.br/resources/cve-centro-de-vigilancia-epidemiologica/areas-de-vigilancia/doencas-transmitidas-por-agua-e-alimentos/doc/toxinas/cogumelos.pdf>. Acesso em: 20/01/2020.

DA SILVA, N; JUNQUEIRA, V.C.A; SILVEIRA, N.F.A; TANIWAKI, M.H; GOMES, R.A.R; OKAZAKI, M.M. Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos e água. 5ª Ed. São Paulo: Blucher, 2017. 535p.

DAMODARAN, S; PARKIN, K.L; FENNEMA, O.R. **Química de Alimentos de Fennema**. 4. Ed. Artmed, 2010. 900p.

DEEPALAKSHMI, K; MIRUNALINI, S. *Pleurotus ostreatus*: na oyster mushroom with nutritional and medicinal properties. **J. Biochem. Tech**. v. 5, n. 2, p. 718-726, 2014.

DIAS, E.S. Mushroom cultivation in Brazil: Challenges and potential for growth. **Ciênc. Agrotec.** v. 34, n. 4, p. 795-803, jul-ago/2010.

DRAKE, M.A. Invited review: Sensory analysis of dairy foods. **Journal of Dairy Science.** v. 90, n. 11, p. 4925-4937, 2007.

EL SOHAIMY, S.A. Functional foods and nutraceuticals-modern approach to food Science. **World Applied Sciences Journal.** v. 20, n. 5, p. 691-708, 2012.

EL-BATAL, A.I; ELKENAWY, N.M; YASSIN, A.S; AMIN, M.A. Laccase production by *Pleurotus ostreatus* and its application in synthesis of gold nanoparticles. **Biotechnology Reports.** v. 5, p. 31-39, 2015.

FACCHINI, J.M; ALVES, E.P; AGUILERA, C; GERN, R.M.M; SILVEIRA, M.L.L; WISBECK, E; FURLAN, S.A. Antitumor activity of *Pleurotus ostreatus* polysaccharide fractions on Ehrlich tumor and Sarcoma 180. **International Journal of Biological Macromolecules.** v. 68, p. 72-77, 2014.

FALANDYSZ, J; FRANKOWSKA, A; JARZYŃSKA, G; DRYŻAŁOWSKA, KOJTA, A.K; ZHANG, D. Survey on composition and bioconcentration potential of 12 metallic elements in King Bolete (*Boletus edulis*) mushroom that emerged at 11 spatially distant sites. **Journal of Environmental Science and Health - Part B: Pesticides, Food Contaminants and Agricultural Wastes.** v. 43, n. 3, p. 231-246, 2011.

FALANDYSZ, J; SAPKOTA, A; DRYŻAŁOWSKA, A; MEDYK, M; FENG, X. Analysis of some metallic elements and metalloids composition and relationships in parasol mushroom *Macrolepiota procera*. **Environmental Science and Pollution Research.** v. 24, p. 15528-15537, 2017.

FAO/WHO. Food and Agriculture Organization of the United Nations/World Health Organization, 2017.

FELICIO, P.E. Qualidade da carne bovina: características físicas e organolépticas. In: **Reunião Anual da Sociedade Brasileira de Zootecnia**, 36., 1999, Porto Alegre. Anais... Porto Alegre: SBZ, p. 89-97, 1999.

FERNANDES, A; BARROS, L; MARTINS, A; HERBERT, P; FERREIRA, I.C.F.R. Nutritional characterisation of *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex. Fr.) P. Kumm. Produced using paper scraps as substrate. **Food Chemistry**. v. 169, p. 396-400, 2015.

FERNANDES, R.P.P; TRINDADE, M.A; TONIN, F.G; PUGINE, S.M.P; LIMA, C.G; LORENZO, J.M; MELO, M.P. Evaluation of oxidative stability of lamb Burger with *Origanum vulgare* extract. **Food Chemistry**. v. 233, p. 101-109, 2017.

FERREIRA, N.S.O; ROSSET, M; LIMA, G; CAMPELO, P.M.S; MACEDO, R.E.F. Effect of adding *Brosimum gaudichaudii* and *Pyrostegia venusta* hydroalcoholic extracts on the oxidative stability of beef burgers. **LWT – Food Science and Technology**. v. 108, p. 145-152, 2019.

FREIRE, J.O. Cinética de secagem de cogumelos comestíveis e efeito da temperatura sobre os compostos antioxidantes. 2019. 77 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, Bahia, 2019.

GASECKA, M; MLECZEK, M; SIWULSKI, M; NIEDZIELSKI, P. Phenolic composition and antioxidant properties of *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus eryngii* enriched with selenium and zinc. **Eur. Food Res. Technol.** 2015.

GEORGIU, C.A; DANEZIS, G.P. **Food Authentication: Management, Analysis and Regulation**. Wiley Blackwell, 2017. 568p.

GHARIBZAHEDI, S.M.T; JAFARI, S.M. The importance of minerals in human nutrition: Bioavailability, food fortification, processing effects and nanoencapsulation. **Trends in Food Science e Technology**. 2017.

GOMIDE, L.A.M; RAMOS, E.M; FONTES, P.R. **Ciência e qualidade da carne: Fundamentos**. 1. Ed. Viçosa: UFV, 2013. 197p.

GUCIA, M; JARZNSKA, G; RAFAL, E; ROSZAK, M; KOJTA, A.K; OSIEJ, L; FALANDYSZ, J. Multivariate analysis of mineral constituents of edible Parasol mushroom (*Macrolepiota procera*) and soils beneath fruiting bodies collected from Northern Poland. **Sci. Pollut Res. Int.** v. 19, n. 2, p. 416-431, fev., 2012.

GUPTA, K.K; AGARWAL, S; KUSHWAHA, A; MAURYA, S; CHATURVEDI, V.K; PATHAK, R.K; VERMA, V; SINGH, M.P. Oyster mushroom: A rich source of antioxidants. In: SINGH, M.P; VERMA, V. et al. **Incredible World of Biotechnology**. Nova Science Publishers, p. 43-57, 2017.

HEADS, S.W; MILLER, A.N; CRANE, J.L; THOMAS, M.J; RUFFATTO, D.M; METHVEN, A.S; RAUDABAUGH, D.B; WANG, Y. The oldest fossil mushroom. **PLOS ONE**. v. 12, n. 6, 2017.

HELENO, S.A; MARTINS, A; QUEIROZ, M.J.R.P; FERREIRA, I.C.F.R. Bioactivity of phenolic acids: Metabolites *versus* parente compounds: A review. **Food Chemistry**. v. 173, p. 501-513, 2015.

IGNAT, I; VOLF, I; POPA, V.I. A critical review of methods for characterisation of polyphenolic compounds in fruits and vegetables. **Food Chemistry**. v. 126, n. 4, p. 1821-1835, 2011.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos físico-químicos para análise de alimentos**. 4ª Ed. (1ª Ed. digital). São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

ISLAM, T; YU, X; XU, B. Phenolic profiles, antioxidante capacities and metal chelating ability of edible mushrooms commonly consumed in China. **LWT – Food Science and Technology**. v. 72, p. 423-421, 2016.

IZLI, N; ISIK, E. Effect od diferente drying methods on drying characteristics, colour and microstructure properties of mushroom. **Journal of Food and Nutrition Research**. v. 53, n. 2, p. 105-116, 2014.

JAYAKUMAR, T; THOMAS, P.A; SHEU, J.R; GERALDINE, P. *In-vitro* and *in-vivo* antioxidante effects of the oyster mushroom *Pleurotus ostreatus*. **Food Research International**. v. 44, p. 851-861, 2011.

JEDINAK, A; SLIVA, D. *Pleurotus ostreatus* inibe a proliferação de células de câncer de mama e de cólon humano por meio de vias dependentes de p53 e independentes de p53. **Int. J. Oncol.** v. 33, n. 6, p. 1307-1313, 2008.

JUAN, W; CHONG, Z; ZHENTAO, Z; LUWEI, Y. Performance analysis of heat-pump dryer to dry mushroom. **Advance Journal of Food Science and Technology**. v. 5, n. 2, p. 164-168, 2013.

JULIAN, A.V; REYES, R.G. Agro-industrial waste conversion into medicinal mushroom cultivation. **Fumio Eguchi**. p. 1-8, 2018.

KALAC, P. A review of chemical composition and nutritional value of wild-growing and cultivated mushrooms. **J. Sci. Food Agric.** v. 93, p. 209-218, 2013.

KALARAS, M.D; RICHIE, J.P; CALCAGNOTTO, A; BEELMAN, R.B. Mushrooms: A rich source of the antioxidants ergothioneine and glutathione. **Food Chemistry**. v. 233, p. 429-433, 2017.

KAMRUZZAMAN, M; MAKINO, Y; OSHITA, S. Hyperspectral imaging for real-time monitoring of water holding capacity in red meat. **LWT – Food Science and Technology**. v. 66, p. 685-691, 2016.

KAUR, N. CHUGH, V; GUPTA, A.K. Essential fatty acids as functional components of foods – a review. **Journal Food Science and Technology**. v. 51, n. 10, p. 2289-2303, out/2014.

KHAN, A.A; GANI, A; MASSODI, F.A; MUSHTAQ, U; NAIK, A.S. Structural, rheological, antioxidante, and functional properties of β -glucan extracted from edible mushrooms *Agaricus bisporus*, *Pleurotus ostreatus* and *Coprinus attrimentarius*. **Bioactive Carbohydrates and Dietary Fibre**. v. 11, p. 67-74, 2017.

KHAN, A.A; GANI, A; SHAH, A; MASOODI, F.A; HUSSAIN, P.R; WANI, I.A; KHANDAY, F.A. Effect of γ -irradiation on structural, functional and antioxidante properties of β -glucan extracted from button mushroom (*Agaricus bisporus*). **Innovative Food Science and Emerging Technologies**. 2015.

KHAN, MD.A; TANIA, M. Nutritional and medicinal importance of *Pleurotus* mushrooms: An overview. **Food Reviews International**. v. 28, p. 313-329, 2012.

KHATUA, S; PAUL, S; ACHARYA, K. Mushroom as the potential source of new generation of antioxidante: A review. **J. Pharm. and Tech**. v. 6, n. 5, mai., 2013.

KNOP, D; YARDEN, O; HADAR, Y. The ligninolytic peroxidases in the genus *Pleurotus*: divergence in activities, expression, and potential applications. **Appl Microbiol Biotechnol**. v. 99, p. 1025-1038, 2015.

KOTWALIWALE, N; BAKANE, P; VERMA, A. Changes in textural and optical properties of oyster mushroom during hot air drying. **Journal of Food Engineering**. v. 78, p. 1207-1211, 2007.

KURT, A; GENÇCELEP, H. Enrichment of meat emulsion with mushroom (*Agaricus bisporus*) powder: Impacto on rheological and structural characteristics. **Journal of Food Engineering**. 2018.

LI, H; ZHANG, Z; LI, M; LI, X; SUN, Z. Yield, size, nutritional value, and antioxidante activity of oyster mushrooms grown on perilla stalks. **Saudi Journal of Biological Sciences**. p. 1-8, 2015.

LI, W; GU, Z; YANG, Y; ZHOU, S; LIU, Y; ZHANG, J. Non-volatile taste componentes of several cultivated mushrooms. **Food Chemistry**. v. 143, p. 427-431, 2014.

LLAURADÓ, G; MORRIS, H.J; TAMAYO, V; LEBEQUE, Y; BELTRÁN, Y; MARCOS, J; MOUKHA, S; CREPPY, E.E; BERMÚDEZ, R.C. Haematopoiesis radioprotection in Balb/c mice by an aqueous mycelium extract from the Basidiomycete *Pleurotus ostreatus* mushroom. **Natural Product Research**. v. 29, n. 16, p. 1557-1561, 2015.

LONGATO, E; MEINER, G; PEIRETTI, P.G; GAI, F; VIUDA-MARTOS, M; PÉREZ-ÁLVAREZ, J.A; AMAROWICZ, R; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. Effects of hazelnut skin addition on the cooking, antioxidant and sensory properties of chicken burgers. **J. Food Sci. Technol.** v. 56, n. 7, p. 3329-3336, jul., 2019.

LÓPEZ-VARGAS, J.H; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J; PÉREZ-ÁLVAREZ, A; VIUDA-MARTOS, M. Quality characteristics of pork burger added with albedo-fiber powder obtained from yellow passion fruit (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa*) co-products. **Meat Science.** v. 97, p. 270-276, 2014.

MA, L; ZHAO, Y; YU, J; JI, H; LIU, A. Characterization of Se-enriched *Pleurotus ostreatus* polysaccharides and their antioxidant effects in vitro. **International Journal of Biological Macromolecules.** v. 111, p. 421-429, 2018.

MAFTOUN, P; JOHARI, H; SOLTANI, M; MALIK, R; OTHMAN, N.Z; EL ENSHASY, H.A. The edible mushroom *Pleurotus spp.*: I. Biodiversity and nutritional values. **International Journal of Biotechnology for Wellness Industries.** v. 4, p. 67-83, 2015.

MEZA-MENCHACA, T; SUÁREZ-MEPELLÍN, J; ÁNGEL-PIÑA, C.D; TRIGOS, A. The amoebicidal effect of ergosterol peroxide isolated from *Pleurotus ostreatus*. **Phytotherapy Research.** v. 29, p. 1982-1986, 2015.

MITRA, P; KHATUA, S; ACHARYA, K. Free radical scavenging and NOS activation properties of water soluble crude polysaccharide from *Pleurotus ostreatus*. **Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research.** v. 6, n. 3, p. 67-70, 2013.

MIZI, L; COFRADES, S; BOU, R; PINTADO, T; LÓPEZ-CABALLERO, M.E; ZAIDI, F; JIMÉNEZ-COLMENERO, F. Antimicrobial and antioxidant effects of combined high pressure processing and sage in beef burgers during prolonged chilled storage. **Innovative Food Science and Emerging Technologies.** 2018.

MUTUKWA, I.B; HALL LLL, C.A; CIHACEK, L; LEE, C.W. Evaluation of drying method and pretreatment effects on the nutritional and antioxidant properties of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*). **Journal of Food Processing and Preservation.** p. 1-9, 2019.

NAKAMURA, M; KATOH, K. Influence of thawing on several proprieties of rabbit meat. **Boletim of Prefecture College of Agriculture**. v. 11, p. 45-49, 1985.

NNOROM, I.C; EZE, S.O; UKAOGO, P.O. Mineral contentes of three wild-grown edible mushrooms collected from forests of South eastern Nigeria: an evaluation of bioaccumulation potentials and dietary intake risks. **Scientific African**. 2019.

NOGUEIRA, L.S. Processamento, caracterização e avaliação da atividade antioxidante de hambúrgueres formulados com farinha de cogumelo eryngii (*Pleurotus eryngii*). 2018. 84 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga, Bahia, 2018.

LOTU, I.O; OBADINA, A.O; SOBUKOLA, O.P; ADEGUNWA, M; ADEBOWALE, A.A; KAJIHAUSA, E; SANI, L.O; ASAGBRA, Y; ASHIRU, B; KEITH, T. Effect of chemical preservatives on shelf life of mushroom (*Pleurotus ostreatus*) cultivated on cassava peels. **International Journal of Food Science and Technology**. v. 50, p. 1477-1483, 2015.

PADOVANI, R.M; AMAYA-FARFÁN, J; COLUGNATI, F.A.B; DOMENE, S.M.A. Dietary reference intakes: aplicabilidade das tabelas em estudos nutricionais. **Revista de Nutrição**. v. 19, n. 6, p. 741-760, 2006.

PATEL, Y; NARAIAN, R; SINGH, V.K. Medicinal properties of *Pleurotus* species (oyster mushroom): A review. **World J. Fungal & Plant Biol**. v. 3, n. 1, p. 1-12, 2012.

PATIL, S.S; AHMED, S.A; TELANG, S.M; BAIG, M.M.V. The nutritional value of *Pleurotus ostreatus* (Jacq.,Fr) Kumm cultivated on diferente lignocellulosic agro-wastes. **Innovative Romanian Food Biotechnology**. v. 7, set., 2010.

PATRA, S; PATRA, P; MAITY, K.K; MANDAL, S; BHUNIA, S.K; DEY, B; DEVI, K.S.P; KHATUA, S; ACHARYA, K; MAITI, T.K; ISLAM, S.S. A heteroglycan from the mycelia of *Pleurotus ostreatus*: structure determination and study of antioxidante properties. **Carbohydrate Research**. v. 368, p. 16-21, 2013.

PDST. **Sensory Analysis Teacher's Manual**. Dublin, 2017.

PHAT, C; MOON, B; LEE, C. Evaluation of umami taste in mushroom extracts by chemical analysis, sensory evaluation, and an electronic tongue system. **Food Chemistry**. v. 192, p. 1068-1077, 2016.

PIL-NAM, S; PARK, K.M; KANG, G.H; CHO, S.H; PARK, B.Y, VAN-BA, H. The impact of addition of shiitake on quality characteristics of frankfurter during refrigerated storage. **LWT – Food Science and Technology**. v. 62, p. 62-68, 2015.

PRADO, M..E.A QUEIROZ, V.A.V; CORREIA, V.T.V; NEVES, E.O; RONCHETI, E.F.S; GONÇALVES, A.C.A; MENEZES, C.B; OLEIVEIRA, F.C.E. Physicochemical and sensorial characteristics of beef burgers with added tannin and tannin-free whole sorghum flours as isolated soy protein replacer. **Meat Science**. 2018.

PURMONO, A.S; MORI, T; PUTRA, S.R; KONDO, R. Biotransformation of heptachlor and heptachlor epoxide by white-rot fungus *Pleurotus ostreatus*. **International Biodeterioration & Biodegradation**. v. 82, p. 40-44, 2013.

RATHORE, H; PRASAD, S; SHARMA, S. Mushroom nutraceuticals for improved nutrition and better human health: A review. **PharmaNutrition**. v. 5, p. 35-46, 2017.

RAVI, B; RENITTA, R.E; PRABHA, M.L; ISSAC, R; NAIDU, S. Evaluation of antidiabetic potential of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) in alloxan-induced diabetic mice. **Immunopharmacology and Immunotoxicology**. v. 35, n. 1, p. 101-109, 2013.

REIS, F.S; MARTINS, A; BARROS, L; FERREIRA, I.C.F.R. Antioxidant properties and phenolic profile of the most widely appreciated cultivated mushrooms: A comparative study between *in vivo* and *in vitro* samples. **Food and Chemical Toxicology**. v. 50, p. 1201-1207, 2012.

REIS, F.S; MARTINS, A; VASCONCELOS, M.H; MORALES, P; FERREIRA, I.C.F.R; Functional foods based on extracts or compounds derived from mushrooms. **Trends in Food Science & Technology**. v. 66, p. 48-62, 2017.

RIBEIRO, E.P; SERAVALLI, E.A.G. **Química de Alimentos**. Instituto Mauá de Tecnologia, 2 ed., 2007.

ROÇA, R.O. Propriedades da Carne. **UNESP**, 2014. Disponível em:

<https://www.fca.unesp.br/Home/Instituicao/Departamentos/Gestaoetecnologia/Teses/Roca107.pdf>. Acesso em: 04/02/2020.

ROSA, C.S; KUBOTA, E; STEIN, M; NOGARA, G.P; VIZZOTO, M. Avaliação do efeito de extrato de farinha de alfarroba (*Ceratonia siliqua L.*) na estabilidade oxidativa e cor de hambúrgueres congelados. **Semina: Ciências Agrárias**. v. 35, n. 5, p. 93-98, 2013.

RUFINO, M.S.M; ALVES, R.E; BRITO, E.S; MORAIS, S.M; SAMPAIO, C.G; PÉREZ-JIMÉNEZ, J; SAURA-CALIXTO, F.D. Metodologia Científica: Determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. **Comunicado Técnico online 127 Embrapa**. Fortaleza – CE, jul., 2007.

RUFINO, M.S.M; ALVES, R.E; BRITO, E.S; MORAIS, S.M; SAMPAIO, C.G; PÉREZ-JIMÉNEZ, J; SAURA-CALIXTO, F.D. Metodologia Científica: Determinação da atividade antioxidante total em frutas pelo método de redução do ferro (FRAP). **Comunicado Técnico Online Embrapa**. Dez., 2006.

SALDANHA, T; MAZALLI, M.R; BRAGAGNOLO, N. Avaliação comparativa entre dois métodos para determinação do colesterol em carnes e leite. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 24, n. 1, p. 109-113, jan-mar/2004.

SALDANHA, T; SAWAYA, A.C.H.F; EBERLIN, M.N; BRAGAGNOLO, N. HPLC separation and determination of 12 cholesterol oxidation products in fish: Comparative study of RI, UV, and APCI-MS detectors. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 54, p. 4107-4113, 2006.

SALES-CAMPOS, C; OLIVEIRA, L.A; ARAUJO, L.M; VAREJÃO, M.J.C; ANDRADE, M.C.N. Composição mineral de uma linhagem de *Pleurotus ostreatus* cultivada em resíduos madeireiros e agroindustriais da região amazônica. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. v. 29, n. 4, p. 868-872, out-dez/2009.

SÁNCHEZ, C. Reactive oxygen species and antioxidante properties from mushrooms. **Synthetic and Systems Biotechnology**. p. 1-10, 2016.

SÁNCHEZ-ZAPATA, E; PÉREZ-ÁLVAREZ, A; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. Effects of tiger nut (*Cyperus esculentus*) milk liquid co-products on the quality of pork burgers.

International Journal of Food Science and Technology. 2012.

SANTANA, S.G; OLIVEIRA FILHO, J.G; EGEEA, M.B. Características tecnológicas de farinhas vegetais comerciais. **Revista de Agricultura Neotropical.** v. 4, n. 2, p. 88-95, abr-jun/2017.

SANTOYO, S; RAMÍREZ-ANGUIANO, A.C; ALDARS-GARCÍA, L; REGLERO, G; SOLER-RIVAS, C. Antiviral activities of *Boletus edulis*, *Pleurotus ostreatus* and *Lentinus edodes* extracts and polysaccharide fractions against Herpes simplex vírus type 1. **Journal of Food and Nutrition Research.** v. 51, n. 4, p. 225-235, 2012.

SCHERER, R; GODOY, H.T. Antioxidant activity index (AAI) by the 2,2-diphenil-1-picrylhydrazyl method. **Food Chemistry.** v. 112, n. 3, p. 654-658, fev., 2009.

SCHNEIDER, I; KRESSEL, G; MEYER, A; KRINGS, U; BERGER, R.G; HAHN, A. Lipid lowering effects of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) in humans. **Journal of Functional Foods.** v. 3, p. 17-24, 2011.

SELANI, M.M; SHIRADO, G.A.N; MARGIOTTA, G.B; SALDAÑA, E; SPADA, F.P; PIEDADE, S.M.S; CONTRERAS-CASTILLO, C.J; CANNIATTI-BRAZACA, S.G. Effect of pineapple byproduct and canola oil as fat replacers on physicochemical and sensory quality of low-fat beef burger. **Meat Science.** 2016.

SHAHIDI, F; ZHONG, Y. Measurement of antioxidante activity. **Journal of Functional Foods.** v. 18, p. 757-781, 2015.

SMITH, J; CHARTER, E. **Functional Food Product Development.** Wiley-Blackwell, 2011.

SOARES, K.M.P; SILVA, J.B.A; GÓIS, V.A. Parâmetros de qualidade de carne e produtos cárneos: uma revisão. **Revista Higiene Alimentar.** v. 31, n. 268/269, mai-jun/2017.

SOCCOL, C.R; VÍTOLO, F.M.D; RUBEL, R; FALBO, M.K; LETTI, L.A.J; BELLETTINI, M; SOCCOL, V.T. Cogumelos: Uma fonte promissora de compostos ativos para o desenvolvimento de bioprodutos farmacêuticos e nutracêuticos. In: SOCCOL, C.R; FRANÇA, L.R. **Biotecnologia aplicada à Agro&Indústria: Fundamentos e aplicações**. 1ª Ed, v. 4, Blucher, 1069p, 2017.

SOUSA, C.M.M; SILVA, H.R; VIEIRA JR., G.M; AYRES, M.C.C; COSTA, C.L.S; ARAÚJO, D.S; CAVALCANTE, L.C.D; BARROS, E.D.S; ARAÚJO, P.B.M; BRANDÃO, M.S; CHAVES, M.H. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. **Quím. Nova**. v. 30, n. 2, p. 351-355, 2007.

STEFANELLO, F.S; CAVALHEIRO, C.P; LUDTKE, F.L; SILVA, M.S; MILANI, L.I.G; KUBOTA, E.H. Efeito da extração de compostos fenólicos sobre a atividade antioxidante e antibacteriana *in vitro* de cogumelo-do-sol. **Arq. Inst. Biol.** v. 83, p. 1-7, 2016.

SUDHEEP, N.M; SRIDHAR, K.R. Nutritional composition of two wild mushrooms consumed by the tribals of the Western Ghats of India. **Mycology**. v. 5, n. 2, p. 64-72, 2014.

SUMAN, S.P; HUNT, M.C; NAIR, M.N; RENTFROW, G. Improving beef color stability: Practical strategies and underlying mechanisms. **Meat Science**. v. 98, p. 490-504, 2014.

SUN, L; LIU, Q; BAO, C; FAN, J. Comparison of free total amino acid compositions and their functional classifications in 13 wild edible mushrooms. **Molecules**. v. 22, p. 1-10, 2017.

TACO. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos**. 4. Ed. UNICAMP. Campinas: NEPAUNICAMP, 2011.161p.

TEIXEIRA, L.V. Análise sensorial na indústria de alimentos. **Ver. Inst. Latic. Cândido Tostes**. v. 64, n. 366, p. 12-21, 2009.

TOLERA, K.D; ABERA, S. Nutritional quality of oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) as affected by osmotic pretreatments and drying methods. **Food. Sci. Nutr.** p. 1-8, 2017.

- TOMASI, G.A; CARNIEL, C.I.C; DEMARCO, F; SALVETTI, F; ZANARDI, L; TIMBOLA, F. Elaboração e avaliação de hambúrguer de carne bovina com farinha de aveia, linhaça e gergelim. **Anais da X SEAGRO**. Cascavel, PR. jun/2016.
- TORRICO, D.D; HUTCHINGS, S.C; HA, M; BITTNER, E.P; FUENTES, S; WARNER, R.D; DUNSHEA, F.R. Novel techniques to understand consumer responses towards food products: A review with a focus on meat. **Meat Science**. v. 144, p. 30-42, 2018.
- TSAI, S. Y; TSAI, H. L; MAU, J. L. Antioxidant properties of *Agaricus blazei*, *Agrocybe cylindracea*, and *Boletus edulis*. **LWT - Food Science and Technology**. v. 40, p. 1392-1402, 2007.
- UNIPROT – Universal Protein Resource. Taxonomia – *Pleurotus ostreatus* var. *pleurotus*. 2020. Disponível em: <https://www.uniprot.org/taxonomy/188764>. Acesso em: 21/01/2020.
- VALVERDE, M.E; HERNÁNDEZ-PÉREZ, T; PAREDES-LOPÉZ, O. Edible mushrooms: Improving human health and promoting quality life. **International Journal of Microbiology**. p. 1-14, 2015.
- VARGAS-ISLA, R; ISHIKAWA, N.K; PY-DANIEL, V. Contribuições etnomicológicas dos povos indígenas da Amazônia. **Biota Amazônia**. v. 3, n. 1, p. 58-65, 2013.
- VETVICKA, V; GOVER, O. KARPOVSKY, M; HAYBY, H; DANAY, O; EZOV, N; HADAR, Y; SCHWARTZ, B. Immune-modulating activities of glucans extracted from *Pleurotus ostreatus* and *Pleurotus eryngii*. **Journal of Functional Foods**. v. 54, p. 81-91, 2019.
- VIEIRA GOMES, D.C; ALENCAR, M.V.O.B; REIS, A.C; LIMA, R.M.T; SANTOS, J.V.O; MATA, A.M.O.F; DIAS, A.C.S; COSTA JÚNIOR, J.S; MEDEIROS, M.G.F. Antioxidant, anti-inflammatory and cytotoxic/antitumoral bioactives from the phylum Basidiomycota and their possible mechanisms of action. **Biomedicine & Pharmacotherapy**. v. 112, p. 1-8, 2019.
- VIEIRA, J.O; BRESSAN, M.C; FARIA, P.B; FERREIRA, M.W; FERRÃO, S.P.B; SOUZA, X.R. Efeito dos métodos de cocção na composição centesimal e colesterol do peito de frangos de diferentes linhagens. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 31, n. 1, p. 14-170, jan-fev/2007.

VIEIRA, P.A.F; GONTIJO, D.C; VIEIRA, B.C; FONTES, E.A.F; ASSUNÇÃO, L.S; LEITE, J.P.V; OLIVEIRA, M.G.A; KASUYA, M.C.M. Antioxidant activities, total phenolics and metal contents in *Pleurotus ostreatus* mushrooms enriched with iron, zinco or lithium. v. 54, p. 421-425, 2013.

WAN ROSLI, W. I; SOLIHAN, M.A; AISHAH, M; NIK FAKURUDIN, N.A; MOHSIN, S.S.J. Colour, textural properties, cooking characteristics and fibre content of chicken patty added with oyster mushroom (*Pleurotus sajor-caju*). **International Food Research Journal**. v. 18, p. 621-627, 2011.

WARNER, R.D. The eating quality of meat – IV Water-holding capacity and juiciness. **Lawrie's Meat Science**. p. 419-459, 2017.

WOLDEGIORGIS, A.Z; ABATE, D; HAKI, G.D; ZIEGLER, G.R. Antioxidant property of edible mushrooms collected from Ethiopia. **Food Chemistry**. v. 157, p. 30-36, 2014.

WOOD, J.D; ENSER, M; FISHER, A.V; NUTE, G.R; SHEARD, P.R; RICHARDSON, R.I; HUGHES, S.I WHITTINGTON, F.M. Fat deposition, fatty acid composition and meat quality: A review. **Meat Science**. v. 78, p. 343-358, 2008.

WOOD, J.D; RICHARDSON, R.I; NUTE, G.R; FISHER, A.V; CAMPO, M.M; KASAPIDOU, E; SHEARD, P.R; ENSER, M. Effects of fatty acids on meat quality: A review. **Meat Science**. v. 66, p. 21-32, 2003.

XAVIER, N. MOREIRA, R.C; MANCINI-FILHO, J. Ácidos graxos: uma revisão. **Rev. Sociedade Brasileira de Alimentação e Nutrição**. v. 24, p. 105-123, dez/2002.

XU, X; YAN, H; CHEN, J; ZHANG, X. Bioactive proteins from mushrooms. **Biotechnology Advances**. v. 29, p. 667-674, 2011.

YAN, J; ZHU, L; QU, Y; QU, X; MU, M; ZHANG, M; MUNEER, G; ZHOU, Y; SUN, L. Analyses of active antioxidante polysaccharides from four edible mushrooms. **International Journal of Biological Macromolecules**. 2018.

YU, P; LOW, M.Y; ZHOU, W. Desing of experiments and regression modelling in food flavour and sensory analysis: A review. **Trends in Food Science and Technology**. v. 71, p. 202-215, 2018.

ZHANG, A; LI, X; XING, C; YANG, J; SUN, P. Antioxidant activity of polysaccharide extracted from *Pleurotus eryngii* using response surface methodology. **International Journal of Biological Macromolecules**. 2014.

ZHANG, Y; DAI, L; KONG, X; CHEN, L. Characterization and *in vitro* antioxidante activities of polysaccharides from *Pleurotus ostreatus*. **International Journal of Biological Macromolecules**. v. 51, p. 259-265, 2012.

ZHOU, S; MA, F; ZHANG, X; ZHANG, J. Carbohydrate changes during growth and fruiting in *Pleurotus ostreatus*. **Fungal Biology**. p. 1-10, 2016.

ZHU, B; LI, Y; HU, T; ZHANG, Y. The hepatoprotective effect of polysaccharides from *Pleuotus ostreatus* on carbon tetrachloride-induced acute liver injury rats. **International Journal of Biological Macromolecules**. 2019.

ZHU, F; DU, B; BIAN, Z; XU, B. β -glucans from edible and medicinal mushrooms: characteristics, physicochemical and biological activities. **Journal of Food Composition and Analysis**. v. 41, p. 165-173, 2015.

VII. APÊNDICES

APÊNDICE 1

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO – TCLE

Conforme Resolução nº 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde – CNS
Análise Sensorial de Hambúrgueres Formulados com Farinha de Cogumelo

Você está sendo convidado(a) como voluntário(a) a participar da pesquisa “Aplicação de Farinha de Cogumelo em Formulação de Hambúrguer”. Neste estudo pretendemos avaliar a aceitação sensorial e a intenção de compra de hambúrgueres bovinos com diferentes níveis de adição de farinha de cogumelo, devidamente avaliados quanto à ausência de microrganismos patogênicos, tendo como julgadores estudantes, professores e servidores da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, campus de Itapetinga.

O motivo que nos leva a estudar esse assunto é o de que os cogumelos comestíveis possuem importantes propriedades nutricionais e medicinais que o enquadram como alimento funcional e nutracêutico, contendo substâncias bioativas que exercem inúmeras funções importantes na saúde. A sua aplicação como ingrediente na fabricação de novos produtos alimentícios processados é capaz de melhorar as características sensoriais, nutricionais, nutracêuticas ou funcionais dos alimentos, apurando a qualidade dos produtos escolhidos e contribuindo positivamente para a saúde dos consumidores.

Para este estudo adotaremos o(s) seguinte(s) procedimento(s): A pesquisa será realizada entre os graduandos, pós-graduandos e servidores da Universidade do Sudoeste da Bahia campus Itapetinga, do sexo masculino ou feminino. Aqueles que concordarem em participar preencherão o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). A coleta dos dados ocorrerá através da aplicação de uma ficha avaliativa contendo uma escala na qual os participantes irão avaliar as amostras de hambúrgueres apresentadas.

Você não terá nenhum custo, nem receberá qualquer vantagem financeira. Você será esclarecido(a) em todas as formas que desejar e estará livre para participar ou recusar-se. Você poderá retirar o consentimento ou interromper a sua participação a qualquer momento. A sua participação é voluntária e a recusa em participar não causará qualquer punição ou modificação na forma em que é atendido(a) pelo pesquisador que irá tratar a sua identidade com padrões profissionais de sigilo. Você não será identificado em nenhuma publicação. Se você aceitar participar da pesquisa, você avaliará sensorialmente os hambúrgueres e responderá uma ficha

avaliativa descrevendo as notas de aceitação para os atributos avaliados. Os produtos a serem experimentados foram fabricados sob rígidos controles de higiene, não oferecendo riscos à saúde quanto a presença de microrganismos patogênicos. O possível risco que o provador pode estar correndo relaciona-se com os candidatos que apresentam alergia aos cogumelos ou intolerância e/ou restrições aos ingredientes das formulações (carne bovina e toucinho), porém caso apresente algum desconforto no momento da análise, esse será imediatamente conduzido à enfermaria da UESB, que conta com uma enfermeira de plantão durante o horário comercial, para os primeiros socorros.

Além disso, você tem assegurado o direito a compensação ou indenização no caso de quaisquer danos eventualmente produzidos pela pesquisa. Os benefícios deste estudo estão relacionados com o desenvolvimento de um novo produto destinado a todas as faixas etárias e que apresenta enriquecimento de nutrientes utilizando uma matéria-prima considerada nutracêutica, funcional e que contém compostos bioativos capazes de exercer funções importantes na saúde do consumidor.

Os resultados estarão à sua disposição quando finalizados. Seu nome ou o material que indique sua participação não será liberado sem a sua permissão. Os dados e instrumentos utilizados na pesquisa ficarão arquivados com o pesquisador responsável por um período de 5 anos, e após esse tempo serão destruídos. Este termo de consentimento encontra-se impresso em duas vias, sendo que uma das vias será arquivada pelo pesquisador responsável, e a outra será fornecida a você.

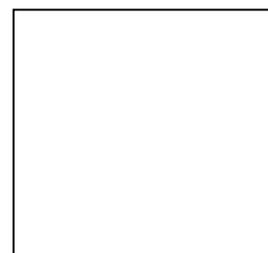
Eu, _____ fui informado(a) dos objetivos do presente estudo de maneira clara e detalhada e esclareci minhas dúvidas. Sei que a qualquer momento poderei solicitar novas informações, e posso modificar a decisão de participar se assim o desejar. Declaro que concordo em participar desse estudo. Recebi uma via deste termo de consentimento e me foi dada a oportunidade de ler e esclarecer as minhas dúvidas.

Itapetinga-BA, ____ de _____ de _____.

Assinatura do(a) participante da pesquisa

Assinatura do(a) pesquisador(a) responsável

Impressão digital



Em caso de dúvidas com respeito aos aspectos éticos deste estudo, você poderá consultar:

Pesquisador(a) Responsável: Silmara Almeida de Carvalho

Endereço: Praça da Primavera, 40, Bairro Primavera, CEP 45.700-000, Itapetinga-BA.

Fone: (77) 3261-8687/ E-mail: scarvalho@uesb.edu.br

CEP/UESB- Comitê de Ética em Pesquisa

Avenida José Moreira Sobrinho, s/n, 1º andar do Centro de Aperfeiçoamento Profissional Dalva de Oliveira Santos (CAP). Jequiezinho. Jequié-BA. CEP 45208-091.

Fone: (73) 3528-9600 (ramal 9727) / E-mail: cepjq@uesb.edu.br

APÊNDICE 2

Ficha de Avaliação Sensorial

Nome: _____ **Data:** _____

Você está recebendo uma amostra codificada de carne de hambúrguer. Por favor, avalie a amostra em relação ao sabor, cor, textura e impressão global, de acordo com a escala abaixo:

- | | |
|------------------------------|-----------------------------|
| (9) Gostei muitíssimo | (4) Desgostei ligeiramente |
| (8) Gostei muito | (3) Desgostei moderadamente |
| (7) Gostei moderadamente | (2) Desgostei muito |
| (6) Gostei ligeiramente | (1) Desgostei muitíssimo |
| (5) Nem gostei/nem desgostei | |

N° da amostra			
Sabor	Cor	Textura	Impressão global

Avalie a amostra com relação à intenção de compra:

- | | |
|---|---|
| (5) Certamente compraria o produto | (2) Possivelmente não compraria o produto |
| (4) Possivelmente compraria o produto | (1) Certamente não compraria o produto |
| (3) Talvez comprasse/talvez não comprasse | |

N° da amostra	
Intenção de compra	

Comentários:

APÊNDICE 3

Gráficos de regressão linear para os parâmetros teor de água, cinzas, *L, *a, CRA, PE, dureza, coesividade e mastibilidade dos hambúrgueres formulados com farinha de shimeji.

