



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

Área de Concentração: Ciência de Alimentos



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
ENGENHARIA E CIÊNCIA DE ALIMENTOS

PROCESSAMENTO, CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE
ANTIOXIDANTE DE HAMBÚRGUERES FORMULADOS COM FARINHA
DE COGUMELO ERYNGII (*Pleurotus eryngii*)

Autor: Laísa Santana Nogueira

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

ITAPETINGA
BAHIA - BRASIL
Fevereiro de 2018

LAÍSA SANTANA NOGUEIRA

**PROCESSAMENTO, CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE
ANTIOXIDANTE DE HAMBÚRGUERES FORMULADOS COM FARINHA
DE COGUMELO ERYNGII (*Pleurotus eryngii*)**

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.

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

Co-orientador: Prof. DSc. Leandro Soares Santos

ITAPETINGA
BAHIA - BRASIL
Fevereiro de 2018

635.8
N712p Nogueira, Laísa Santana

Processamento, caracterização e avaliação da atividade antioxidante de hambúrgueres formulados com farinha de cogumelo *eryngii* (*Pleurotus eryngii*). / Laísa Santana Nogueira. - Itapetinga: UESB, 2018.

84p.

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

1. Cogumelos comestíveis - Hambúrgueres. 2. *Pleurotus eryngii*. 3. Cogumelos comestíveis – Ácidos graxos - Compostos fenólicos. 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): **635.8**

Catálogo na fonte:

Adalice Gustavo da Silva – CRB/5-535

Bibliotecária – UESB – Campus de Itapetinga-BA

Índice Sistemático para Desdobramento por Assunto:

1. Cogumelos comestíveis - Hambúrgueres
2. *Pleurotus eryngii*
3. Cogumelos comestíveis – Ácidos graxos - Compostos fenólicos



Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia
Recredenciada pelo decreto estadual nº 16.825 de 04.07.2016
Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos
PPG-ECAL / UESB



Áreas de Concentração: Engenharia de Alimentos
Ciência de Alimentos

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

Título: PROCESSAMENTO, CARACTERIZAÇÃO E AVALIAÇÃO DA ATIVIDADE ANTIOXIDANTE DE HAMBÚRGUERES FORMULADOS COM FARINHA DE COGUMELO ERYNGII (*Pleurotus eryngii*).

Autor (a): LAÍSA SANTANA NOGUEIRA

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

Prof.ª Dr.ª Simone Andrade Gualberto (UESB)

Prof. Dr. Antônio Amandio Pinto Garcia Júnior (UESB)

Itapetinga-BA, 23 de fevereiro de 2018.

“Construí amigos, enfrentei derrotas, venci obstáculos, bati na porta da vida e disse-lhe: Não tenho medo de vivê-la!”
(Augusto Cury)

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela presença constante em minha vida! Por me guiar e fortalecer nos momentos de dúvida, medo e dificuldades. Por me cobrir de bênçãos, saúde e amor! Por não me deixar fraquejar nesse longo caminho que percorri.

Ao meu pai, “in memoriam”, por tudo que me ensinou e tudo que sou! Pelo exemplo de simplicidade, honestidade, senso de responsabilidade e dever. Obrigada por tudo, pelo seu imenso amor, dedicação, incentivo, por me mostrar sempre a importância e o valor da educação, que me faz continuar e nunca desistir! Saudades!

A minha mãe Selma, por estar sempre presente em todas as etapas da minha vida, torcendo, apoiando, aconselhando e me incentivando! Muito obrigada pela compreensão, esforços, apoio incondicional e amor! Amo vocês!

A Professora Silmara Carvalho pela orientação e ensinamentos a mim dispensados ao longo dessa trajetória.

Ao Professor Leandro Soares pela valiosa contribuição e apoio.

Aos colegas de laboratório, Daniel, Mariana, Janaína, Luciana, Niebly, por estarem do meu lado sempre que necessário e por estarem sempre dispostos a me ajudar.

Aos meus amigos: Marjorie, Daniel, e tantos outros colegas, obrigada pela amizade, companheirismo, apoio, pelo ombro amigo, por tornarem meus dias mais leves e alegres, e pela mão sempre estendida para ajudar.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

A Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), pelo acolhimento e contribuição para a minha formação acadêmica e profissional.

A todos que participaram e colaboraram direta ou indiretamente na realização deste trabalho, aqueles que contribuíram com um sorriso ou palavra para que eu chegasse até aqui. Muito obrigada aos que de alguma maneira foram fundamentais na conclusão desta etapa!

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	9
LISTA DE TABELAS.....	11
LISTA DE ABREVIATURAS	13
RESUMO.....	14
ABSTRACT.....	15
1. INTRODUÇÃO.....	16
2. REVISÃO DE LITERATURA	18
2.1. Cogumelos comestíveis	18
2.1.1. Gênero <i>Pleurotus</i> e a importância das suas espécies.....	19
2.2. Produtos cárneos: Hambúrguer	21
2.3. Oxidação e Antioxidantes naturais em cogumelos.....	23
2.3.1. Métodos de determinação da capacidade antioxidante.....	26
3. OBJETIVOS	28
3.1. Objetivo geral.....	28
3.2. Objetivos específicos	28
4. MATERIAL E MÉTODOS	29
4.1. Obtenção da matéria-prima.....	29
4.2. Produção da farinha de cogumelo	29
4.3. Processamento dos hambúrgueres.....	30
4.4. Composição centesimal das amostras.....	32
4.5. Caracterização físico-química	33
4.5.1. Determinação da Atividade de Água.....	33
4.5.2. Determinação do pH.....	33
4.5.3. Determinação da Cor.....	33
4.5.4. Capacidade de retenção de água.....	33
4.5.5. Perda de Peso por Cocção (PPC)	34
4.5.6. Rendimento de Cocção (RC)	34

4.5.7.	Porcentagem de Encolhimento (PE).....	34
4.5.8.	Análise do perfil de textura (TPA).....	35
4.5.10.	Análise de Ácidos Graxos por Cromatografia Gasosa	36
4.6.	Determinação da Capacidade Antioxidante e Quantificação de Fenólicos Totais	37
4.6.1.	Obtenção dos Extratos	37
4.6.2.	Determinação do teor de Fenólicos totais.....	37
4.6.3.	Método do Sequestro de Radicais Livres DPPH.....	38
4.6.4.	Substâncias reativas ao Ácido Tiobarbitúrico (TBARS).....	39
4.7.	Análise sensorial.....	39
4.8.	Delineamento Estatístico	40
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
5.1.	Farinhas de cogumelo <i>P. eryngii</i>	41
5.1.1.	Composição centesimal	41
5.1.2.	Caracterização físico-química.....	42
5.2.	Hambúrgueres formulados com farinha de cogumelo <i>P. eryngii</i>	44
5.2.1.	Composição centesimal	44
5.3.	Caracterização físico-química e Parâmetros Tecnológicos	47
5.3.1.	Análise do Perfil de Textura (TPA)	54
5.3.2.	Teor de Colesterol e Composição de Ácidos Graxos.....	56
5.4.	Análise Sensorial.....	60
5.5.	Atividade Antioxidante.....	63
5.5.1.	Teor de Compostos Fenólicos Totais	63
5.5.2.	Atividade antioxidante pelo método do sequestro de radicais livres DPPH	66
5.5.3.	Substâncias reativas ao Ácido Tiobarbitúrico (TBARS).....	68
6.	Conclusão.....	70
7.	Referências bibliográficas.....	71
8.	Anexos	82

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estrutura química da ergotionina.....	25
Figura 2. Estrutura química do radical DPPH e reação de estabilização com antioxidante.....	26
Figura 3. Reação do teste de TBA entre o ácido 2-tiobarbitúrico e o malonaldeído.	27
Figura 4. Cogumelo <i>eryngii</i> (<i>P. eryngii</i>) fresco e farinha obtida.	30
Figura 5. Ilustração das etapas de processamento do hambúrguer com farinha de <i>eryngii</i>	32
Figura 6. Gráfico do modelo linear do teor de lipídios totais para os hambúrgueres com FCE.	45
Figura 7. Gráfico do modelo quadrático do teor de proteínas para os hambúrgueres com FCE.	46
Figura 8. Gráfico do modelo linear dos valores de pH para os hambúrgueres com FCE.	47
Figura 9. Gráfico do modelo linear dos valores de PPC para os hambúrgueres com FCE.....	50
Figura 10. Gráfico do modelo linear dos valores de RC para os hambúrgueres com FCE.....	51
Figura 11. Gráfico do modelo linear dos valores de PE para os hambúrgueres com FCE.....	52
Figura 12. Gráfico do modelo linear para os valores de b^* para os hambúrgueres com FCE.....	53
Figura 13. Gráfico do modelo quadrático para os valores de dureza obtidos na análise instrumental do perfil de textura dos hambúrgueres com FCE.....	54
Figura 14. Gráfico do modelo linear para os valores de coesividade obtidos na análise instrumental do perfil de textura dos hambúrgueres com FCE.....	55
Figura 15. Gráfico do modelo linear para os valores dos teores de colesterol dos hambúrgueres com FCE.....	57
Figura 16. Gráfico do modelo quadrático para os escores do atributo sabor dos hambúrgueres com FCE.....	61
Figura 17. Gráfico do modelo quadrático para os escores do atributo textura dos hambúrgueres com FCE.....	62

Figura 18. Gráfico do modelo quadrático para os escores do atributo impressão global dos hambúrgueres com FCE.	62
Figura 19. Gráfico do modelo linear para os escores da intenção de compra dos hambúrgueres com FCE.....	63
Figura 20. Gráfico do modelo linear dos teores de compostos fenólicos totais em extratos etanólicos de hambúrgueres crus com FCE.	65
Figura 21. Gráfico do modelo linear dos teores de compostos fenólicos totais em extratos etanólicos de hambúrgueres com FCE cozidos.....	65
Figura 22. Gráfico do modelo linear dos valores de TBA para os hambúrgueres com FCE.	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição das formulações de hambúrgueres adicionados com diferentes porcentagens de farinha de cogumelo eryngii.	31
Tabela 2. Composição centesimal de três lotes de farinhas de cogumelo eryngii (FCE).41	
Tabela 3. Caracterização físico-química de três lotes de farinha de cogumelo eryngii (FCE).	43
Tabela 4. Cor de três lotes de farinha de cogumelo eryngii produzidas (FCE) na escala da <i>Commision Internationale L'Eclairage</i> - CIE - $L^*a^*b^*$	43
Tabela 5. Modelos matemáticos ajustados para representação da variação dos teores totais de lipídeos e proteínas em formulações de hambúrgueres com diferentes concentrações de farinha de cogumelo eryngii.	44
Tabela 6. Modelo matemático ajustado para representação da variação dos valores de pH em formulações de hambúrgueres com diferentes concentrações de farinha de cogumelo eryngii.	47
Tabela 7. Modelos matemáticos ajustados para representação da variação dos valores de Perda de peso por cocção (PPC), Rendimento de cocção (RC) e Porcentagem de encolhimento (PE) em formulações de hambúrgueres com diferentes concentrações de farinha de cogumelo eryngii.....	49
Tabela 8. Modelo matemático ajustado para representação da variação dos valores da coordenada de cromaticidade b (*) em formulações de hambúrgueres com diferentes concentrações de farinha de cogumelo eryngii.	53
Tabela 9. Modelos matemáticos ajustados para representação da variação dos valores dos atributos dureza e coesividade em formulações de hambúrgueres com diferentes concentrações de farinha de cogumelo eryngii.	54
Tabela 10. Modelo matemático ajustado para representação da variação dos valores do teor de colesterol em formulações de hambúrgueres com diferentes concentrações de farinha de cogumelo eryngii.....	56
Tabela 11. Composição de ácidos graxos em extratos hexânicos de formulações de hambúrgueres com diferentes concentrações de farinha de cogumelo eryngii.	58
Tabela 12. Modelos matemáticos ajustados para representação da variação dos atributos sensoriais avaliados em formulações de hambúrgueres com diferentes concentrações de farinha de cogumelo eryngii.	60

Tabela 13. Teor de compostos fenólicos totais em extratos etanólicos da farinha de cogumelo (FCE).	64
Tabela 14. Modelos matemáticos ajustados para representação da variação dos teores de compostos fenólicos totais em extratos etanólicos de hambúrgueres crus e cozidos com diferentes concentrações de farinha de cogumelo eryngii.....	64
Tabela 15. Resultados da atividade antioxidante pelo método DPPH encontrado para os extratos etanólicos das farinhas de cogumelo eryngii.	66
Tabela 16. Resultados da atividade antioxidante pelo método DPPH encontrado para os extratos etanólicos dos hambúrgueres crus com diferentes concentrações de FCE. .	67
Tabela 17. Resultados da atividade antioxidante pelo método DPPH encontrado para os extratos etanólicos dos hambúrgueres cozidos com diferentes concentrações de FCE.	67
Tabela 18. Modelo matemático ajustado para representação da variação dos valores de TBARS em formulações de hambúrgueres com diferentes concentrações de farinha de cogumelo eryngii.	68

LISTA DE ABREVIATURAS

ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
AOAC	Association of Official Analytical Chemists
Aw	Atividade de água
CNNPA	Comissão Nacional de Normas e Padrões para Alimentos
CRA	Capacidade de retenção de água
DIC	Delineamento Inteiramente Casualizado
DPPH	2,2-Difenil-1-Picrilhidrazila
EAG	Equivalente de Ácido Gálico
FCE	Farinha de cogumelo <i>eryngii</i>
FRAP	Ferric Reducing Antioxidant Power (Atividade Antioxidante pelo Método de Redução do Ferro)
IAL	Instituto Adolfo Lutz
ISO	International Standard Organization
MDA	Malonaldeído
pH	Potencial Hidrogeniônico
PPC	Perda de peso por cocção
PE	Porcentagem de encolhimento
RC	Rendimento de cocção
TBA	Ácido 2-tiobarbitúrico
TBARS	Substâncias reativas ao Ácido 2-tiobarbitúrico
	TPA Análise do perfil de textura

RESUMO

NOGUEIRA, L. S. **Processamento e caracterização de hambúrgueres formulados com farinha de cogumelo *Eryngii* (*Pleurotus eryngii*)**. Itapetinga – BA: UESB, 2018. 84p. (Dissertação – Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos).*

Os cogumelos são fungos utilizados na alimentação desde a antiguidade, no entanto, o consumo de cogumelos no Brasil ainda é muito pequeno se comparado a outros países. Dentre as espécies comestíveis cultivadas no Brasil, destaca-se o *Pleurotus eryngii*, devido ao reconhecimento do seu elevado valor nutricional e terapêutico, sendo fonte de compostos bioativos, além de seu sabor e textura agradável. Objetivou-se com o presente trabalho desenvolver hambúrgueres formulados com diferentes porcentagens de farinha de cogumelo *P. eryngii* e avaliar sua composição centesimal, propriedades físico-químicas, perfil de textura (TPA), potencial antioxidante, perfil de ácidos graxos, teor de colesterol e aceitação sensorial. Foram elaborados cinco tratamentos, sendo um tratamento controle sem adição da farinha de cogumelo e os demais tratamentos receberam a adição de diferentes porcentagens da farinha (0,8; 1,6; 2,4 e 3,2%). Os hambúrgueres apresentaram valores de pH variando de 5,39 a 5,67, sendo considerados adequados para o consumo. Os teores de proteínas e lipídios obtidos estão em concordância com o preconizado pela legislação para hambúrgueres. Apenas os valores de proteína, lipídios, pH, cor, TBARS, PPC, RC, PE e perfil de textura apresentaram ajustes de modelo. Em relação ao perfil de ácidos graxos, foram identificados quinze ácidos graxos, sendo não significativos os ajustes dos parâmetros ($p > 0,05$). A adição de diferentes concentrações de farinha de cogumelo contribuiu para a redução dos teores de colesterol. A avaliação sensorial para o teste de aceitação e intenção de compra foi positiva, demonstrando que as formulações apresentaram boa aceitação até o nível de concentração de 2,4%. As formulações e a farinha de cogumelo apresentaram quantidade significativa de compostos fenólicos e potencial antioxidante, podendo estes produtos trazerem importantes benefícios à saúde.

Palavras-chave: cogumelos comestíveis, *Pleurotus eryngii*, ácidos graxos, compostos fenólicos, DPPH.

*Orientadora: Silmara Almeida de Carvalho, DSc., UESB. Co-orientador: Leandro Soares Santos, DSc., UESB.

ABSTRACT

NOGUEIRA, L. S. **Processing and characterization of hamburgers formulated with mushroom flour *Eryngii* (*Pleurotus eryngii*)**. Itapetinga - BA: UESB, 2018. 84p. (Dissertation - Masters in Engineering and Food Science)*.

Mushrooms are fungi used in food since ancient times, however, the consumption of mushrooms in Brazil is still very small compared to other countries. Among the edible species cultivated in Brazil, *Pleurotus eryngii* stands out due to the recognition of its high nutritional and therapeutic value, being a source of bioactive compounds, besides its pleasant taste and texture. The objective of the present work was to develop hamburgers formulated with different percentages of *P. eryngii* mushroom flour and to evaluate their centesimal composition, physicochemical properties, texture profile (TPA), antioxidant potential, fatty acid profile, cholesterol content and acceptance. Five treatments were elaborated, being a control treatment without addition of the mushroom flour and the other treatments received the addition of different percentages of the flour (0.8, 1.6, 2.4 and 3.2%). The burgers had pH values ranging from 5.39 to 5.67 and were considered adequate for consumption. The levels of proteins and lipids obtained are in agreement with the recommended by the legislation for hamburgers. Only the values of protein, lipids, pH, color, TBARS, PPC, RC, PE and texture profile presented model adjustments. In relation to the fatty acid profile, fifteen fatty acids were identified, and the parameters adjustments were not significant ($p > 0.05$). The addition of different concentrations of mushroom meal contributed to the reduction of cholesterol levels. The sensory evaluation for the acceptance test and purchase intention was positive, demonstrating that the formulations showed good acceptance until the level of concentration of 2.4%. Mushroom formulations and flour presented a significant amount of phenolic compounds and antioxidant potential, and these products can bring important health benefits.

Keywords: edible mushrooms, *Pleurotus eryngii*, fatty acids, antioxidants.

* Adviser (a): Silmara Almeida de Carvalho, DSc, UESB. Co-advisors: Leandro Soares Santos, DSc, UESB.

1. INTRODUÇÃO

Os cogumelos são fungos utilizados na alimentação desde a antiguidade, no entanto, o seu consumo mundial vem crescendo significativamente em razão das suas propriedades nutricionais e medicinais. Os cogumelos comestíveis são ricos em proteínas, vitaminas e minerais, fibras, possuem baixo teor de lipídios e apresentam predominantemente ácidos graxos insaturados (DIAS, ABE e SCHWAN, 2004). Atuam também na prevenção e atenuação de doenças como câncer, doenças inflamatórias, entre outros. No entanto, as propriedades dos cogumelos precisam ser mais exploradas, facilitando a expansão do seu consumo em todo o mundo (RATHORE, PRASAD e SHARMA, 2017).

No Brasil, dentre as espécies comestíveis cultivadas destaca-se o *Pleurotus eryngii*, também conhecido como cogumelo ostra rei. Esse cogumelo tem ganhado destaque e o interesse no seu consumo é atribuído às suas ricas propriedades nutricionais e terapêuticas, sendo fonte de compostos bioativos, além de seu sabor e textura agradável, tornando-se um dos cogumelos mais consumido no mundo (JEONG et al., 2010).

O baixo teor de gordura dos cogumelos comestíveis, especialmente, a alta proporção de ácidos graxos insaturados linoléicos e oléicos, são considerados os contribuintes significativos para o aumento do seu consumo (MAREKOV et al., 2012; KAVISHREE et al., 2008). Estudos apontam que o ácido linoléico exibe efeitos anticarcinogênicos e, também, atuam na redução do crescimento das células tumorais. Além disso, apresentam antioxidantes como compostos fenólicos, ácido ascórbico e tocoferol (RATHORE, PRASAD e SHARMA, 2017).

Essa ação antioxidante dos cogumelos é importante para produtos cárneos, em razão das reações oxidativas que estão entre as principais causas de perda de qualidade nesta classe de alimentos processados, causando alterações indesejáveis na cor, sabor, aroma e textura. O aumento do potencial antioxidante destes alimentos é importante para evitar que compostos, como lipídios, proteínas e pigmentos, sejam degradados (FAUSMAN et al., 2010; BREWER, 2011).

Apesar do *eryngii* ser um cogumelo muito difundido e utilizado na culinária em outros países, no Brasil o cogumelo ainda é pouco consumido, devido à falta de hábito da população, custo elevado e pequena disponibilidade do produto no mercado. Mais pesquisas sobre os benefícios e limitações das espécies do gênero *Pleurotus* em

diversas aplicações de processamento de alimentos são necessárias para validar seu uso como ingrediente funcional. Essas estratégias irão beneficiar diretamente a indústria de alimentos processados e produtores de cogumelos, bem como os consumidores (CARRASCO-GONZÁLEZ et al., 2017).

Portanto, faz-se necessário a criação de meios alternativos que possibilitem o consumo dos mesmos, através da adição em produtos presentes no hábito alimentar. Um dos alimentos com grande potencial de aplicação são os produtos cárneos, dentre eles, os hambúrgueres que apresentam elevado consumo, tornando-se uma alternativa viável para a elaboração de um novo produto com fonte alternativa de nutrientes e compostos biologicamente ativos.

Neste contexto, neste trabalho objetivou-se desenvolver hambúrgueres formulados com diferentes porcentagens de farinha do cogumelo *P. eryngii*, bem como avaliar sua composição centesimal, propriedades físico-químicas, capacidade antioxidante, perfil de textura (TPA), perfil de ácidos graxos e aceitação sensorial.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Cogumelos comestíveis

Segundo a resolução CNNPA nº 12, de 1978, da ANVISA, os cogumelos comestíveis podem ser classificados como fungos pertencentes às classes dos ascomicetos e dos basidiomicetos. São constituídos por corpos de frutificação não inteiramente desenvolvidos cortados pela base, são consistentes, isentos de manchas ou de marcas de parasitos e isentos da maior parte de matéria terrosa (BRASIL, 1978).

De acordo com a legislação brasileira, o cogumelo comestível pode ser encontrado em formas não convencionais de alimento como cápsula, extrato, tablete, líquido, pastilha e comprimido, pode estar dessecado, inteiro, fragmentado, moído ou em conserva, defumado e/ou submetido à cocção e/ou salga e/ou fermentação ou submetidos a outro processo tecnológico considerado seguro para a produção de alimentos (BRASIL, 2005).

Há mais de dois mil anos, diversos cogumelos vêm sendo consumidos não apenas pelo seu sabor e textura agradáveis, mas também pelas suas características medicinais e nutricionais (REN et al., 2016). Mais recentemente, o uso de cogumelos se expandiu não só como alimento, mas também na área de produtos farmacêuticos, cosmeceuticos e como fontes de compostos nutraceuticos, pois são ricos em polissacarídeos (β -glucanos), fibras dietéticas, terpenos, peptídeos, glicoproteínas, álcoois, elementos minerais, ácidos graxos insaturados, antioxidantes como compostos fenólicos, tocoferóis, ácido ascórbico, carboidratos, proteínas e vários tipos de aminoácidos (RATHORE, PRASAD e SHARMA, 2017).

Diversas são as propriedades terapêuticas atribuídas aos cogumelos, dentre elas, antiviral, antitumoral, antifúngica, antioxidante, anti-hipertensiva, antialérgica, antiaterosclerótico, antigenotoxicidade, antiinflamatória, antitrombótico, hipocolesterolêmica, hepatoprotectores, hipoglicemiante e efeitos de melhoria do sistema imunológico (LIN et al., 2014).

Nos últimos tempos, as quantidades de cogumelos consumidos aumentaram muito, envolvendo um grande número de espécies, devido ao desenvolvimento contínuo nos campos de cultivo, colheita, pós-colheita e armazenamento, o que vem facilitando o seu consumo (PALACIOS et al., 2011).

Akpaja, Isikhuemhen e Okhuoya (2009) ao avaliarem o uso de cogumelos comestíveis e medicinais, observaram que 95% dos entrevistados consumiam os cogumelos por causa do sabor, enquanto 86% consumiam como substitutos cárneos. Ainda, 50% utilizavam os cogumelos como espessantes para as sopas e 36,36% e 27,27% consumiam baseados nos seus valores medicinais e nutricionais, respectivamente.

Os cogumelos são ricos em proteínas, apresentando um teor que varia de 1,75 a 5,9% quando frescos, sendo que em base seca esse valor varia de 19 a 35%. Além disso, contêm todos os aminoácidos essenciais, dentre estes, ácido glutâmico, ácido aspártico e arginina. São excelentes fontes de fibras alimentares, minerais e vitaminas, especialmente D e do complexo B. Além do valor nutricional, os cogumelos apresentam cores, sabores, aromas e textura únicos, os quais atraem a atenção dos consumidores (CHANG, 2008).

São escassos os dados referentes à qualidade nutricional dos cogumelos comestíveis cultivados no Brasil, as informações encontradas na literatura referem-se a cogumelos cultivados em condições diferentes das encontradas no Brasil (FURLANI e GODOY, 2007).

2.1.1. Gênero *Pleurotus* e a importância das suas espécies

Existem aproximadamente 12.000 espécies de cogumelos em todo o mundo, das quais apenas 2000 espécies de cogumelos comestíveis são conhecidas, sendo que somente cerca de 35 espécies são comercialmente cultivadas, e cerca de 200 espécies selvagens são usadas para fins medicinais (BEULAH, MARGRET e NELSON, 2013). No Brasil, dentre as espécies comestíveis cultivadas destacam-se o *Agaricus bisporus* o cogumelo mais cultivado em todo o mundo, *Agaricus blazei*, *Lentinula edodes* e *Pleurotus* spp (FORLONI e GODOY, 2007).

Pleurotus é um dos gêneros de cogumelos com maior produção em todo o mundo. A China é o principal produtor com cerca de 5,6 milhões de toneladas em 2010, que representam 80% da produção mundial (ZHANG et al., 2014). Este gênero é composto por mais de 200 espécies em todo o mundo. As espécies comumente encontradas do gênero *Pleurotus* são: *Pleurotus eryngii*, *Pleurotus ostreatus*, *Pleurotus djamor*, *Pleurotus citrinopileatus*, *Pleurotus tuber-regium*, *Pleurotus*

pulmonarius, *Pleurotus nebrodensis*, *Pleurotus cystidiosus* e *Pleurotus cornucopiae* (GOMES-CORREA et al., 2016).

A espécie *P. eryngii*, também chamada de cogumelo ostra rei, é um cogumelo comestível comercial muito difundido na Ásia central, no norte da África e no sul da Europa, devido às suas qualidades sensoriais, com sabor e textura agradáveis, além de reconhecido como fonte de compostos bioativos, tais como polissacarídeos, lipídeos, peptídeos, esteróis, fibras dietéticas, monoterpenos, polifenóis e flavonóides (DUBOST, OU e BEELMAN, 2007; CHEN et al., 2012; LIU, LI e LIU, 2013;).

O cultivo das espécies do gênero *Pleurotus* tem aumentado significativamente nas últimas décadas. O *eryngii* é o 3º cogumelo mais cultivado do mundo, sua popularidade vem aumentando devido à sua facilidade de cultivo, alto potencial de produção, qualidades culinárias e maior vida de prateleira quando comparado a outros cogumelos do seu gênero (MOONMOON et al., 2010; MISHRA et al., 2013).

A maioria dos estudos demonstram que a fração polissacarídica do *P. eryngii* apresenta múltiplas atividades biológicas, como atividade antioxidante e antitumoral (KIM et al., 2004), aumento da imunidade (KANG et al., 2004), anti-hiperlipidemia (CHEN et al., 2013), hepatoproteção e hipolipidêmicas (CHEN et al., 2012). Os polissacarídeos não amiláceos são considerados como agentes antitumorais naturais e imunomoduladores (HE et al., 2012).

Além do consumo in natura, os cogumelos são utilizados como ingredientes e temperos para outros produtos alimentícios processados. Segundo Carrasco-González e colaboradores (2017), a incorporação de espécies do gênero *Pleurotus* em alimentos processados é capaz de melhorar as características sensoriais, nutricionais, nutracêuticas ou funcionais dos alimentos.

O uso da farinha de cogumelos da espécie *Pleurotus* como ingrediente em alimentos à base de cereais como pães, muffins, biscoitos e macarrão, aumenta os teores de proteínas desses produtos (ADEBAYO-OYETORO et al., 2010). Kim e colaboradores (2016) ao avaliarem a atividade antioxidante de cookies adicionados com farinha de *P. eryngii* observaram que compostos fenólicos e β -glucanos podem suportar altas temperaturas de cozimento, além disso, o teor total de compostos fenólicos, o poder antioxidante de redução do ferro (FRAP) e a atividade de eliminação de radicais DPPH dos cookies aumentaram significativamente com a adição da farinha deste cogumelo.

Outra possível aplicação de espécies do gênero *Pleurotus* na indústria de alimentos é a produção de novos produtos lácteos. Devido ao elevado teor de fibra, as farinhas e os extratos do gênero *Pleurotus* vem ganhando atenção como fonte de prebióticos (AIDA et al., 2009). Pelaez e colaboradores (2015) ao incorporarem o extrato aquoso de *P. ostreatus* ao leite, com o objetivo de produzir um iogurte com diferentes características funcionais e reológicas, observaram que os iogurtes apresentaram maior adesividade, elasticidade e coesão, continham mais polifenóis, além de exibirem maior atividade antioxidante em relação às formulações sem extrato de cogumelo.

2.2. Produtos cárneos: Hambúrguer

Segundo Ordóñez e colaboradores (2005), os produtos cárneos são preparados parcial ou totalmente com carnes, gorduras ou miúdos, acrescidos ou não de ingredientes de origem vegetal ou animal, temperos, especiarias e aditivos. A aplicação de tratamentos térmicos e físicos nestes, resultam em modificações físico-químicas na carne, promovendo o desenvolvimento de características desejáveis para o consumidor, prolongando a vida-de-prateleira, bem como a agregação de valor ao produto (TERRA, 1998).

Atualmente, com a industrialização da carne, as tendências no processamento de carnes são na linha de produção de salsicha e hambúrguer, sendo uma alternativa para o aproveitamento de carnes. Além disso, tem havido um crescente aumento na demanda por alimentos prontos para consumo, dos quais, o hambúrguer é um dos produtos cárneos bastante popular e amplamente consumido em todo o mundo, devido ao seu sabor e conveniência (BORBA et al., 2013).

De acordo a Legislação específica (BRASIL, 2000), hambúrguer é um produto cárneo industrializado, proveniente da carne moída dos animais de açougue, acrescentado ou não de gorduras e ingredientes, modelado e submetido a processamento tecnológico apropriado. Possui como ingrediente obrigatório carne e como opcional gordura e proteínas animais ou vegetais, água, sal, leite em pó, açúcares, maltodextrina, aditivos intencionais, condimentos, aromas e especiarias, vegetais, queijos e alguns recheios.

Segundo a Instrução Normativa nº 20/ DAS - Dipoa/Mapa (2000), que regulamenta a identidade e qualidade de produtos cárneos tipo hambúrguer, estes devem atender as seguintes características físico-químicas: gordura (máxima) 23,0%; proteína (mínima) 15,0%; carboidratos totais 3,0% (BRASIL, 2000).

De acordo com a Comissão do Codex Alimentarius, fórum americano de estudos da alimentação, o hambúrguer será uma das preparações mais difundidas no mundo até 2020, superando a pizza. Anualmente, uma só rede de “fast food” vende mais de 100 bilhões de hambúrgueres no mundo, numa taxa de 75 hambúrgueres por segundo (SPENCER, FRANK e MCINTOSH, 2005).

Nos últimos tempos, a população tem modificado seus hábitos alimentares cada vez mais, principalmente devido aos processos de urbanização, industrialização, diminuição do tempo para o preparo e consumo de alimentos, aumento pela busca de produtos que apresentem praticidade e tempo de preparo reduzido. Diante dessa necessidade, o hambúrguer se tornou um alimento popular pela praticidade que representa, atendendo as necessidades do atual modo de vida que se observa principalmente nos grandes centros urbanos (BORBA et al., 2013).

Estas mudanças observadas no padrão alimentar repercutem na ingestão elevada de lipídeos e carboidratos simples, trazendo efeitos prejudiciais para saúde, como aumento dos índices da obesidade, diabetes e doenças crônicas não transmissíveis. Nos Estados Unidos os níveis de obesidades mostraram-se superiores a 30%, e no Brasil dados apontam que 40% da população estão na condição de sobrepeso ou obesidade (TOBIN et al., 2012; PIMENTA, ROCHA e MARCONDES, 2015).

Diante dessa realidade, observa-se uma intensa competição entre os setores de desenvolvimento de produtos nas indústrias para oferecer aos consumidores alimentos com baixo teor de gordura e colesterol. Porém, o conteúdo de colesterol de alguns produtos cárneos pode variar consideravelmente, esse fato pode ocorrer na medida em que se alteram o teor e qualidade da gordura nas formulações (SEABRA et al., 2002).

Visto que, a população está cada vez mais preocupada com os alimentos que estão consumindo, estratégias inovadoras de ingredientes e processamento de hambúrgueres devem ser desenvolvidas para minimizar a preocupação com a saúde do consumidor e melhorar as qualidades sensoriais e nutricionais dos produtos (OLIVEIRA et al., 2013).

Pil-Nam e colaboradores (2015) ao avaliarem o efeito da adição de níveis de shiitake (0, 0,4, 0,8 e 1,2%) em salsichas, observaram que o shiitake apresenta elevada bioatividade, podendo ser utilizado para evitar a oxidação de lipídios e o crescimento de microrganismos durante o armazenamento e melhorar as características sensoriais das salsichas. Sugerindo-se que a adição de farinha de cogumelo shiitake aos produtos cárneos é uma alternativa promissora para substituição de antioxidantes sintéticos ou conservantes.

2.3. Oxidação e Antioxidantes naturais em cogumelos

A oxidação lipídica é considerada como uma das principais causas de deterioração nos produtos alimentícios, afetando a qualidade nutricional e sensorial dos alimentos (SHAHIDI e ZHONG, 2015). Os lipídios são suscetíveis a processos oxidativos na presença de catalisadores, como calor, luz, enzimas, metais, metaloproteínas e microrganismos. Uma vez que a oxidação é iniciada, os ácidos graxos se decompõem facilmente em uma variedade de aldeídos reativos que propagam mais reações oxidativas, dando origem ao desenvolvimento de aromas indesejáveis, deterioração do valor nutricional, cor, sabor, textura e segurança dos alimentos (SI et al., 2017).

Entre os diversos métodos destinados a controlar a oxidação lipídica e evitar a deterioração da qualidade dos alimentos, o uso de antioxidantes é o meio mais eficaz, conveniente e econômico (CALEJA et al., 2017). Os antioxidantes são compostos químicos com capacidade de reagir com os radicais livres, inibindo ou retardando o início da oxidação (SHAHIDI e ZHONG, 2010). A atividade antioxidante denota a capacidade de um composto bioativo manter a estrutura celular, eliminando eficazmente os radicais livres, inibindo as reações de peroxidação lipídica e prevenindo outros danos oxidativos.

A oxidação lipídica também é responsável por impactos negativos sobre a qualidade e vida de prateleira dos produtos cárneos, como o desenvolvimento de *off-flavor*, descoloração e deterioração. Deste modo, existe atualmente um interesse crescente no controle da oxidação lipídica em produtos cárneos utilizando antioxidantes a partir de fontes naturais e sintéticas. No entanto, os antioxidantes sintéticos disponíveis têm sido apontados por causar problemas de toxicidade que

afetam negativamente a saúde, além do alto custo e poder causar alterações indesejáveis nas características do produto, como cor e sabor (PIL-NAM et al., 2015).

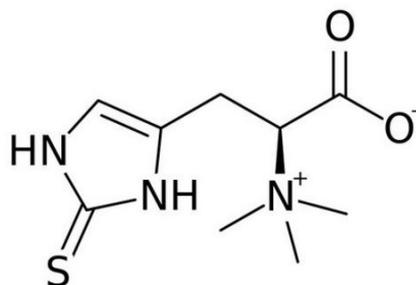
Os antioxidantes são classificados, principalmente, segundo seu mecanismo de ação, como antioxidantes primários e secundários. Os antioxidantes primários atuam como doadores de radicais hidrogênio e geração de radicais mais estáveis, inibindo a reação em cadeia da oxidação. Os antioxidantes secundários previnem ou retardam a oxidação, suprimindo os agentes causadores da oxidação, incluindo íons metálicos, oxigênio singlete, enzimas pró-oxidativas e outros oxidantes (SHAHIDI e ZHONG, 2015).

Os antioxidantes também estão relacionados com a prevenção de muitas doenças crônicas, como câncer, diabetes e doenças cardiovasculares (ZOU et al., 2016). Apesar de quase todos os organismos possuírem defesas antioxidantes e sistemas de reparo para protegê-los contra danos oxidativos, estes sistemas são insuficientes para prevenir completamente esses danos. Portanto, a ingestão de alimentos contendo antioxidantes, pode trazer inúmeras melhorias à saúde juntamente com a redução dos danos oxidativos no corpo humano (YANG, LIN e MAU, 2002).

Vários estudos têm apontado os antioxidantes naturais como uma alternativa promissora para a substituição dos antioxidantes sintéticos, devido a sua alta eficácia. Os antioxidantes podem ocorrer naturalmente em plantas, animais e microorganismos. Diversas plantas e seus constituintes são uma fonte rica de antioxidantes naturais, como tocoferóis e polifenóis, que são encontrados abundantemente em especiarias, ervas, frutas, vegetais, cereais, grãos, sementes, chás e óleos (SI et al., 2017).

Os cogumelos também são ricos em ergotionina, um composto contendo o aminoácido histidina, com um átomo de enxofre no anel imidazol, com a nomenclatura oficial segundo a IUPAC de 2-mercaptano-Ntrimetil-L-histidina, e apresenta várias propriedades *in vitro* e algumas propriedades antioxidantes *in vivo*, tais como atividade de eliminação de radicais livres, efeitos citoprotetores, propriedades radioprotetoras e antiinflamatórias (FALCÃO, 2008; BHATTACHARYA, SRIVASTAV e MISHRA, 2014).

Figura 1. Estrutura química da ergotionina



Os cogumelos comestíveis contêm vários compostos bioativos, como compostos fenólicos, terpenos e esteróides. Estes metabolitos secundários em cogumelos são reconhecidos como excelentes antioxidantes, devido à sua capacidade de remover os radicais livres, atuar como agentes quelantes, reduzir os radicais e inibir óxidos (EJELONU et al., 2013). Estudos desenvolvidos apontam como potenciais antioxidantes os compostos fenólicos encontrados no gênero *Pleurotus* (BHATTACHARYA, SRIVASTAV e MISHRA, 2014).

Os compostos fenólicos têm como uma das suas atividades a inativação de radicais livres, por meio de transferência de radicais de hidrogênio, estabilizando essas moléculas instáveis, o que faz desses compostos alvos de interesse clínico, pela sua capacidade de atenuação de doenças (GIADA e FILHO, 2009). Os compostos fenólicos possuem estruturas que interagem com os radicais livres e são consumidos durante a reação. Essas moléculas podem ser simples ou com alto grau de polimerização, e se apresentam livres ou ligadas a açúcares e proteínas (ANGELO e JORGE, 2007). A quantificação de compostos fenólicos totais é uma estimativa do conteúdo de todos os compostos pertencentes às subclasses de compostos fenólicos presentes em uma amostra.

Souilem e colaboradores (2017) ao avaliarem os compostos fenólicos dos extratos metanólicos de cogumelos da espécie *P. eryngii*, relataram a presença de ácido siringídico e o ácido vanílico em quantidades semelhantes ao ácido p-hidroxibenzóico.

Lin e colaboradores (2014), ao realizarem a determinação da composição de carotenóides, flavonóides e ácidos fenólicos nos extratos etanólicos de *P. eryngii*, relataram a presença de sete ácidos fenólicos, incluindo ácido clorogênico, ácido p-hidroxibenzóico, ácido vanílico, ácido ferúlico, ácido sinápico, ácido siríngico e ácido

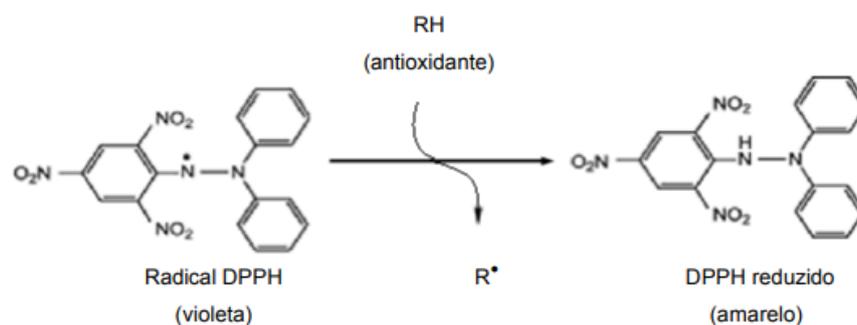
p-anísico e seis flavonóides incluindo catequina, epicatequina, rutina, miricetina, hesperidina e quercetina.

2.3.1. Métodos de determinação da capacidade antioxidante

Os métodos e ferramentas utilizados para avaliar a atividade antioxidante avançaram consideravelmente durante as últimas décadas. Para a determinação da capacidade antioxidante podem ser utilizados diversos ensaios analíticos *in vitro* que se fundamentam na captura do radical orgânico (DPPH), quantificação de produtos formados durante a peroxidação de lipídios (TBARS), entre outros (FRANKEL e MEYER, 2000).

O teste de redução de radicais 2,2-difenil-1-picril-hidrazila (DPPH) está entre os métodos mais utilizados para a determinação da capacidade antioxidante. Fundamenta-se na transferência de elétrons de um composto antioxidante para um oxidante. A capacidade antioxidante é determinada pelo potencial que a substância tem em sequestrar o radical DPPH, com mudança simultânea na coloração de violeta a amarelo claro, medida em 517 nm, sendo que a descoloração atua como um indicador da eficácia antioxidante (ALVES et al., 2010).

Figura 2. Estrutura química do radical DPPH e reação de estabilização com antioxidante.



Os resultados da atividade antioxidante pelo método de eliminação de DPPH são apresentados de diversas formas, sendo frequentemente apresentados com o valor de IC₅₀, que é definido como a concentração efetiva do antioxidante necessário para diminuir a concentração inicial de DPPH em 50% (SHAHIDI e ZHONG, 2015).

Produtos de oxidação lipídica, tais como aldeídos, cetonas e álcoois, levam a alterações indesejáveis nos alimentos, como mudanças no sabor, cor, textura e uma diminuição do valor nutricional. A presença de substâncias reativas ao ácido

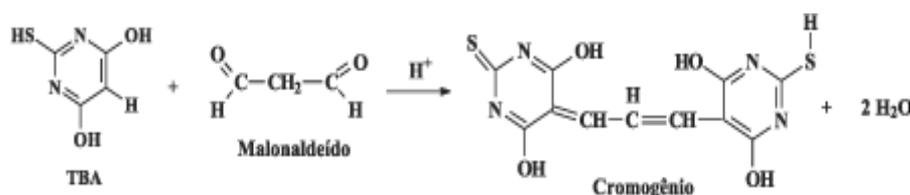
tiobarbitúrico (TBARS) é um método que mede a oxidação de lipídios pela detecção da concentração de malonaldeído (MDA), um produto secundário abundante produzido pela oxidação lipídica (WOOD et al., 2008).

O ácido 2-tiobarbitúrico (TBA) é geralmente utilizado para a medição do conteúdo de MDA. Duas moléculas de TBA reagem com uma molécula de MDA, sob condições ácidas, com formação de um complexo de coloração rosa/vermelho, que tem absorção máxima em 532-535 nm. Este é um método simples e reproduzível, no entanto, o TBA também reage com vários compostos carbonílicos produtos da oxidação, o que pode gerar uma superestimação do conteúdo de malonaldeído (JUNG et al., 2016)

Os compostos reativos ao ácido 2-tiobarbitúrico são preferencialmente gerados a partir da clivagem de ácidos graxos com duplas ligações. A formação do malonaldeído ocorre pela decomposição dos hidroperóxidos lipídicos e sua concentração é utilizada para estimar a intensidade da peroxidação lipídica em sistemas biológicos em células e tecidos (KISHIDA et al., 1993)

O malonaldeído um dialdeído de três carbonos, com grupos carbonilas nos carbonos C-1 e C-3. O ensaio permite quantificar o grau de oxidação lipídica no alimento fundamentado na reação de cor entre o malonaldeído e o ácido 2-tiobarbitúrico.

Figura 3. Reação do teste de TBA entre o ácido 2-tiobarbitúrico e o malonaldeído.



A formação do composto TBA-MDA, na proporção de 2:1, é possivelmente iniciada pelo ataque nucleofílico, envolvendo o carbono 5 do TBA e o carbono 1 do MDA, seguido de desidratação e reação similar subsequente do composto intermediário com uma segunda molécula de TBA, na proporção de 1:1 (OSAWA et al., 2005).

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo geral

Elaborar, caracterizar físico-quimicamente e avaliar o potencial antioxidante de hambúrgueres adicionados de farinha de cogumelo da espécie *Pleurotus eryngii*.

3.2. Objetivos específicos

- Elaborar a formulação base dos hambúrgueres com diferentes porcentagens de farinha de cogumelo.
- Determinar a composição centesimal e físico-química da farinha de cogumelo e dos hambúrgueres.
- Avaliar o potencial antioxidante da farinha do cogumelo *Pleurotus eryngii* e dos hambúrgueres elaborados.
- Avaliar a composição de ácidos graxos e colesterol dos hambúrgueres elaborados.
- Avaliar a preferência e aceitação sensorial das formulações elaboradas.

4. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram desenvolvidos no Laboratório de Produtos Naturais e Biotecnologia – LPNbio, Laboratório de Panificação, Núcleo de Estudos em Ciências de Alimentos – NECAL, Centro de Análise Cromatográfica – CEACROM, Centro de Desenvolvimento e Difusão de Tecnologias – CEDETEC, todos localizados no *campus* de Itapetinga, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Campus de 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.

4.1. Obtenção da matéria-prima

Foram adquiridos três lotes em diferentes épocas de amostras de cogumelos comestíveis da espécie *P. eryngii*, na fábrica Hochibra Cogumelos Exóticos, localizada em Vitória da Conquista, BA. As amostras foram acondicionadas em embalagens plásticas e estocadas em freezer horizontal a temperatura de -18°C até o momento da produção da farinha e realização das análises, que foram realizadas em triplicata.

A carne bovina moída foi adquirida in natura, em mercado local da cidade de Itapetinga-BA, e utilizada para o processamento dos hambúrgueres, sendo adquiridos os cortes patinho (*Quadriceps femoris*) e fraldinha (*Obliquus abdominus internus*).

4.2. Produção da farinha de cogumelo

As amostras do cogumelo *eryngii* foram secas em estufa de circulação e renovação de ar a uma temperatura de 60°C, durante 24 horas. Em seguida, foram trituradas em um liquidificador industrial modelo LQI-02, marca Vitalex (Catanduva, Brasil) e peneiradas em peneira de 40 mesh de abertura para obtenção da farinha dos diferentes lotes. Estas foram acondicionadas em embalagens plásticas, em temperatura ambiente até o momento da realização das análises e processamento dos hambúrgueres.

Os cogumelos frescos e a farinha encontram-se ilustrados na Figura 4.

Figura 4. Cogumelo *eryngii* (*P. eryngii*) fresco e farinha obtida.



Fonte: Própria autora (2017)

4.3. Processamento dos hambúrgueres

O experimento consistiu de cinco tratamentos (Tabela 1), sendo um tratamento controle sem adição da farinha de cogumelo e os demais tratamentos receberam a adição de diferentes porcentagens da farinha (0,8; 1,6; 2,4 e 3,2%). Os temperos comuns, tais como a cebola, o alho e pimenta não foram adicionados para que fosse avaliado apenas o efeito da adição de farinha de cogumelo no possível potencial antioxidante, posteriormente avaliado, pois estes temperos comumente adicionados a formulação de hambúrguer possuem características antioxidantes. Os ingredientes e concentrações utilizados na formulação dos hambúrgueres foram baseados em formulações de salsichas com farinha de cogumelo (Pil-Nam et al., 2015) e hambúrgueres (Terra,1998)

Na Tabela 1 encontra-se expressa a composição das formulações dos hambúrgueres.

Tabela 1. Composição das formulações de hambúrgueres adicionados com diferentes porcentagens de farinha de cogumelo *eryngii*.

Ingredientes (g)	Tratamentos				
	Controle	T₁	T₂	T₃	T₄
Carne bovina (<i>Quadriceps femoris</i>)	70	70	70	70	70
Carne bovina (<i>Obliquus abdominus internus</i>)	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 cogumelo	-	0,8	1,6	2,4	3,2

Fonte: Elaborada pela autora (2017)

Para a elaboração das formulações dos hambúrgueres, realizou-se a pesagem dos ingredientes equivalentes para cada tratamento (Figura 5A). Em seguida, foi realizada uma mistura manual de todos os ingredientes até completa homogeneização (Figura 5B). Após a etapa de mistura, as formulações ficaram em repouso por 12 horas, sendo mantidas sob refrigeração à temperatura de 4°C, em bandejas plásticas identificadas, cobertas com película de polietileno até o momento da moldagem.

Transcorrido o período de estabilidade da massa, pesou-se aproximadamente 100 g das massas para o preparo de cada hambúrguer (Figura 5C). A moldagem foi realizada utilizando uma prensa manual de inox. Estes foram acondicionados individualmente em sacos plásticos identificados por tratamento (Figura 5D) e congelados em freezer horizontal sob temperatura de -18°C até a realização das análises. Na Figura 5 estão apresentadas as etapas do processamento dos hambúrgueres.

Figura 5. Ilustração das etapas de processamento do hambúrguer com farinha de *eryngii*



A) Ingredientes pesados



B) Massa homogeneizada



C) Pesagem do hambúrguer



D) Hambúrguer moldado

Fonte: Próprio autor (2017)

4.4. Composição centesimal das amostras

A composição centesimal das amostras de farinha de *eryngii* e hambúrgueres foram determinados pelas análises de umidade, cinzas totais, proteína bruta total e lipídios totais, em triplicata.

O teor percentual de umidade foi determinado de acordo com a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008), através do método gravimétrico, em estufa a 105°C até a obtenção do peso constante. A determinação do teor de cinzas totais foi realizada conforme a metodologia descrita pela AOAC (1997), por incineração da amostra em mufla a 550°C. A quantificação de proteína bruta total foi realizada pelo método de Kjeldahl de acordo com a metodologia recomendada pelo IAL (2004), consistindo na determinação do conteúdo de nitrogênio total. O resultado em proteína bruta foi convertido utilizando o fator de conversão nitrogênio/proteína de 6,25 para os hambúrgueres e, 4,38 para a farinha de *eryngii*, visto que os cogumelos possuem uma

significativa quantidade de compostos nitrogenados não protéicos (que não são digeridos) (BREENE, 1990). O teor de lipídios foi determinado a partir de extração direta em Soxhlet, utilizando amostra seca e moída e éter de petróleo PA como solvente extrator, durante 8 horas, conforme recomendado pela AOAC (1995).

4.5. Caracterização físico-química

4.5.1. Determinação da Atividade de Água

A atividade de água (A_w) foi determinada utilizando um aparelho Aqualab de bancada, em triplicata (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985).

4.5.2. Determinação do pH

A determinação do pH foi realizada utilizando um pHmetro digital portátil modelo K39-0014PA, marca Kasvi (Curitiba, Brasil). Pesou-se 10 g da amostra em um béquer, diluiu-se com 100 mL de água destilada e introduziu-se o eletrodo na amostra, em triplicata (INSTITUTO ADOLFO LUTZ, 1985).

4.5.3. Determinação da Cor

A cor foi medida por meio de análise direta em um colorímetro Color Quest XE (Hunter Lab), conectado a um computador com sistema de software instalado. A cor foi determinada pela escala de cores internacional (CIE- Commissione Internationale em Illuminationne), utilizando as coordenadas: L^* que representou a luminosidade (capacidade de refletir a luz), variando de 0 a 100; a^* que representou a transição da cor verde ($-a^*$) para a cor vermelha ($+a^*$); b^* que representou a transição da cor azul ($-b^*$) para a cor amarela ($+b^*$).

4.5.4. Capacidade de retenção de água

A determinação da capacidade de retenção de água foi realizada de acordo com a metodologia de Nakamura e Katoh (1985). Foi pesada 1 g de amostra moída, em papel filtro previamente pesado. Em seguida, as amostras foram colocadas em

centrífuga modelo S8-2B, marca Centribio, por 4 minutos a 1500 x G, depois seca em estufa a 70°C, por 12 horas, em triplicata. Após a secagem, a CRA foi determinada de acordo com a equação 1:

$$CRA = \frac{\text{peso da amostra centrifugada} - \text{peso da amostra seca}}{\text{peso inicial da amostra antes da centrifugação}} \quad \text{Eq. 1}$$

4.5.5. Perda de Peso por Cocção (PPC)

A análise foi realizada conforme recomendado por Felício (1999). As amostras foram pesadas em balança analítica, embaladas em papel alumínio e colocadas sob cocção em chapa pré-aquecida a uma temperatura de 150°C. As amostras foram viradas e mantidas até a temperatura interna atingir $72 \pm 2^\circ\text{C}$, monitoradas com o auxílio de um termômetro. Em seguida, as amostras foram retiradas do papel alumínio, resfriadas em temperatura ambiente e novamente pesadas. A diferença entre o peso inicial e o peso final da amostra indicou a PPC dado em porcentagem.

4.5.6. Rendimento de Cocção (RC)

O percentual de rendimento na cocção foi determinado segundo Berry (1992) através da equação 2.

$$\% \text{Rendimento de Cocção} = \frac{\text{peso da amostra cozida} \times 100}{\text{peso da amostra crua}} \quad \text{Eq. 2}$$

4.5.7. Porcentagem de Encolhimento (PE)

Foram medidos os diâmetros dos hambúrgueres antes e após o tratamento térmico. A porcentagem de encolhimento foi determinada segundo Berry (1992) através da equação 3.

$$\% \text{Encolhimento} = \frac{(\text{Diâmetro amostra crua} - \text{Diâmetro amostra cozida}) \times 100}{\text{Diâmetro da amostra crua}} \quad \text{Eq. 3}$$

4.5.8. Análise do perfil de textura (TPA)

Foram obtidos perfis de textura TPA para as formulações de hambúrgueres através de ensaios de TPA (*Texture Profile Analysis*) utilizando um Analisador de Textura TA.HD plus, (Stable Micro Systems, 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. As seguintes condições experimentais foram selecionadas para todos os ensaios de TPA: velocidade de pré-teste: 1,0 mm/s, velocidade de teste: 1,0 mm/s e velocidade de pós teste: 2,0 mm/s; 50% de compressão e um período de repouso de 5s entre os dois ciclos. Essas condições de configuração foram determinadas através de ensaios preliminares.

A partir de amostras de carne de hambúrguer tratadas conforme o especificado para os testes de PPC, corpos de prova cilíndricos com 2cm de diâmetro e 1 cm de espessura foram retirados com o auxílio de um dispositivo metálico desenvolvido para essa finalidade.

Para se obter uma boa estimativa da textura dos hambúrgueres foram realizadas medições em quintuplicata para cada repetição. A programação do experimento e a coleta de dados foram realizadas por meio do programa computacional *Texture Expert for Windows 1.20* (Stable Micro Systems, UK). Foram avaliados três parâmetros de TPA de acordo com as definições de BOURNE (2002), dureza, coesividade e mastigabilidade.

4.5.9. Determinação do Teor de Colesterol

A quantificação do colesterol foi realizada nos hambúrgueres crus formulados com diferentes concentrações de farinha de cogumelo. Foi realizada 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 tempo da saponificação baseadas em Saldanha et al. (2006).

Para tanto, foram pesadas 2,0 g da amostra processada e colocada em tubo com tampa rosqueável, onde foram adicionados 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, colocado em repouso, num ambiente sem incidência de luz e a temperatura ambiente, por um período de 22 h, 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 e 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 µL no cromatógrafo líquido (SIL-10AF-Shimadzu Auto Sampler), com uma coluna de fase reversa C18 (250 x 4,6 mm), com tamanho de partículas de 5 µm. 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 por meio de “software” específico.

4.5.10. Análise de Ácidos Graxos por Cromatografia Gasosa

Os extratos dos hambúrgueres foram obtidos a partir da imersão das amostras em hexano por um período de 24 horas, à temperatura ambiente (25°C). Posteriormente, este material foi filtrado e o solvente remanescente foi removido por evaporação em capela com fluxo de ar. Foram realizadas três extrações e os extratos obtidos foram combinados e pesados (CARVALHO, 2009).

Dissolveu-se, em tubo criogênico de 2 mL, 10 mg dos extratos em 100 µL de uma solução alcoólica de hidróxido de sódio 5% (v/v), para a saponificação dos lipídios. Após agitação em vórtex por 10 segundos, o extrato foi hidrolisado em um forno de microondas doméstico (Panasonic NN-ST254W), à potência 60% (420W), durante 6 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 300µL da camada orgânica foi retirada, colocada em tubos de microcentrífuga e o solvente seco por evaporação,

obtendo-se, assim os ácidos graxos livres. Posteriormente, os ácidos graxos livres foram metilados com 100 µL de solução metanólica (14%) de trifluoreto de boro (BF₃), aquecidos a 60°C durante 10 minutos. Os ácidos graxos metilados foram extraídas com 500 µL de hexano e analisados por Cromatografia Gasosa.

As análises foram realizadas em um Cromatógrafo a Gás HP7820A (Agilent) equipado com detector por ionização de chamas. Programa de aquisição de dados EZChrom Elite Compact (Agilent). Utilizou-se uma coluna SUPELCOWAX-10 30m x 0,2mm x 0,2 µm (SUPELCO) com gradiente de temperatura: 150°C, 0min, 10°C/min até 240°C; temperatura do injetor (split de 1/20) a 240°C e temperatura do detector a 250°C. Hidrogênio como gás de arraste (4,0 mL/min) e volume de injeção de 1,0 µL. A identificação dos picos foi feita por comparação com padrões de ácidos graxos metilados Supelco37 Fame mix (Supelco cat no 47885-U).

4.6. Determinação da Capacidade Antioxidante e Quantificação de Fenólicos Totais

4.6.1. Obtenção dos Extratos

Foram obtidos extratos etanólicos das amostras de farinha de cogumelo, dos hambúrgueres crus e dos hambúrgueres assados, segundo Tsai, Tsai, e Mau (2007). A extração foi realizada a partir de 10 g de amostra em 100 ml de etanol a 95%, sob agitação por 24 horas e, em seguida, filtrados. Foram realizadas três extrações e os filtrados obtidos foram combinados. Posteriormente, os extratos foram concentrados até completa evaporação do solvente em rotaevaporador modelo 802, marca Fisatom (São Paulo, Brasil).

4.6.2. Determinação do teor de Fenólicos totais

A determinação do teor de compostos fenólicos totais foi realizada de acordo com o procedimento proposto pela ISO (2005). A determinação destes compostos ocorreu através de sua reação com a solução aquosa do reagente Folin-Ciocalteu a 10% (fosfomolibdotúngtico), diluído em água a 10%, na presença do carbonato de sódio (solução a 7,5%). Alíquotas de 0,5 mL dos extratos foram transferidas para

tubos de ensaio, nos quais foram adicionados 2,5 mL do reagente Folin-Ciocalteu. Agitou-se os tubos e estes permaneceram em repouso por 8 minutos. Posteriormente, foram adicionados 2 mL de solução de carbonato de sódio e agitados novamente. Os tubos permaneceram em repouso por 60 minutos, ao abrigo da luz. A absorbância foi lida em espectrofotômetro de absorção molecular modelo UV mini 1240, marca Shimadzu (São Paulo, Brasil) a 773 nm, tendo como branco o reagente Folin-Ciocalteu com carbonato de sódio. Todas as amostras foram preparadas em triplicata. Para obtenção da curva de regressão linear, foi utilizado uma solução estoque de ácido gálico na concentração de 1 mg.mL⁻¹. A solução estoque foi diluída de modo a obter concentrações de 0,1 até 0,08 mg de equivalente de ácido gálico.mL⁻¹. A equação da curva de regressão linear do ácido gálico foi obtida e os resultados foram expressos em mg de EAG. 100 g⁻¹ de extratos.

4.6.3. Método do Sequestro de Radicais Livres DPPH

A capacidade de sequestrar o radical 1,1-difenil-2-picrilhidrazil foi realizada segundo método descrito por Rufino et al. (2007). Foram preparadas cinco diluições do extrato (100; 80; 60; 40; 20 µg.mL⁻¹). Alíquotas de 0,1 mL de cada diluição foram adicionadas a 3,9 mL da solução de DPPH em metanol (0,06 mM), após agitação em vórtex, os tubos foram deixados em repouso ao abrigo da luz. Após 30 minutos, a absorbância foi determinada em espectrofotômetro modelo UV mini 1240, marca Shimadzu (São Paulo, Brasil) a 515 nm. A partir das absorbâncias obtidas foram plotados gráficos em função da concentração do extrato e através de regressão linear foi calculado o IC₅₀, valor que estima a concentração de antioxidante necessária para inibir 50% do radical DPPH.

A ação antioxidante dos extratos também foi expressa pelo Índice de Atividade Antioxidante (IAA), calculado de acordo com Scherer e Godoy (2009), conforme a equação: $IAA = \text{concentração de DPPH } (\mu\text{g.mL}^{-1}) / IC_{50} (\mu\text{g.mL}^{-1})$. Onde tanto a concentração de DPPH quanto a concentração do extrato utilizada no ensaio foram consideradas para gerar a constante. Segundo Scherer e colaboradores (2009) através do valor do IAA é possível classificar a ação antioxidante como muito fraca ($IAA < 0,5$), moderada (IAA entre 0,5 e 1,0), forte (IAA entre 1,0 a 2,0), e muito forte ($IAA > 2,0$).

4.6.4. Substâncias reativas ao Ácido Tiobarbitúrico (TBARS)

A análise foi realizada conforme metodologia descrita por Raharjo, Sofos e Schimidt (1992), com modificações. Para determinar o índice do ácido tiobarbitúrico (TBA) foram pesadas 10 g das amostras de hambúrgueres, adicionados de 40 mL de solução de ácido tricloroacético (TCA) a 5% e 1 mL de solução de butil hidroxitolueno (BHT) a 0,15%. A mistura foi agitada por 1 min em homogenizador Ultra Turrax modelo T18 (Ika). Posteriormente, filtrou-se em papel de filtro, colocou-se em balão volumétrico e ajustou-se o volume para 50 mL, com solução de TCA 5%. Retirou-se do balão alíquotas de 2 mL, com pipeta volumétrica, transferiu-se para o tubo de ensaio e adicionou-se 2 mL de solução de TBA 0,08 M. Os tubos foram homogeneizados e levados ao banho-maria durante 5 minutos. Após resfriados, realizou-se a leitura da absorbância em espectrofotômetro modelo UV mini 1240, marca Shimadzu (São Paulo, Brasil) a 532 nm, tendo como branco uma mistura de 2 ml da solução de TCA a 5% e 2 ml da solução de TBA 0,08 M. Os resultados foram expressos em mg de malonaldeído/kg amostra.

4.7. Análise sensorial

A análise sensorial foi conduzida no Laboratório de Análise Sensorial (LABAS) da UESB, no Campus de Itapetinga-Ba, com um total de 85 provadores voluntários e não treinados. As condições ambientais do laboratório de análise sensorial foram devidamente controladas, como luz, temperatura, ausência de odores evitando interferências nos resultados.

Foi utilizado o teste de aceitação para avaliar as amostras de hambúrgueres com diferentes concentrações de farinha de cogumelo *eryngii*, utilizando uma escala hedônica estruturada de nove (9) pontos, em que as avaliações variaram de gostei muitíssimo (valor 9) e desgostei muitíssimo (valor 1) para avaliar a aceitabilidade dos hambúrgueres. As amostras foram avaliadas em relação ao sabor, cor, textura, impressão global e intenção de compra.

As amostras foram apresentadas aleatorizadas e de forma monádica, codificadas com códigos de três dígitos, dispostos em bandeja contendo um copo com água juntamente com a ficha de avaliação (Anexo 1).

4.8. Delineamento Estatístico

O experimento foi conduzido no Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), sendo cinco tratamentos com três repetições. As análises foram realizadas em triplicata. Os dados das análises da farinha de cogumelo foram apresentados como média \pm desvio padrão. Os dados das análises dos hambúrgueres foram submetidos à análise de regressão, ao nível de 5% de significância ($p \leq 0,05$). Todas as análises foram realizadas utilizando o software SAS versão 9.0 e, para a construção dos gráficos, foi utilizado o programa Sigma Plot 11.0.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Farinhas de cogumelo *P. eryngii*

5.1.1. Composição centesimal

Os resultados das médias dos valores obtidos para os parâmetros analisados da composição centesimal das farinhas estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2. Composição centesimal de três lotes de farinhas de cogumelo *eryngii* (FCE).

Composição %	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Médias ^a
Teor de água	8,76 ± 0,61a	8,57 ± 0,45a	8,42 ± 0,16a	8,53 ± 0,15
Cinzas	6,29 ± 0,35a	7,21 ± 0,15a	6,05 ± 0,08a	6,51 ± 0,69
Proteínas	37,71 ± 0,14a	36,34 ± 0,64a	37,46 ± 0,27a	37,13 ± 0,73
Lipídios	0,92 ± 0,06a	0,96 ± 0,08a	0,94 ± 0,03a	0,94 ± 0,02

^a Médias e estimativa de desvio padrão das análises de três diferentes lotes (n=3). Valores expressos em base seca. Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey com um nível de significância de 5%.

O teor médio de umidade da farinha de cogumelo foi de 8,53%, caracterizando-se como um produto de baixa umidade, estando abaixo do valor máximo de 15% estabelecido pela legislação vigente para farinhas vegetais (BRASIL, 1978). Sendo assim, os três lotes de farinha do cogumelo *eryngii* produzidas encontram-se dentro dos padrões exigidos por lei, sendo caracterizado como produto de baixa perecibilidade, devido ao baixo teor de umidade.

A umidade fora das recomendações técnicas resulta em grandes perdas na estabilidade química, na deterioração microbiológica, nas alterações fisiológicas e na qualidade geral dos alimentos. Por sua vez, a umidade de um alimento está relacionada com sua estabilidade, qualidade e composição, e pode afetar determinar as características das etapas de estocagem, processamento e embalagem (VICENZI, 2008).

Com relação ao teor de cinzas, foi observado um teor médio de 6,51%, corroborando com os dados encontrados por Silva (2013), que indicou teor médio de

6,7% para três diferentes lotes do cogumelo *eryngii*. O teor de cinzas em um alimento representa o conteúdo mineral presente em sua composição, constituído de macro, micronutrientes e elementos traços, além de constituir o ponto de partida para a análise de minerais específicos. Os elementos fósforo, sódio e magnésio podem constituir cerca de 50 a 70% do teor total em cinzas dos cogumelos, enquanto o potássio pode constituir 45% das cinzas totais (WANI et al., 2010).

As farinhas de cogumelo apresentaram teor médio de proteína total de 39,04%. Este produto pode ser considerado como de alto teor de proteína, pois fornece concentração superior a 30% da Ingestão Diária Recomendada do nutriente por 100 gramas do alimento (BRASIL, 1998). Além do alto valor protéico, a qualidade da proteína dos cogumelos do gênero *Pleurotus* apresenta características desejáveis, devido aos altos teores de aminoácidos essenciais e excelente digestibilidade protéica (CARRASCO-GONZÁLEZ et al., 2017).

Com relação ao teor de lipídios, foi observado um teor médio de 2,94%. Os valores encontrados nesse estudo indicam que o cogumelo *eryngii* produzido na região do Sudoeste da Bahia apresenta baixo teor de lipídios, como esperado para este tipo de alimento, estando de acordo com os dados compilados na literatura, pois, geralmente os cogumelos apresentam uma baixa quantidade de lipídios, em uma faixa de 1,1 a 8,0% (FURLANI, 2004). Os cogumelos da espécie *P. eryngii* apresentam teor de lipídios correspondente a aproximadamente 3,5% segundo CARRASCO-GONZÁLEZ e colaboradores (2017).

5.1.2. Caracterização físico-química

A caracterização físico-química da farinha foi avaliada pelos parâmetros: pH, atividade de água (Tabela 3) e cor (Tabela 4).

A atividade de água (a_w) da farinha de cogumelo foi de 0,447, demonstrando ser um produto estável do ponto de vista microbiológico, sendo pouco susceptível a deterioração de origem físico-química e microbiológica.

Tabela 3. Caracterização físico-química de três lotes de farinha de cogumelo *eryngii* (FCE).

Parâmetros físico-químicos	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Médias ^a
a_w	0,420 ± 0,026a	0,443 ± 0,042a	0,480 ± 0,016a	0,447 ± 0,030
pH	6,2 ± 0,1a	6,3 ± 0,1a	6,1 ± 0,2a	6,2 ± 0,1

Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey com um nível de significância 5%. ^a Médias e estimativa de desvio padrão das análises de três diferentes lotes.

O pH também é um fator determinante para o desenvolvimento de microrganismos no alimento. De acordo com Soares e colaboradores (1992), os alimentos podem ser classificados em: pouco ácidos (pH > 4,5), ácidos (4,5 a 4,0) e muito ácidos (< 4,0). A partir desta classificação, as amostras de farinha analisadas podem ser consideradas pouco ácidas, apresentando pH superior a 6,1 (Tabela 4).

Em relação à cor das farinhas de cogumelo *eryngii* (FCE), para coordenadas L*, a* e b*, os valores encontrados foram 85,9, 0,52 e 14,03, respectivamente (Tabela 5).

Tabela 4. Cor de três lotes de farinha de cogumelo *eryngii* produzidas (FCE) na escala da *Commission Internationale L'Eclairage* - CIE - L*a*b*.

Cor	Lote 1	Lote 2	Lote 3	Médias ^a
L*	86,17 ± 0,97a	85,67 ± 1,02a	85,86 ± 1,53a	85,9 ± 0,25
a*	0,53 ± 0,02a	0,54 ± 0,02a	0,50 ± 0,04a	0,52 ± 0,02
b*	13,96 ± 0,59a	14,10 ± 0,68a	14,05 ± 0,62a	14,03 ± 0,07

Médias seguidas de mesma letra, na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey com um nível de significância 5%. ^a Médias e estimativa de desvio padrão das análises de três diferentes lotes.

O elevado valor de luminosidade (L*), o valor de a* próximo de 0 e o valor positivo da coordenada b*, indicam que as farinhas analisadas apresentam coloração amarelo claro, cor característica desse produto. No qual, uma alteração na cor característica desse produto, poderia indicar uma rejeição do consumidor.

5.2. Hambúrgueres formulados com farinha de cogumelo *P. eryngii*

Todos os parâmetros avaliados neste estudo foram submetidos à análise de regressão para avaliação da interferência da adição de diferentes concentrações de farinha de cogumelo *eryngii* nas formulações de hambúrgueres quanto à composição centesimal, caracterização físico-química e parâmetros tecnológicos, composição de ácidos graxos e colesterol, capacidade antioxidante, perfil de textura TPA e aceitação sensorial. Assim, todos os valores médios destas medidas, seguidos dos respectivos desvios-padrões, encontram-se apresentados em tabelas no Anexo 2 e citadas ao longo do texto.

5.2.1. Composição centesimal

Com a análise de regressão foi possível avaliar o quanto a adição de diferentes porcentagens de farinhas de cogumelo *eryngii* (variável independente) influenciou os parâmetros umidade, cinzas, lipídios e proteína (variáveis dependentes).

Os parâmetros teor de lipídeos totais e teor de proteínas totais apresentaram ajustes de equação linear e quadrática ($p \leq 0,05$), respectivamente, tanto para os modelos quanto para os parâmetros. Os valores médios da composição centesimal dos parâmetros analisados encontram-se apresentados no Anexo 2. Já os modelos matemáticos ajustados para teores totais de lipídeos e proteínas encontram-se na Tabela 5.

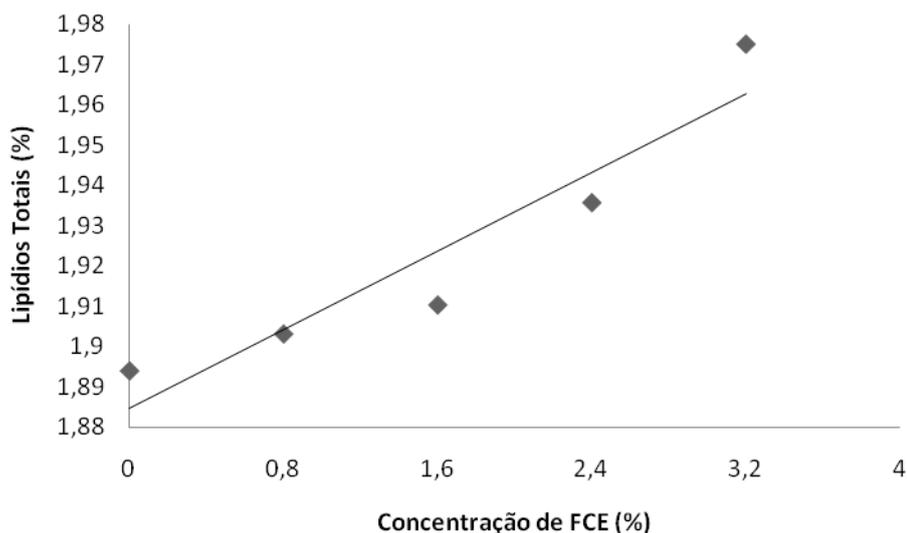
Tabela 5. Modelos matemáticos ajustados para representação da variação dos teores totais de lipídeos e proteínas em formulações de hambúrgueres com diferentes concentrações de farinha de cogumelo *eryngii*.

Composição centesimal	Modelo	Probabilidade	R ²
Teor de lipídeo total	$y = 0,024x + 1,884$	0,0293	0,888
Teor de proteína total	$y = 0,543x^2 - 2,245x + 20,18$	0,0462	0,924

O teor de lipídios totais variou entre 1,89 e 1,97%, podendo-se observar um aumento no teor de lipídios com o aumento das concentrações de adição da farinha de

cogumelo. O modelo matemático que melhor explicou a relação entre os teores de lipídios totais obtidos nos hambúrgueres com o aumento da concentração da FCE foi o modelo linear (Figura 6).

Figura 6. Gráfico do modelo linear do teor de lipídios totais para os hambúrgueres com FCE.



Os resultados obtidos estão em concordância com o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Hambúrguer do MAPA (BRASIL, 2000), que preconiza o máximo de 23% de gordura para hambúrgueres. Apesar do conteúdo de lipídeos dos hambúrgueres ter aumentado com a adição de FCE, foi observado no presente estudo que esta adição contribuiu para a redução dos teores de colesterol dos produtos.

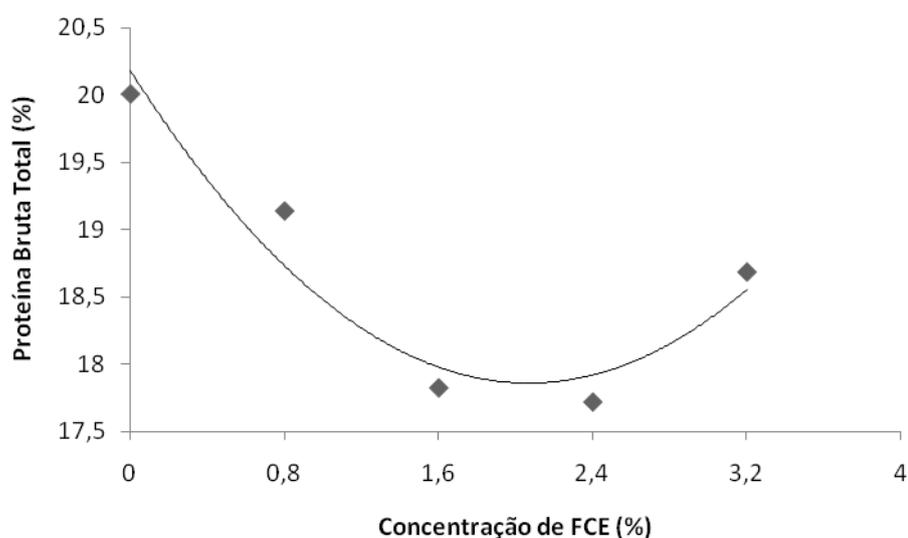
Além disso, estas formulações podem ser consideradas como alimento de baixo teor lipídico, pois os percentuais de lipídios encontrados nos hambúrgueres apresentaram-se adequados ao descrito na Portaria nº 27 SVS/MS de 1998, que define como “reduzido em gordura” o produto que apresenta uma redução mínima de 25% de gordura, quando comparado aos produtos convencionais formulados com carne bovina, que possuem cerca de 20% de gordura (SEABRA et al., 2002).

De acordo com Macedo e colaboradores (2008), a carne de patinho (*Quadriceps femoris*) moída apresenta 1,69% de lipídeos, valor muito abaixo do teor máximo exigido pela legislação. O teor de lipídios é influenciado por vários fatores tais como sexo, raça e alimentação, bem como pela localização do corte cárneo (MOREIRA et al., 2003). Além disso, a farinha de *eryngii* apresenta baixo teor de

lipídios totais. Assim, esses fatores podem ter influenciado no percentual reduzido de lipídeos nos hambúrgueres

O teor de proteínas totais variou entre 17,72 a 20,01%. O modelo matemático que melhor explicou a relação entre os teores de proteínas totais obtidos nos hambúrgueres com o aumento da concentração da FCE foi o modelo quadrático (Figura 7).

Figura 7. Gráfico do modelo quadrático do teor de proteínas para os hambúrgueres com FCE.



Os resultados obtidos estão em concordância com o Regulamento Técnico de Identidade e Qualidade de Hambúrguer do MAPA (BRASIL, 2000), que preconiza o mínimo de 15% de proteína para hambúrgueres.

A incorporação da farinha de cogumelo resultou em um decréscimo, seguido do aumento do teor de proteínas, essa relação foi explicada pelo modelo quadrático (Figura 7). Possivelmente, adições acima de 3,2% da farinha de cogumelo tendem a aumentar o teor de proteína nos hambúrgueres, no entanto, seria necessário a realização de análises com maiores porcentagens de adição de farinha.

Os teores de água variaram de $73,45 \pm 0,48$ para o hambúrguer sem adição de farinha de cogumelo a $70,62 \pm 0,79$ para o hambúrguer com 3,2% de adição de farinha de cogumelo *eryngii*, sendo não significativo o ajuste dos parâmetros e de modelo ($p > 0,05$).

A umidade natural da carne é um dos aspectos importantes para o rendimento e a qualidade final do produto. De acordo com Roça (2000), a carne vermelha magra

possui em torno de 75% de água. Segundo Vieira e colaboradores (2007), por ser um componente abundante, a água influencia na qualidade da carne, contribuindo para a suculência, palatabilidade e as reações que ocorrem na carne durante o armazenamento e processamento.

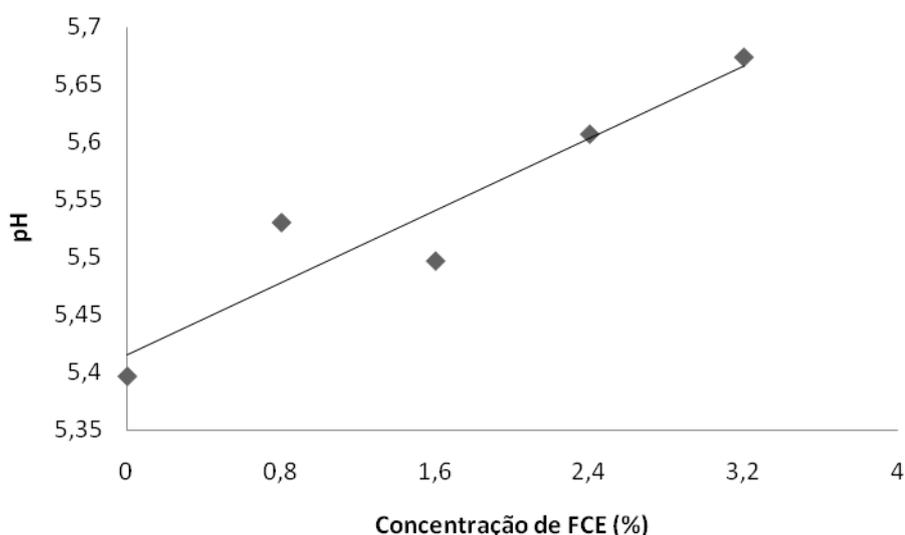
5.3. Caracterização físico-química e Parâmetros Tecnológicos

Os valores médios de pH das formulações estudadas variaram de 5,39 a 5,67, podendo-se observar que a incorporação da farinha de cogumelo *eryngii* resultou em um aumento significativo do pH das formulações. O modelo matemático ajustado encontra-se na Tabela 6, essa relação foi explicada pelo modelo linear (Figura 8).

Tabela 6. Modelo matemático ajustado para representação da variação dos valores de pH em formulações de hambúrgueres com diferentes concentrações de farinha de cogumelo *eryngii*.

Caracterização físico-química	Modelo	Probabilidade	R ²
pH	$y = 0,078x + 5,414$	0,0045	0,887

Figura 8. Gráfico do modelo linear dos valores de pH para os hambúrgueres com FCE.



Segundo Terra e Brum (1988), o pH entre 5,8 a 6,2 indica que a carne está aceitável para o consumo, valores próximos a 6,4 sugerem consumo imediato e pH

acima de 6,4 indica que a carne está em início de decomposição. Segundo este parâmetro, os hambúrgueres apresentaram pH dentro desses limites da normalidade, indicando adequação para consumo. Visto que as amostras de farinha analisadas podem ser consideradas como pouco ácidas, apresentando pH superior a 6,1, pode ser atribuído a esse fator o aumento do pH dos hambúrgueres com o aumento da concentração da farinha nas formulações.

Os valores de atividade de água dos hambúrgueres variaram de $0,980 \pm 0,003$ para a formulação com 3,2% de FCE a $0,987 \pm 0,006$ para a formulação sem adição de FCE, sendo não significativo o ajuste dos parâmetros e de modelo ($p > 0,05$). Ou seja, a adição de diferentes porcentagens de farinha de cogumelo não influenciou nesse parâmetro. Sendo o valor médio de $0,983 \pm 0,003$ (\hat{y}) de atividade de água o valor representativo para todas as formulações.

O valor de atividade de água tem grande importância na tecnologia de alimentos, permitindo avaliar a suscetibilidade de deterioração dos alimentos e, conseqüentemente, a vida de prateleira do produto. Os valores encontrados nesses estudos indicam que este produto é passível de reações químicas, enzimáticas e desenvolvimento de microrganismos, no entanto, devido a sua forma de armazenamento, congelamento, e por serem preparados no momento do consumo, é possível minimizar esses efeitos, possibilitando a sua conservação.

A capacidade de retenção de água média variou de 54,96 a 57,44%, sendo não significativo o ajuste dos parâmetros e de modelo ($p > 0,05$). Assim, as diferentes concentrações de farinha de cogumelo adicionadas não afetaram a CRA da carne. Visto que este parâmetro reflete positivamente nos aspectos sensoriais, nutricionais e econômicos, os hambúrgueres poderão apresentar melhor suculência e menores perdas quantitativas e qualitativas indesejáveis à comercialização, pois uma menor capacidade de retenção de água de produtos cárneos, implica em perdas pela água liberada via exsudação, resultando em carne mais seca e com menor maciez.

Tais efeitos foram confirmados ao observar os resultados da análise de perfil de textura das amostras analisadas no presente estudo, que demonstraram que houve redução da dureza dos hambúrgueres, bem como nas análises de PPC, RC e PE que apresentaram menores perdas quantitativas. Assim, apesar das diferentes concentrações de farinha de cogumelo adicionadas não afetarem a CRA dos

hambúrgueres, os valores obtidos influenciaram positivamente nos parâmetros tecnológicos avaliados.

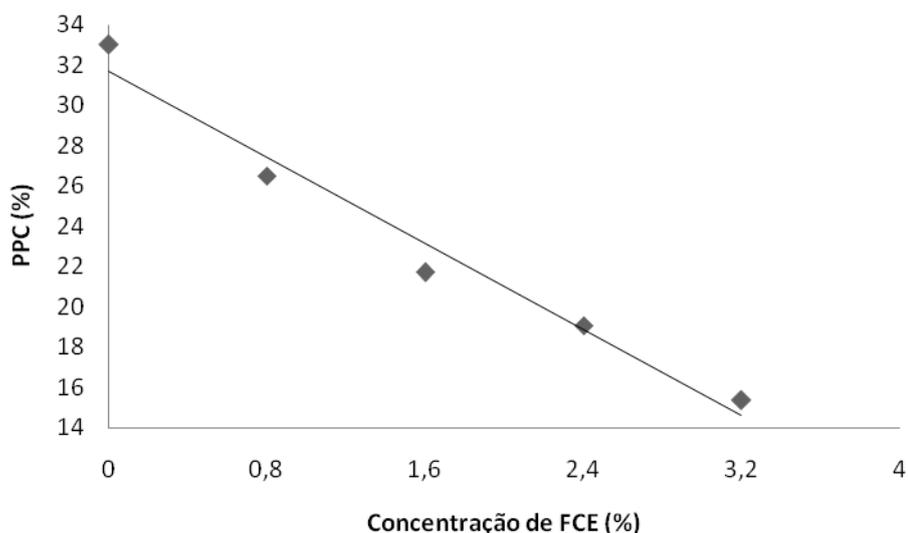
Os parâmetros PPC, RC, PE apresentaram ajustes de equação linear ($p \leq 0,05$), tanto para os modelos quanto para os parâmetros. Os valores médios dos parâmetros analisados encontram-se apresentados no Anexo 2. Já os modelos matemáticos ajustados encontram-se na Tabela 7.

Tabela 7. Modelos matemáticos ajustados para representação da variação dos valores de Perda de peso por cocção (PPC), Rendimento de cocção (RC) e Porcentagem de encolhimento (PE) em formulações de hambúrgueres com diferentes concentrações de farinha de cogumelo *eryngii*.

Caracterização físico-química	Modelo	Probabilidade	R²
PPC	$y = -5,343x + 31,68$	<0,0001	0,971
RC	$y = 5,588x + 67,39$	<0,0001	0,971
PE	$y = -2,536x + 20,51$	0,0004	0,937

A perda de peso por cocção (PPC) dos hambúrgueres variou entre 15,38% e 33,03%, podendo-se observar que a adição de diferentes concentrações de farinha de cogumelo contribuiu para a redução da perda de peso por cocção, ou seja, o tratamento com adição de 3,2% de farinha de cogumelo apresentou a menor perda (15,38%), essa relação foi explicada pelo modelo linear (Figura 9).

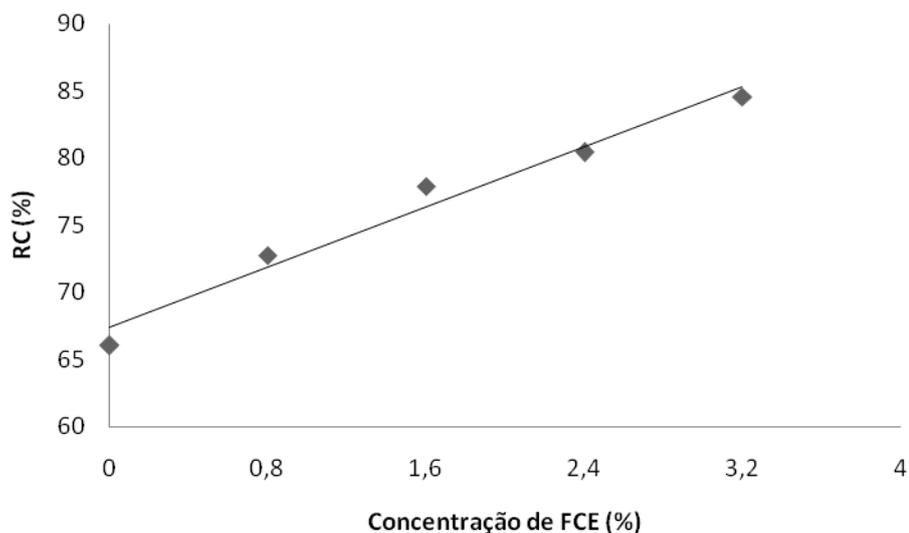
Figura 9. Gráfico do modelo linear dos valores de PPC para os hambúrgueres com FCE.



A perda de peso por cocção ocasiona o desprendimento de fluídos da matriz, os quais carregam água, nutrientes hidrossolúveis e compostos responsáveis pelo sabor e aroma, assim como pigmentos formadores de cor. Sendo assim, a adição de diferentes concentrações de FCE nos hambúrgueres pode resultar em melhorias na textura e suculência do produto, na preservação de atributos sensoriais e valor nutricional, bem como no rendimento durante o preparo para o consumo (PEDROSO; DEMIATE, 2008; CALDARA et al., 2012).

O rendimento de cocção (RC) variou de 66,02 a 84,56%, sendo observado maior rendimento nas formulações com maior porcentagem de adição da farinha de cogumelo. O modelo matemático que melhor explicou essa relação foi o modelo linear (Figura 10).

Figura 10. Gráfico do modelo linear dos valores de RC para os hambúrgueres com FCE.

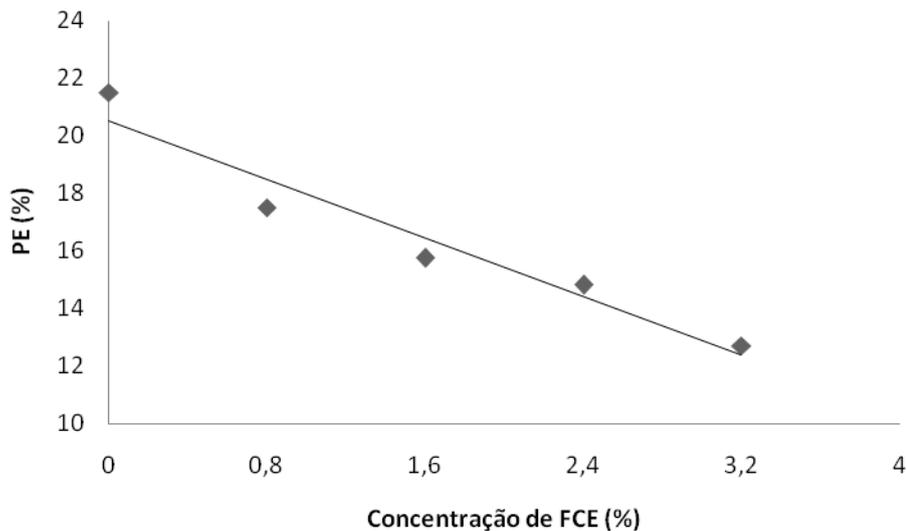


De acordo com García-Garcia e Totosaus (2008), o amido, após gelatinização, age preenchendo espaços intersticiais na matriz do alimento, interagindo com a rede protéica, elevando a capacidade de retenção de água, o que reduz a sua perda de peso por cozimento e melhora a sua textura, sendo uma interação sinérgica, promovida pela estrutura química destes componentes, assim como de outros íons presentes no alimento.

Assim, pressupõe-se, que este fenômeno, ao acontecer no hambúrguer, durante sua cocção, permitiu que o fluido liberado pela carne fosse absorvido pelas fibras presentes na farinha de cogumelo, reduzindo-se a perda de peso por cozimento e aumentando o rendimento de cocção.

A porcentagem de encolhimento (PE) dos hambúrgueres variou de 12,71 a 21,51%, podendo-se observar uma redução na porcentagem de encolhimento com o aumento das concentrações de adição de FCE. As amostras sem adição de farinha de cogumelo apresentaram maior porcentagem de encolhimento (21,51%). O modelo linear foi o modelo matemático que melhor explicou a relação entre os valores de PE obtidos nos hambúrgueres com o aumento da concentração da FCE (Figura 11).

Figura 11. Gráfico do modelo linear dos valores de PE para os hambúrgueres com FCE.



Evitar o encolhimento é importante para manter os padrões de qualidade dos hambúrgueres, devido às potenciais reações negativas dos consumidores que associam tais mudanças com um excesso de água adicionada (SÁNCHEZ-ZAPATA, PÉREZ-ALVAREZ e FERNÁNDEZ-LÓPEZ, 2012). A redução de diâmetro é o resultado da desnaturação de proteínas de carne com perda de água e gordura, assim a adição de farinha de cogumelo é capaz de contribuir para a redução deste fenômeno, contribuindo para o aumento do rendimento do produto, resultado este confirmado com a menor redução do diâmetro dos hambúrgueres quando a farinha é adicionada.

A partir dos resultados obtidos neste estudo, pode-se observar que a adição de farinha de cogumelo provocou diminuição nas perdas de peso e porcentagem de encolhimento, aumentando o rendimento dos hambúrgueres. Essas características são desejáveis ao consumidor e à indústria, pois influencia nas características sensoriais, como textura e a suculência, o que torna o produto mais atrativo e com maior rendimento (ROQUE-SPECHT et al., 2009).

Parâmetros de qualidade como a cor e a capacidade de retenção de água são importantes para o consumidor avaliar o produto; a cor apresenta relevância no momento da compra e a capacidade de retenção de água é importante durante o consumo (ZEOLA et al., 2007).

Os valores médios obtidos da luminosidade (L^*) e das coordenadas de cromaticidade (a^* e b^*) encontram-se apresentados no Anexo 2. A coordenada b^*

apresentou ajuste de equação linear ($p \leq 0,05$). Já para as demais coordenadas, os ajustes dos parâmetros e de modelo foram não significativos ($p > 0,05$). O modelo matemático ajustado para b^* encontra-se na Tabela 8.

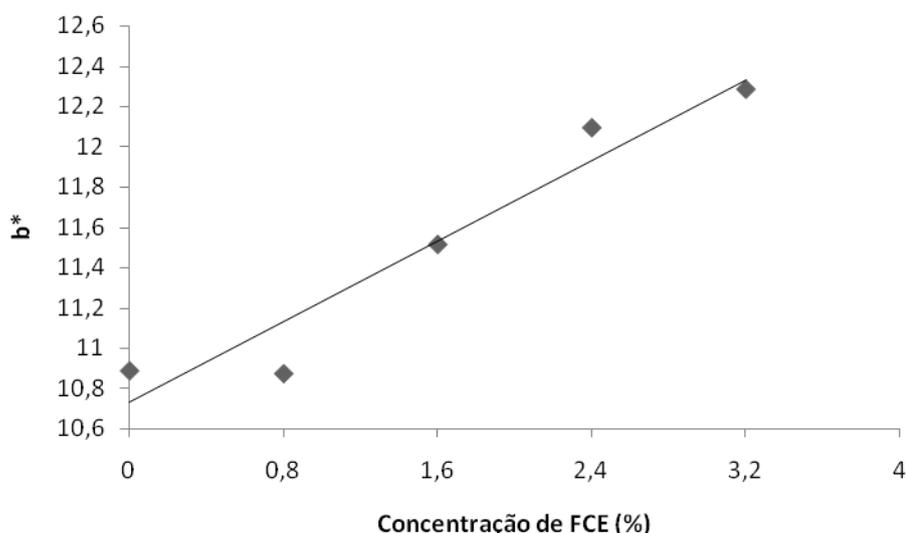
Tabela 8. Modelo matemático ajustado para representação da variação dos valores da coordenada de cromaticidade b^* em formulações de hambúrgueres com diferentes concentrações de farinha de cogumelo eryngii.

Caracterização físico-química	Modelo	Probabilidade	R ²
b^*	$y = 0,500x + 10,73$	<0,0001	0,93

Ao avaliar os resultados para os parâmetros de cor na escala L^*a^*b , observou-se que o parâmetro L^* (luminosidade) apresentou valores entre 38,45 e 40,04, indicando um produto mais escuro, sendo não significativo o ajuste dos parâmetros e de modelo ($p > 0,05$).

Para os valores de a^* (teor de vermelho), os valores variaram de 8,85 a 9,68, também sendo não significativo o ajuste dos parâmetros e de modelo ($p > 0,05$). O teor de amarelo (b^*) variou entre 10,87 a 12,28. O eixo b^* varia de $-b^*$ até $+b^*$ que vai de azul a amarelo, assim o aumento do teor de amarelo deve-se ao fato da adição de diferentes níveis de farinha de cogumelo aos hambúrgueres. O modelo matemático que melhor explicou essa relação foi o modelo linear (Figura 12).

Figura 12. Gráfico do modelo linear para os valores de b^* para os hambúrgueres com FCE.



5.3.1. Análise do Perfil de Textura (TPA)

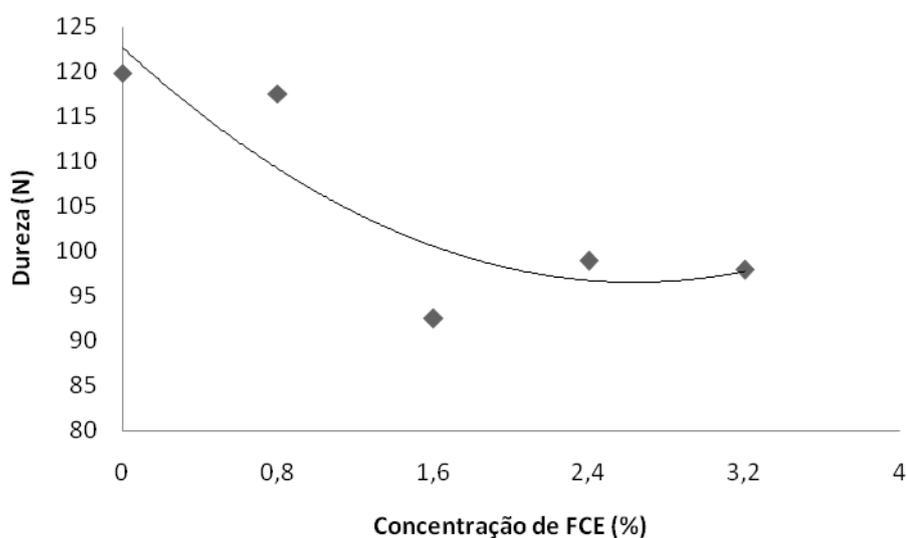
Os atributos dureza e coesividade da análise instrumental do perfil de textura (TPA) apresentaram ajustes de equação quadrática e linear ($p \leq 0,05$), respectivamente. Em relação ao atributo mastigabilidade, os ajustes dos parâmetros e de modelo foram não significativos ($p > 0,05$). Os modelos matemáticos ajustados encontram-se na Tabela 9.

Tabela 9. Modelos matemáticos ajustados para representação da variação dos valores dos atributos dureza e coesividade em formulações de hambúrgueres com diferentes concentrações de farinha de cogumelo eryngii.

TPA	Modelo	Probabilidade	R ²
Dureza	$y = 3,790x^2 - 19,94x + 122,7$	<0,0001	0,762
Coesividade	$y = -0,024x + 0,702$	<0,0001	0,941

Os valores do atributo dureza variaram entre 92,52 e 119,83, podendo-se observar que a adição de diferentes concentrações de farinha de cogumelo contribuiu para a redução da dureza dos hambúrgueres, essa relação foi explicada pelo modelo quadrático (Figura 13).

Figura 13. Gráfico do modelo quadrático para os valores de dureza obtidos na análise instrumental do perfil de textura dos hambúrgueres com FCE.

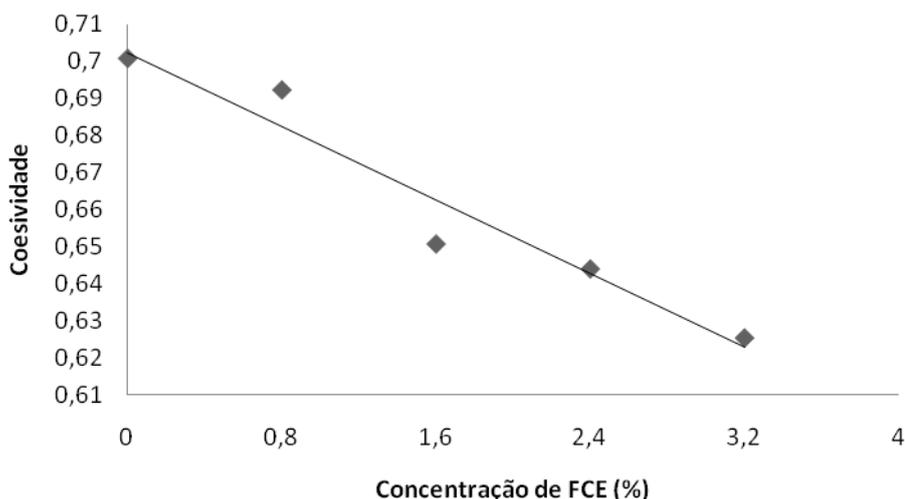


A dureza é considerada uma propriedade sensorial definida como a força necessária para comprimir o alimento entre os dentes molares e, instrumentalmente, como a força requerida para causar uma determinada deformação. Assim, pressupõe-se que as concentrações de farinha de cogumelo adicionadas aos hambúrgueres promovam maior absorção de água e diminuam a força necessária para comprimir os hambúrgueres.

Além disso, alimentos com maior teor de gordura apresentam uma diminuição da dureza (BRYANT et al., 1995), pois a gordura age como um lubrificante, reduzindo a tensão necessária para romper a matriz protéica. Visto que foi observado um aumento no teor de lipídios dos hambúrgueres com o aumento da porcentagem dos níveis de adição da farinha de cogumelo, pode-se considerar que esta elevação do conteúdo lipídico do produto contribuiu para diminuir a dureza.

Em relação ao parâmetro coesividade, os valores encontrados variaram entre 0,62 e 0,70, sendo observado que o aumento das concentrações de FCE resultou em uma diminuição significativa dessa propriedade nas formulações, essa relação foi explicada pelo modelo linear (Figura 14).

Figura 14. Gráfico do modelo linear para os valores de coesividade obtidos na análise instrumental do perfil de textura dos hambúrgueres com FCE.



O hambúrguer sem adição de farinha apresentou maior coesividade, isto é, este possui maior força de ligações internas, e assim maior resistência à desintegração estrutural. Esta é uma indicação de que, em comparação com o controle, o uso da farinha de cogumelo nos hambúrgueres auxiliou na absorção e retenção de água nos

produtos durante o cozimento. Características de maciez, como firmeza e sensações tácteis estão diretamente relacionadas com a capacidade de retenção de água, pH, teor de gordura de cobertura e características do tecido conjuntivo e da fibra muscular (PARDI et al., 2001).

Em produtos cárneos, os atributos relacionados à textura estão intimamente relacionados com a funcionalidade das proteínas musculares, particularmente suas propriedades de formação de gel e emulsão que são influenciadas pela presença de ingredientes não cárneos (LÓPEZ-VARGAS et al., 2014). Assim, pressupõe-se, que o processo de gelatinização durante o cozimento, resultou no aprisionamento da água, bem como na diminuição das ligações cruzadas das proteínas da carne, levando a uma diminuição na dureza e coesividade dos hambúrgueres.

5.3.2. Teor de Colesterol e Composição de Ácidos Graxos

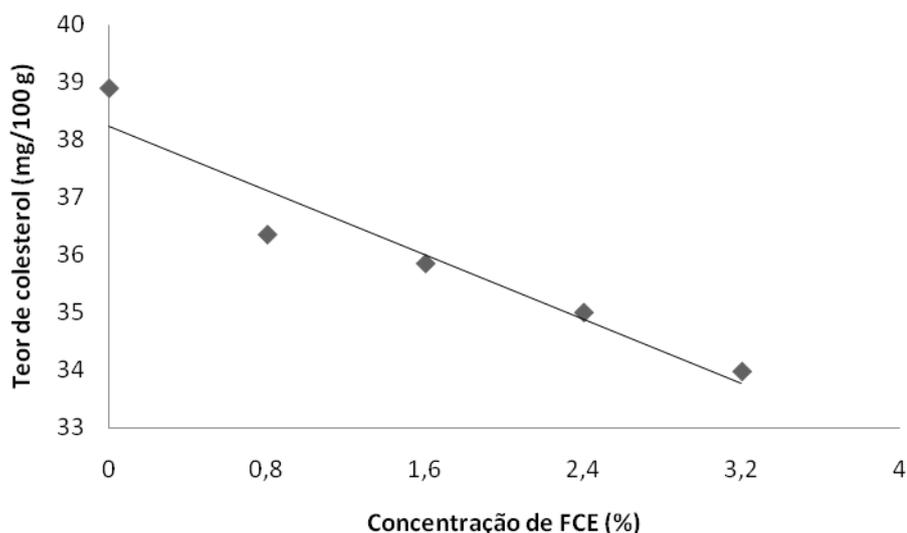
O teor de colesterol apresentou ajuste de equação linear ($p \leq 0,05$). Os valores médios obtidos do teor de colesterol encontram-se apresentados no Anexo 2. Já o modelo matemático ajustado encontra-se na Tabela 10.

Tabela 10. Modelo matemático ajustado para representação da variação dos valores do teor de colesterol em formulações de hambúrgueres com diferentes concentrações de farinha de cogumelo *eryngii*.

Parâmetro	Modelo	Probabilidade	R ²
Teor de colesterol	$y = -1,398x + 38,24$	0,0259	0,919

O teor de colesterol dos hambúrgueres variou de 33,97 a 38,88 mg/100g, sendo observado que a adição de diferentes concentrações de farinha de cogumelo contribuiu para a redução dos teores de colesterol, ou seja, o tratamento com adição de 3,2% de farinha de cogumelo gerou uma redução de 12,6% de colesterol em comparação com a amostra controle, mostrando a importância do ponto de vista da qualidade nutricional da farinha de *eryngii* nas formulações de hambúrgueres. Essa relação foi explicada pelo modelo linear (Figura 15).

Figura 15. Gráfico do modelo linear para os valores dos teores de colesterol dos hambúrgueres com FCE.



De acordo com Madruga e colaboradores (2008), teores de colesterol menores que 90 mg/100 g são considerados baixo. Assim, os teores de colesterol de todas as formulações podem ser considerados como baixos. Em média, os hambúrgueres contribuem com valores de 11% (33,97 mg/100 g) a 13% (38,88 mg/100 g) da ingestão diária de colesterol, que segundo a *American Heart Association* (AHA) deve ser de até 300 mg/dia.

Com a finalidade de avaliar a interferência da adição das diferentes concentrações de farinha de cogumelo *eryngii* nas formulações de hambúrgueres sobre a composição de ácidos graxos, foi realizada uma análise cromatográfica dos ésteres metílicos dos ácidos graxos presentes nos hambúrgueres. Foram identificados quinze ácidos graxos e divididos conforme seu grau de saturação (Tabela 11), sendo não significativos os ajustes dos parâmetros e de modelo ($p > 0,05$).

Tabela 11. Composição de ácidos graxos em extratos hexânicos de formulações de hambúrgueres com diferentes concentrações de farinha de cogumelo *eryngii*.

Ácidos Graxos	% Farinha de Cogumelo <i>Eryngii</i>				
	0	0,8	1,6	2,4	3,2
Saturados					
Mirístico / C14:0	3,43 ± 0,27	3,90 ± 0,72	3,41 ± 0,23	3,71 ± 0,53	3,49 ± 0,31
Pentadecílico / C15:0	0,87 ± 0,04	0,85 ± 0,06	0,80 ± 0,03	0,83 ± 0,05	0,86 ± 0,01
Palmítico / C16:0	24,80 ± 1,05	24,62 ± 0,91	24,47 ± 0,28	24,69 ± 0,59	24,42 ± 0,75
Heptadecanóico / C17:0	1,32 ± 0,05	1,32 ± 0,02	1,33 ± 0,12	1,29 ± 0,03	1,33 ± 0,06
Esteárico / C18:0	15,83 ± 0,54	10,14 ± 1,58	16,17 ± 2,00	15,36 ± 0,42	15,74 ± 1,25
Araquídico / C20:0	0,20 ± 0,01	0,28 ± 0,04	0,37 ± 0,01	0,31 ± 0,09	0,22 ± 0,06
Monoinsaturado					
Miristoleico / C14:1	0,62 ± 0,16	0,75 ± 0,26	0,67 ± 0,08	0,72 ± 0,09	0,64 ± 0,18
10-pentadecenoico / C15:1	0,14 ± 0,03	0,14 ± 0,04	0,13 ± 0,04	-	0,14 ± 0,02
Palmitoléico / C16:1	3,87 ± 0,13	4,06 ± 0,34	3,88 ± 0,09	3,99 ± 0,15	3,84 ± 0,31
10-heptadecenoico / C17:1	0,98 ± 0,04	0,94 ± 0,11	0,94 ± 0,01	0,95 ± 0,05	0,97 ± 0,03
Oléico / C18:1	40,58 ± 0,33	44,58 ± 1,12	40,01 ± 1,28	39,72 ± 1,36	39,66 ± 0,67
Gadoléico / C20:1	0,82 ± 0,14	1,03 ± 0,24	0,45 ± 0,18	0,51 ± 0,14	0,81 ± 0,15
Poliinsaturados					
Linoléico / C18:2	1,75 ± 0,29	2,08 ± 0,51	2,00 ± 0,16	1,98 ± 0,07	2,33 ± 0,04
Ácido γ -linolênico / C18:3n-6	0,33 ± 0,04	0,32 ± 0,09	0,28 ± 0,01	0,34 ± 0,11	0,32 ± 0,03
Ácido α -linolênico / C18:3n-3	0,35 ± 0,05	0,36 ± 0,07	0,39 ± 0,03	0,39 ± 0,03	0,41 ± 0,02
% Total ^a	95,88	95,38	95,31	94,78	95,17
Σ SFA	46,45	41,12	46,55	46,20	46,07
Σ MUFA	47,00	51,49	46,08	45,88	46,05
Σ PUFA	2,43	2,76	2,68	2,71	3,05
PUFA/SFA	0,05	0,07	0,06	0,06	0,07
n-6/n-3	0,94	0,89	0,72	0,87	0,78

^aMédia do percentual total dos 3 lotes avaliados

SFA (Ácidos graxos saturados); MUFA (Ácidos graxos monoinsaturados); PUFA (Ácidos graxos poliinsaturados)

O ácido palmítico é um dos ácidos graxos mais comuns encontrado em animais e plantas. Este ácido graxo apresentou elevados teores em todas as formulações, sendo a segunda maior concentração representada pelo ácido esteárico (C18:0), em relação aos ácidos graxos saturados. O ácido esteárico é um ácido graxo que apresenta função

neutra, não exercendo influência nos níveis de colesterol sanguíneo, sendo transformado em ácido oléico no organismo.

Os ácidos graxos monoinsaturados podem ser obtidos a partir da dieta, porém, alguns ácidos graxos são dessaturados no organismo, tendo como exemplos os ácidos graxos palmítico e esteárico, que geram, respectivamente, os ácidos graxos palmitoléico e oléico, por meio da formação de uma dupla ligação cis entre o carbono 9 e 10 por uma reação oxidativa, catalisada pela acil-CoA dessaturase (VISENTAINER et al., 2003).

Com relação aos ácidos graxos monoinsaturados, foram identificados seis ácidos graxos distintos. Esses tipos de ácidos graxos estão presentes na dieta humana, quase exclusivamente na forma de ácido oléico, tanto que, no presente estudo, este apresentou teores superiores aos demais MUFAs identificados. Esse fato pode estar associado a esse ser o principal ácido graxo da carne bovina, bem como pode ser encontrado na maioria das gorduras animais.

Os ácidos graxos poliinsaturados (PUFA), naturalmente, são essenciais para manter, sob condições normais, as membranas celulares, reduzir agregações das plaquetas e os triglicerídeos e, conseqüentemente, o risco de doenças cardíacas (YEHUDA, et al. 2002). São classificados como essenciais, pois o organismo não os produz, devendo ser ingeridos pela alimentação diária. Sendo a presença desse tipo de ácido graxo no produto benéfico e indispensável, no que diz respeito à qualidade nutricional.

Os ácidos graxos linoléico (ômega 6) e linolênico (ômega 3) são obtidos por meio da dieta. O ácido graxo n-3 (ômega 3) apresenta inúmeros benefícios à saúde do consumidor, visto que proporciona redução do LDL e promove o aumento do HDL (HOWE et al., 2007).

As razões entre ácidos graxos insaturados e saturados (PUFA/SFA) estão dispostos na Tabela 11. Essa razão entre os teores de SFAs e PUFAs deve apresentar valores superiores a 0,45. Valores inferiores a esta faixa indicam alimentos pouco saudáveis, especialmente em relação ao surgimento de doenças cardiovasculares (STEVANATO, 2004).

A razão PUFA/SFA apresentou uma média geral de 0,06, sendo inferior à recomendada para uma dieta saudável. Porém, de acordo com dados da literatura, essa

relação é geralmente pequena em produtos cárneos, sendo aproximadamente igual a 0,1 (SCOLLAN et. al., 2001).

A proporção de ácidos graxos n-6/n-3 também tem sido utilizada como um critério para avaliar a qualidade da gordura. De acordo com vários estudos, as doenças degenerativas como diabetes, artrite e o câncer estão relacionadas, em parte, à desproporção atual na concentração dos ácidos ômega-6 e ômega-3 (FAGUNDES, 2002).

Estudos apontam que uma proporção entre n-6/n-3 inferior a 4 é essencial para a redução dos riscos de aparecimento de câncer ou possíveis complicações coronarianas, especialmente, a geração de coágulos no sangue (ENSER, 2001). Porém, grande parte dos alimentos presentes na dieta humana possui relações superiores a esta proporção. No entanto, pode-se observar que as proporções obtidas nesse estudo são inferiores a 4, indicando que as formulações apresentam boa proporção desses ácidos graxos.

5.4. Análise Sensorial

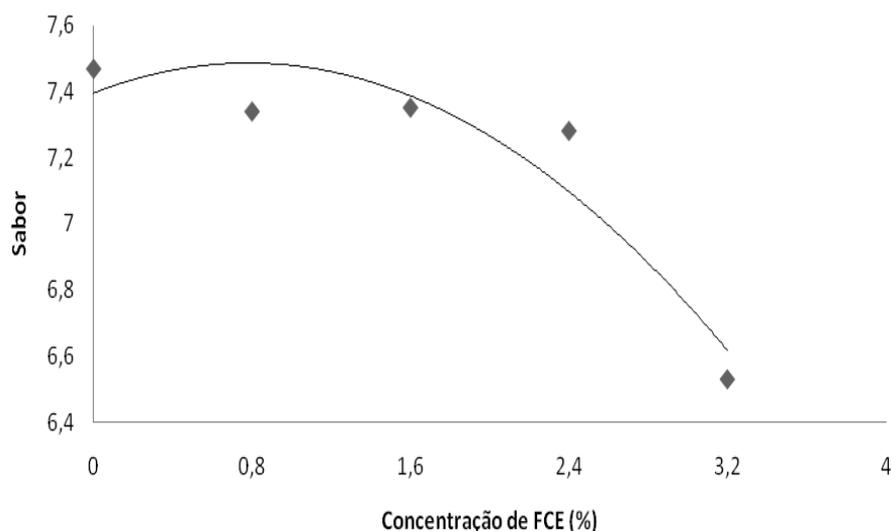
Foram obtidos escores para o teste de aceitação e intenção de compra dos hambúrgueres com adição de diferentes porcentagens de farinha de cogumelo *eryngii*. Os atributos sabor, textura e impressão global apresentaram ajustes de equação quadrática, e a intenção de compra apresentou ajuste de equação linear ($p \leq 0,05$), tanto para os modelos quanto para os parâmetros. As médias dos escores obtidos encontram-se apresentados no Anexo 2. Já os modelos matemáticos ajustados encontram-se na Tabela 12.

Tabela 12. Modelos matemáticos ajustados para representação da variação dos atributos sensoriais avaliados em formulações de hambúrgueres com diferentes concentrações de farinha de cogumelo *eryngii*.

Atributos	Modelo	Probabilidade	R ²
Sabor	$y = -0,148x^2 + 0,232x + 7,393$	<0,0001	0,878
Textura	$y = -0,242x^2 + 0,828x + 6,804$	0,0009	0,938
Impressão global	$y = -0,111x^2 + 0,264x + 7,179$	0,0452	0,674
Intenção de compra	$y = -0,085x + 3,941$	0,0295	0,679

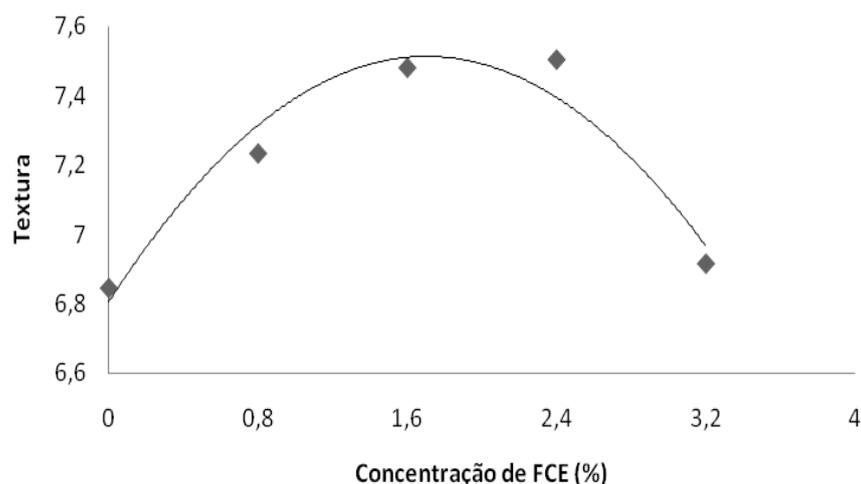
Os escores do atributo sabor variaram entre 6,53 e 7,47, entre gostei ligeiramente e gostei moderadamente, podendo-se observar uma diminuição com o aumento das concentrações de FCE, essa relação foi explicada pelo modelo quadrático (Figura 16).

Figura 16. Gráfico do modelo quadrático para os escores do atributo sabor dos hambúrgueres com FCE.



Os escores do atributo textura variaram entre 6,85 e 7,51, entre gostei ligeiramente e gostei moderadamente, podendo-se observar que houve um aumento da aceitação das formulações de hambúrgueres com adição de FCE até a porcentagem de 2,4%, como posterior declínio, conforme indicado pela variação quadrática dos escores (Figura 17).

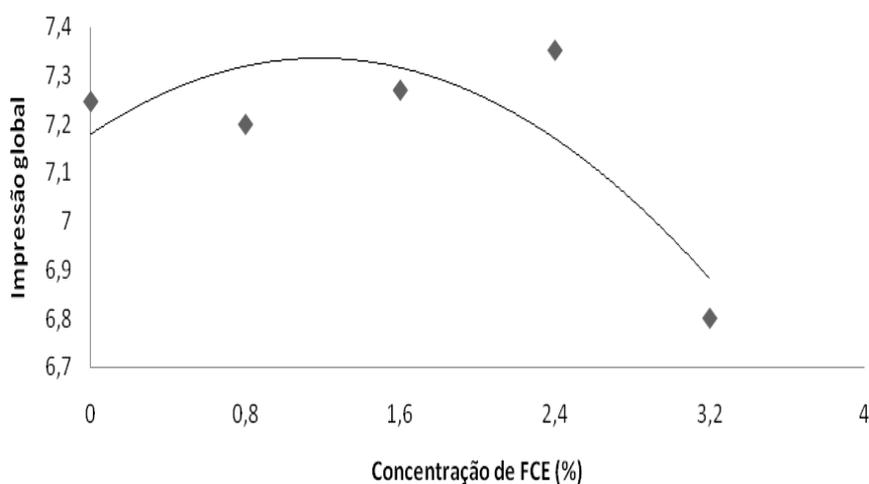
Figura 17. Gráfico do modelo quadrático para os escores do atributo textura dos hambúrgueres com FCE.



Este resultado sensorial pode ser explicado para este grupo de provadores devido à diminuição dos parâmetros dureza e coesividade TPA.

Os escores do atributo impressão global variaram entre 6,80 e 7,35, entre gostei ligeiramente e gostei moderadamente, podendo-se observar uma diminuição com o aumento das concentrações de FCE, essa relação foi explicada pelo modelo quadrático (Figura 18).

Figura 18. Gráfico do modelo quadrático para os escores do atributo impressão global dos hambúrgueres com FCE.

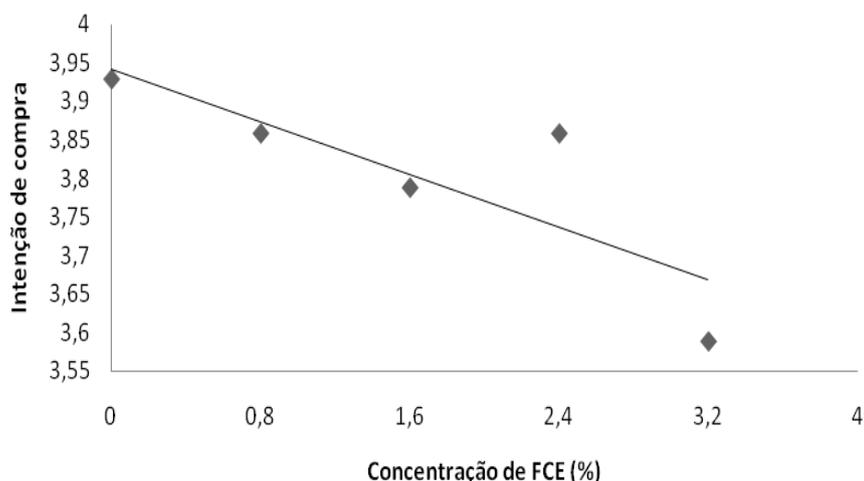


Os escores do atributo cor variaram de 7,00 a 7,25, sendo não significativo o ajuste dos parâmetros e de modelo ($p > 0,05$), estes resultados estão de acordo com a

análise instrumental, na qual só foi possível observar diferença no parâmetro teor de amarelo, o que não foi percebida pelos provadores.

Os escores da intenção de compra variaram entre 3,59 e 3,93, indicando que os provadores talvez comprassem ou não comprassem o produto, podendo-se observar que os escores diminuíram à medida que as concentrações da farinha de *eryngii* foram aumentando, essa relação foi explicada pelo modelo linear (Figura 19).

Figura 19. Gráfico do modelo linear para os escores da intenção de compra dos hambúrgueres com FCE.



A partir dos resultados obtidos, pode-se observar que a formulação de hambúrguer com adição de 2,4% de farinha de cogumelo *eryngii* apresentou escores superiores as demais formulações, podendo indicar que esta apresenta melhor aceitação e intenção de compra pelos provadores.

5.5. Atividade Antioxidante

5.5.1. Teor de Compostos Fenólicos Totais

A média dos teores de compostos fenólicos totais encontrados para os extratos etanólicos das farinhas de cogumelos foram de 206,90 mg de equivalente de ácido gálico (EAG)/ 100 g extrato (Tabela 14).

Podem ser encontradas variações nos teores de compostos fenólicos em cogumelos da mesma espécie, visto que a sua composição é influenciada por

diferentes fatores, como o clima e localização, tempo de colheita, bem como processamento e condições de armazenamento, extração e métodos analíticos.

Tabela 13. Teor de compostos fenólicos totais em extratos etanólicos da farinha de cogumelo (FCE).

Extrato etanólico	mg EAG / 100 g ext
FCE	206,90±5,97

Médias e estimativa de desvio padrão das análises de três diferentes lotes.

Vários estudos demonstram uma estreita relação entre a atividade antioxidante e os teores de compostos fenólicos (PAN et al., 2008). Os extratos de cogumelos apresentam elevados níveis de compostos fenólicos, com um ou mais anéis aromáticos e com um ou mais grupos hidroxila, podendo exibir propriedades de eliminação de radicais livres, como doadores de radicais hidrogênio ou agentes doadores de elétrons e propriedades quelantes de íons metálicos (MISHRA et al., 2013).

O teor de compostos fenólicos totais em extratos etanólicos de hambúrgueres crus e cozidos apresentaram ajustes de equação linear ($p \leq 0,05$), tanto para os modelos quanto para os parâmetros. Os valores médios do teor de compostos fenólicos totais encontram-se apresentados no Anexo 2. Já os modelos matemáticos ajustados encontram-se na Tabela 15.

Tabela 14. Modelos matemáticos ajustados para representação da variação dos teores de compostos fenólicos totais em extratos etanólicos de hambúrgueres crus e cozidos com diferentes concentrações de farinha de cogumelo eryngii.

Compostos fenólicos totais	Modelo	Probabilidade	R²
Hambúguer cru	$y = 16,31x + 34,37$	<0,0001	0,819
Hambúguer cozido	$y = 14,43x + 21,58$	<0,0001	0,864

Para os extratos das formulações de hambúrgueres crus os teores de compostos fenólicos totais variaram de 61,04 a 82,68 mg EAG/ 100 g extrato, e para os extratos de hambúrgueres cozidos variaram de 41,85 a 62,78 mg EAG/ 100 g extrato, podendo-se observar um aumento do teor de compostos fenólicos com o aumento das concentrações da farinha de cogumelo (Figura 20 e 21).

Figura 20. Gráfico do modelo linear dos teores de compostos fenólicos totais em extratos etanólicos de hambúrgueres crus com FCE.

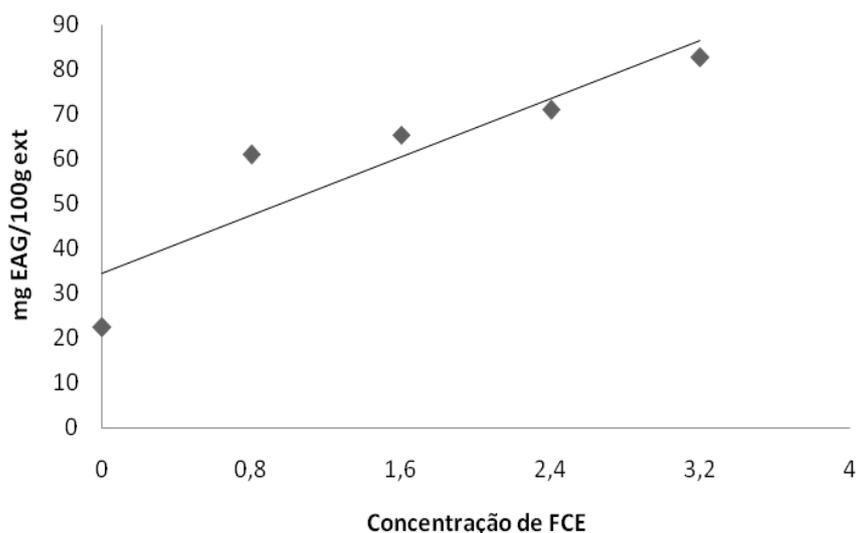
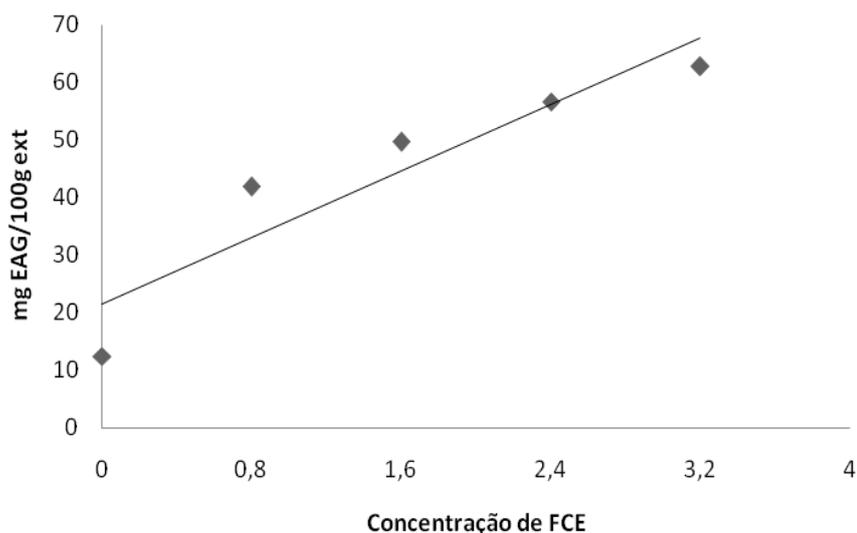


Figura 21. Gráfico do modelo linear dos teores de compostos fenólicos totais em extratos etanólicos de hambúrgueres com FCE cozidos.



A partir dos resultados obtidos pode-se observar um maior teor de compostos fenólicos nos hambúrgueres crus em relação aos cozidos. No entanto, pode-se considerar que os compostos presentes na farinha de cogumelo são estáveis ao calor.

5.5.2. Atividade antioxidante pelo método do sequestro de radicais livres DPPH

Os resultados das atividades antioxidantes dos extratos etanólicos das farinhas de cogumelo *P. eryngii* pelo método DPPH estão apresentados na Tabela 16. Os resultados são expressos pelos valores de IC₅₀, que equivalem à quantidade de extrato necessária para reduzir a concentração inicial de DPPH em 50%, e pelos índices de atividade antioxidante (IAA) proposto por SCHERER & GODOY (2009).

Tabela 15. Resultados da atividade antioxidante pelo método DPPH encontrado para os extratos etanólicos das farinhas de cogumelo eryngii.

Amostra	DPPH	
	IC ₅₀ (µg.mL ⁻¹)	IAA
Farinha de Cogumelo Eryngii	15,2	7,89

A partir dos resultados obtidos de IC₅₀ pode-se verificar que os extratos etanólicos de FCE exibiram elevada atividade de seqüestro de radicais livres DPPH, apresentando o valor de IC₅₀ de 15,2 µg.mL⁻¹.

De acordo com SCHERER & GODOY (2009), existe uma dificuldade para comparar o potencial antioxidante entre extratos, devido às diferentes maneiras como os resultados são apresentados. Deste modo, o índice de atividade antioxidante (IAA) proposto pelos referidos autores, busca facilitar a comparação da força antioxidante de diferentes extratos.

Assim, ao avaliar o resultado pelo índice de atividade antioxidante (IAA), pode-se observar que os extratos de FCE apresentaram valores superiores a 2,0 e, que de acordo com a classificação proposta por SCHERER & GODOY (2009), estes valores indicam uma atividade antioxidante muito forte para estes extratos.

Os resultados da avaliação quantitativa da atividade antioxidante dos extratos obtidos de hambúrgueres crus e cozidos, pelo método do sequestro de radicais livres DPPH estão apresentados na Tabela 17 e 18, respectivamente.

Tabela 16. Resultados da atividade antioxidante pelo método DPPH encontrado para os extratos etanólicos dos hambúrgueres crus com diferentes concentrações de FCE.

% Farinha de Cogumelo <i>Eryngii</i>	DPPH	
	IC ₅₀ (µg.mL ⁻¹)	IAA
0	146	0,82
0,8	65	1,84
1,6	53	2,26
2,4	44	2,72
3,2	36	3,33

Tabela 17. Resultados da atividade antioxidante pelo método DPPH encontrado para os extratos etanólicos dos hambúrgueres cozidos com diferentes concentrações de FCE.

% Farinha de Cogumelo <i>Eryngii</i>	DPPH	
	IC ₅₀ (µg.mL ⁻¹)	IAA
0	184	0,65
0,8	82	1,46
1,6	61	1,97
2,4	54	2,5
3,2	39	3,07

Entre as amostras analisadas, as formulações com maior concentração de FCE apresentaram maior atividade antioxidante, nos hambúrgueres crus e cozidos, com um valor de IC₅₀ igual a 36 e 39 µg.mL⁻¹, respectivamente. Verificando-se que os hambúrgueres com diferentes concentrações da farinha de cogumelo são capazes de manter a sua atividade antioxidante após o cozimento, podendo concluir sobre a manutenção da funcionalidade do antioxidante adicionado, tanto do ponto de vista do poder de conservação, quanto da ingestão do antioxidante como um possível adjuvante na manutenção da saúde humana.

Avaliando os resultados pelo índice de atividade antioxidante (IAA), pode-se observar que os extratos com 2,4 e 3,2% de farinha de cogumelo, tanto para os hambúrgueres crus como cozidos, apresentaram valores superiores a 2,0, indicando uma atividade antioxidante muito forte para estes extratos.

Os resultados encontrados nesse estudo indicam o alto potencial antioxidante dos extratos obtidos dos hambúrgueres com diferentes concentrações de farinha de cogumelo *eryngii*. Demonstrando assim, que o *P. eryngii* apresenta grande potencial

para aplicação como antioxidante natural, sendo um potencial substituto dos antioxidantes sintéticos ou fazer associação entre eles, visando, assim, diminuir a quantidade dos antioxidantes sintéticos nos alimentos.

5.5.3. Substâncias reativas ao Ácido Tiobarbitúrico (TBARS)

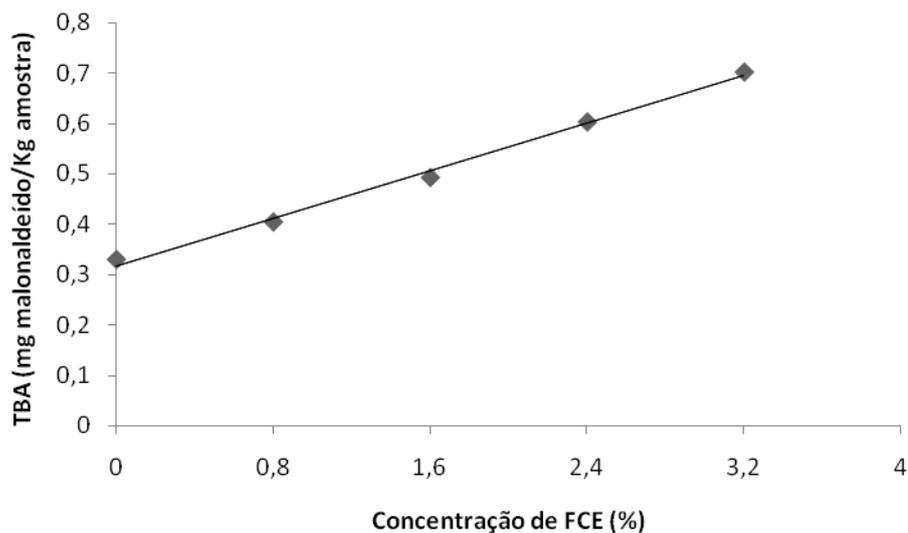
Os valores de TBARS apresentaram ajuste de equação linear ($p \leq 0,05$). Os valores médios obtidos encontram-se apresentados no Anexo 2. Já o modelo matemático ajustado encontra-se na Tabela 13.

Tabela 18. Modelo matemático ajustado para representação da variação dos valores de TBARS em formulações de hambúrgueres com diferentes concentrações de farinha de cogumelo *eryngii*.

Parâmetro	Modelo	Probabilidade	R2
TBARS	$y = 0,118x + 0,317$	$<0,0001$	0,995

Os valores de TBARS nas formulações de hambúrgueres estudadas variaram de 0,32 a 0,70 mg de malonaldeído/kg amostra. A incorporação da farinha de cogumelo resultou em um aumento do índice de TBARS, sendo essa relação explicada pelo modelo linear ($p \leq 0,05$) (Figura 22).

Figura 22. Gráfico do modelo linear dos valores de TBA para os hambúrgueres com FCE.



Este efeito de aumento do índice de TBARS significa aumento na oxidação de material graxo nas formulações de hambúrguer com o acréscimo de farinha de cogumelo. Tal efeito pode ser explicado devido ao fato do TBA ser capaz de reagir com vários compostos carbonílicos produtos da oxidação, o que pode ter gerado uma superestimação do conteúdo de malonaldeído (JUNG et al., 2016).

De acordo com Olivo e Shimokomaki (2001) produtos com índice de TBA inferiores a 1 mg malonaldeído/kg amostra geralmente não apresentam sabores e odores residuais de ranço, característico da oxidação lipídica. Torres e Okani (1997), relatam que valores de TBA inferiores a 1,59 mg malonaldeído/ kg de amostra são considerados baixos, não sendo prejudiciais a saúde do consumidor, sendo que valores acima deste provocam a formação de moléculas tóxicas, causando a degradação do ácido graxo insaturado em produtos secundários e alterando as características sensoriais dos alimentos.

Assim, de acordo com esses parâmetros, os valores de TBARS obtidos nesse estudo indicam que o grau de oxidação das amostras não seria perceptível sensorialmente pelos provadores. No entanto, faz-se necessária a realização da análise sensorial para avaliar corretamente a rancidez dos hambúrgueres, a fim de correlacionar as informações obtidas com as notas dos provadores.

6. Conclusão

A partir dos resultados encontrados no presente estudo, pode-se considerar que a farinha obtida a partir do cogumelo *eryngii* pode ser considerada como uma alternativa viável no enriquecimento e desenvolvimento de novos produtos alimentícios, visto que esta apresenta elevado teor protéico e baixo teor lipídico.

Em termos tecnológicos, a adição de diferentes concentrações de farinha de cogumelo nos hambúrgueres possibilitou aumento do rendimento e provocou diminuição nas perdas durante a cocção, além da redução da dureza, coesividade e do teor de colesterol do produto, características desejáveis ao consumidor e a indústria.

Por meio da análise sensorial observou-se que os hambúrgueres apresentaram boa aceitação, evidenciando a viabilidade do produto.

Além disso, a farinha de cogumelo apresenta grande viabilidade tecnológica para aplicação como antioxidante natural. Estas apresentam presença significativa de compostos fenólicos, e possuem capacidade antioxidante expressiva através do ensaio DPPH, sendo essencial tanto do ponto de vista do poder contribuir para a conservação das formulações, quanto da ingestão do antioxidante como um possível adjuvante na manutenção da saúde humana.

Portanto, as características encontradas nas formulações adicionadas com diferentes concentrações de farinha de cogumelo demonstram que este produto pode ser considerado um alimento promissor, possuindo propriedades tecnológicas e funcionais importantes.

7. Referências bibliográficas

ADEBAYO-OYETORO, A.; OLATIDOYE, O.; OGUNDIPE, O.; BALOGUN, I.; ARO, F. **Quality characteristics of cookies produced from composite flours of wheat and mushrooms.** J. Science Multidiscip. Res., v.2, p. 25-31, 2010.

AIDA, F. M. N. A.; SHUHAIMI, M.; YAZID, M.; MAARUF, A. G. **Mushroom as a potential source of prebiotics: a review.** Trends Food Science Technol., v. 20, p. 567-575, 2009.

AKPAJA, E. O.; ISIKHUEMHEN, O. S.; OKHUOYA, J. A. **Ethnomycology and usage of edible and medicinal mushrooms among the Igbo people of Nigeria.** International Journal of Medicinal Mushrooms, v. 5, p. 313-319, 2009.

ANGELO, P. M.; JORGE, N. **Compostos fenólicos em alimentos – uma revisão.** Revista do Instituto Adolfo Lutz, v. 66, p. 1-9, 2007.

ARMSTRONG, J. S.; MORWITZ, V. G.; KUMAR, V. **Sales forecasts for existing consumer products and services: do purchase intentions contribute to accuracy?** International Journal of Forecasting, v.16, p. 383–397, 2000.

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

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

BAPTISTA, R.; LINHARES, M. **Higiene e Segurança Alimentar na Restauração.** Volume II. Avançado. Forvisão: 1ª. Ed. 2005.

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.

BEULAH, H.; MARGRET, A. A.; NELSON, J. **Marvelous medicinal mushrooms.** Pharma Bio Science, v. 3, p. 611–615, 2013.

BHATTACHARYA, M.; SRIVASTAV, P. P.; MISHRA, H. N. **Optimization of process variables for supercritical fluid extraction of ergothioneine and polyphenols from Pleurotus ostreatus and correlation to free-radical scavenging activity.** The Journal of Supercritical Fluids, v.95, p. 51-59, 2014.

BORBA, C. M.; OLIVEIRA, V. R.; MONTENEGRO, K. R.; HERTZ, P. F.; VENZKE, J. G. **Avaliação físico-química de hambúrguer de carne bovina e de frango submetidos a diferentes processamentos térmicos.** Alimentos e Nutrição - Brazilian Journal of Food and Nutrition, v. 24, n. 1, p. 21-27, 2013.

BRAND-WILIAMS, W.; CUVELIER, M.E.; BERSET, C. **Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity.** Food Science and Technology, v.28, p.25-30. 1995.

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

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução n. 272, de 22 de setembro de 2005. Aprova o "Regulamento técnico para produtos de vegetais, produtos de frutas e cogumelos comestíveis". **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 22 set. 2005.

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. **Regulamento técnico de identidade e qualidade de hambúrguer. Instrução Normativa nº 20, de 31/07/2000.** Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, 31/07/2000, p. 7-9

BRASIL. Ministério da Agricultura e do Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária/ Órgão: DIPOA – Departamento de Inspeção de Produtos de Origem

Animal. **Regulamento técnico de identidade e qualidade de hambúrguer, anexo IV.** Diário Oficial da União, Brasília, 3 de agosto de 2000.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria n. 354, de 18 de Julho de 1996. **Norma técnica referente a farinha de trigo.** Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 22 jul. 1996, Seção 1, p. 13557-13558.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 1004, de 11 de dezembro de 1998. **Regulamento Técnico: Atribuição de Função de Aditivos, Aditivos e seus Limites Máximos de uso para a Categoria 8- Carne e Produtos Cárneos.** Diário Oficial da União, Brasília, DF, 11 dez. 1998.

BREENE, W. M. **Nutritional and medicinal value of specialty mushrooms.** Journal Food Prot, 53(10): 883-94, 1990.

CALEJA, C.; BARROS, L.; ANTONIO, A.L.; OLIVEIRA, M. B. P. P.; FERREIRA, I. C. F. R. **A comparative study between natural and synthetic antioxidants: Evaluation of their performance after incorporation into biscuits.** Food Chemistry, v. 216, p. 342-346, 2017.

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

CHANG, S.-T. **Overview of mushroom cultivation and utilization as functional foods.** Mushrooms as functional foods, p. 1-33, 2008.

CHEN, J. J., MAO, D., YONG, Y. Y., LI, J. L., WEI, H., & LU, L. **Hepatoprotective and hypolipidemic effects of water-soluble polysaccharidic extract of *Pleurotus eryngii*.** Food Chemistry, v. 130, p. 687–694, 2012.

CHEN, J.; YONG, Y.; XING, M.; GU, Y.; ZHANG, Z.; ZHANG, S.; LU, L. **Characterization of polysaccharides with marked inhibitory effect on lipid accumulation in *Pleurotus eryngii***. *Carbohydrate Polymers*, v. 97, p. 604–613, 2013.

DEMIATE, M.I; SHIBATA, R.K.C. **Cultivo e análise da composição química do cogumelo do sol (*Agaricus blazei* Murril)**. *Publ. UEPG Ci. Biol. Saúde*, Ponta Grossa, v. 9, n. 2, p. 21-32, jun. 2003.

DUBOST, N. J.; OU, B. X.; BEELMAN, R. B. **Quantification of polyphenols and ergothioneine in cultivated mushrooms and correlation to total antioxidant capacity**. *Food Chemistry*, v. 105, p. 727–735, 2007.

DUTCOSKY, S. D. **Análise sensorial de alimentos**. Curitiba: Champagnat, 2011.

EJELONU, O. C., AKINMOLADUN, A. C., ELEKOFEHINTI, O. O., & OLALEYE, M. T. **Antioxidant profile of four selected wild edible mushrooms in Nigeria**. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, v. 5, p. 286-295, 2013.

ENSER, M. **The role of fats in human nutrition**. Surrey: Leatherhead Publishing, 2001.

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.

FERREIRA, V. L. P.; ALMEIDA, T. C. A.; PETTINELLI, M. L. C. V.; DA SILVA, M. A. A. P.; CHAVES, J. B. P.; BARBOSA, E. M. B. **Testes afetivos**. In: **Análise Sensorial Testes Discriminativos e Afetivos**. Campinas: Profíqua, 1ª ed., p. 54-71, 2000.

FURLANI, R. P. Z. **Valor nutricional de cogumelos cultivados no Brasil**. 2004. 99 f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2004.

GOMES-CORREA, R. C.; BRUGNARI, T.; BRATCH, 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 finding.** Trends Food Science Technological, v. 50, p. 103–117, 2016

HE, N. W., YANG, X. B., JIAO, Y. D., TIAN, L. D., & ZHAO, Y. **Characterization of antioxidant and antiproliferative acidic polysaccharides from Chinese wolfberry fruits.** Food Chemistry, v. 133, p. 978–989, 2012.

HE, P.; LI, F.; HUANG, L.; XUE, D.; LIU, W.; XU, C. **Chemical characterization and antioxidant activity of polysaccharide extract from spent mushroom substrate of *Pleurotus eryngii*.** Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers, v. 69, p. 48–53, 2016.

HONIKEL, K. O. Influence of chilling on meat quality attributes of fast glycolysing pork muscles. In: TARRANT, P. V.; EIKELENBOOM, G.; MONIN, G. (Eds.). **Evaluation and control of meat quality in pigs.** Dordrecht: Martinus Nijhoff, p. 273-283, 1987.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. v. 1: **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**, 3. ed. São Paulo: IMESP, 1985.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. v. 1: **Métodos químicos e físicos para análise de alimentos**, 4. ed. São Paulo, p. 70 – 71, 2004.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz: métodos químicos e físicos para análises de alimentos.** 1. ed. Digital. São Paulo: IAL, 2008.

ISLAM, T.; YU, X.; XU, B. **Phenolic profiles, antioxidant capacities and metal chelating ability of edible mushrooms commonly consumed in China.** LWT – Food Science Technological, v. 72, p. 423-431, 2016.

ISO - International Standard Organization. **Determination of substances characteristic of green and black tea.** ISO 14502-1:2005 (E). Geneva: ISO Copyright, 2005.

JEONG, Y.-T.; JEONG, S.-C.; GU, Y.-A.; ISLAM, R.; SONG, C.-H. **Antitumor and immunomodulating activities of endo-biopolymers obtained from a submerged culture of *Pleurotus eryngii*.** Food Science and Biotechnology, v. 19, p. 399–404, 2010.

JÚNIOR, C. O. S.; RIZZATTI, R.; BRUNGERA, A.; SCHIAVINI, T. J.; CAMPOS, E. F. M.; NETO, J. F. S.; RODRIGUES, L. B.; DICKEL, E. L.; SANTOS, L. R. **Desenvolvimento de hambúrguer de carne de ovinos de descarte enriquecido com farinha de aveia.** Ciência Animal Brasileira, v. 10, n. 4, p. 1128-1134, out./dez. 2009.

KANG, H.; SEO, K.; CHO, Y.; YEE, S.; KIM, J.; MOON, K.; LEE, S. **Effect of the crude polysaccharide of *Pleurotus eryngii* on the activation of immune cells.** Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition, v. 33, p. 1092–1097, 2004.

KAVISHREE, J.; HEMAVATHY, B. R.; LOKESH, M. N.; SHASHIREKHA, S. R. **Fat and fatty acids of Indian edible mushrooms.** Food Chemistry, v. 106, p. 597–602, 2008.

KIM, J., MOON, K., KANG, H., PARK, K., SEO, K., LEE, S., CHO, S., WEE, J., KYUNG, J., & SONG, Y. **Antioxidative and antitumor activities of crude polysaccharide fraction from *Pleurotus eryngii*.** Journal of the Korean Society of Food Science and Nutrition, v. 33, p. 1589–1593, 2004.

KIM, Y. J.; JUNG, I. K.; KWAK, E. J. **Quality characteristics and antioxidant activities of cookies added with *Pleurotus eryngii* powder.** Korean J. Food Science Technol., v. 42, p. 183-189, 2010.

KISHIDA, E.; KAMURA, A.; TOKUMARU, S.; ORIBE, M.; IGUCHI, H.; KOJO, S. Re-evaluation of malondialdehyde and thiobarbituric acid-reactive substances as indexes of autoxidation based on oxygen consumption. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 42, p. 1-4, 1993.

LIN, J.-T.; LIU, C.-W.; CHEN, Y.-C.; HU, C.-C.; JUANG, L.-D.; SHIESH, C.-C.; YANG, D.-J. **Chemical composition, antioxidant and anti-inflammatory properties for ethanolic extracts of *Pleurotus eryngii* fruit bodies harvested at different times.**

LWT – Food Science Technological, v. 55, p. 374-382, 2014.

LIU, L.-Y.; LI, Z.-H.; LIU, J.-K. **A new menthane-type monoterpene from *Pleurotus eryngii*.** Chinese Journal of Natural Medicines, v. 11, p. 71–73, 2013.

LIU, Q.; TIAN, G. T.; YAN, H.; GENG, X. R.; CAO, Q. P.; WANG, H. X. **Characterization of polysaccharides with antioxidant and hepatoprotective activities from the wild edible mushroom *Russula vinosa* Lindblad.** Journal of Agricultural and Food Chemistry, v. 62, p. 8858-8866, 2014.

MA, G.; YANG, W.; MARIGA, A. M.; FANG, Y.; MA, N.; PEI, F.; HU, Q. **Purification, characterization and antitumor activity of polysaccharides from *Pleurotus eryngii* residue.** Carbohydrate Polymers, v. 114, p. 297–305, 2014.

MEILGAARD, M. R.; CIVILLE, G. V.; CARR, B. T. **Sensory evaluation techniques.** 4^a ed. Boca Raton, FL: CRC Press, p. 448, 2007.

MINIM, V. P. R. **Análise sensorial – Estudo com consumidores.** 2. ed. Viçosa: Ed. UFV, 2010.

MISHRA, K. K.; PAL, R. S.; ARUNKUMAR, R.; CHANDRASHEKARA, C.; JAIN, S. K.; BHATT, J. C. **Antioxidant properties of different edible mushroom species and increased bioconversion efficiency of *Pleurotus eryngii* using locally available casing materials.** Food Chemistry, v. 138, p. 1557–1563, 2013.

MOONMOON, M.; UDDIN, N.; AHMED, S.; SHELLY, N. J.; KHAN, A. **Cultivation of different strains of king oyster mushroom (*Pleurotus eryngii*) on saw dust and rice straw in Bangladesh.** Saudi Journal of Biological Sciences, v. 17, p. 341–345, 2010.

MOREIRA, F. B.; SOUZA, N. E.; MATSUSHITA, M.; PRADO, I. N.; NASCIMENTO, W. G. **Evaluation of carcass characteristics and meat chemical composition of *Bos indicus* and *Bos indicus* x *Bos taurus* crossbred steers finished in pasture systems.** Brazilian Archives of Biology and Technology, Curitiba, v. 46, n. 4, p. 609-616, 2003.

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

OLIVEIRA, D. F.; COELHO, A. R.; BURGARDT, V. C. F.; HASHIMOTO, E. H.; LUNKES, A. M. **Alternativas para um produto cárneos mais saudável: uma revisão.** Brazilian Journal of Food Technology, v. 16, p. 163-174, 2013.

ORDÓÑEZ, J. A. (Org.). **Tecnologia de alimentos.** Tradução de Fátima Murad. Porto Alegre: Artimed, v. 2. 2005.

PALACIOS, I.; LOZANO, M.; MORO, C.; ARRIGO, M. D.; ROSTAGNO, M. A.; MARTINEZ, J. A. **Antioxidant properties of phenolic compounds occurring in edible mushrooms.** Food Chemistry, v. 128, p. 674–678, 2011.

PARDI, M. C.; SANTOS, I. F.; SOUZA DE, E. R.; PARDI, H. **Ciência, Higiene e Tecnologia da Carne.** Goiânia: Ed. da UFG, v. 2, 1996.

PARDI, M. C.; SANTOS, I. F.; SOUZA, E. R.; PARDI, H. S. **Ciência, higiene e tecnologia da carne: Riscos microbiológicos da carne**. Goiânia: UFG, v.1, p.294-308, 1996.

PARDI, M.C.; SANTOS, I.F.; SOUZA, E.R.; PARDI, H.S. **Ciência, higiene e tecnologia da carne: Tecnologia da sua Obteção e Transformação**. Goiânia: UFG, v.1, 2001.

PELAES, A. C. V.; GOTO, A. P.; HANAI, L. N.; GOMES-DA-COSTA, S. M.; FILHO, B. A. A.; NAKAMURA, C. V.; MATUMOTO-PINTRO, P. T. **Microbiological: functional and rheological properties of low fat yogurt supplemented with *Pleurotus ostreatus* aqueous extract**. LWT-Food Science Technol., v. 64, p. 1028-1035, 2015.

PFLANZER, S. B.; CRUZ, A. G.; HATANAKA, C. L.; MAMEDE, P. L.; CADENA, R.; FARIA, J. A. F.; SILVA, M. A. A. S. **Perfil sensorial e aceitação de bebida láctea achocolatada**. Ciênc. Tecnol. Aliment. v.30, n.2, p.391-398, 2010.

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 Technological, v. 62, p. 62-68, 2015.

OSAWA, C. C.; FELICIO, P. E.; GONCALVES, L. AP. G. **Teste de TBA aplicado a carnes e derivados: métodos tradicionais, modificados e alternativos**. Química Nova, v. 28, p. 655-663, 2005.

RAHARJO, S.; SOFOS, J.N.; SCHIMIDT, G. R. **Improved speed, specificity, and limit of determination of an aqueous acid extraction thiobarbituric acid-C18 method for measuring lipid peroxidation in beef**. Journal of Agricultural Food Chemistry, v. 40, p. 2182-2185, 1992.

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

REN, D.; WANG, N.; GUO, J.; YUAN, L.; YANG, X. **Chemical characterization of *Pleurotus eryngii* polysaccharide and its tumor-inhibitory effects against human hepatoblastoma HepG-2 cells.** *Carbohydrate Polymers*, v. 138, p. 123–133, 2016.

SEABRA, L. M.; ZAPATA, J. F. F.; NOGUEIRA, C. M.; DANTAS, M. A.; ALMEIDA, R. B. **Fécula de mandioca e farinha de aveia como substituinte de gordura na formulação de hambúrguer de carne ovina.** *Ciênc Tecnol Alimentos*; v. 22, p. 245-248, 2002.

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

SHAHIDI, F.; ZHONG, Y. **Novel antioxidants in food preservation and health promotion.** *European Journal of Lipid Science and Technology*, 112 (2010), pp. 930-940

SI, W.; CHEN, Y. P.; ZHANG, J.; CHEN, Z.-Y.; CHUNG, H. Y. **Antioxidant activities of ginger extract and its constituents in relation to lipids.** *Food Chemistry*, 2017.

SOARES, A. G.; FREIRE-JÚNIOR, R. S. **Curso de higiene e sanificação na indústria de alimentos.** Rio de Janeiro, Embrapa, CTAA. p. 97, 1992.

SPENCER, E. H.; FRANK, E.; MCINTOSH, N. F. **Potential effects of the next 100 billion hamburgers sold by McDonald's.** *Am. J. Prev. Med.*, v. 28, p. 379-381, 2005.

TERRA, N. N. **Apontamentos Sobre Tecnologia de Carnes.** São Leopoldo: Editora UNISINOS, p. 218, 1998.

TOBIN, B. D.; O'SULLIVAN, M. G.; HAMILL, R. M.; KERRY, J. P. **The impact of salt and fat level variation on the physiochemical properties and sensory quality of pork breakfast sausages.** *Meat Science*, v. 93, p. 145–152, 2013.

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.

TURNER, T. D.; AALHUS, J. L.; MAPIYE, C.; ROLLAND, D. C.; LARSEN, I. L.; BASARAB, J. A.; BARON, V. S. MCALLISTER, T. A.; BLOCK, H. C. **Effects of diets supplemented with sunflower or flax seeds on quality and fatty acid profile of hamburgers made with perirenal or subcutaneous fat.** *Meat Science*, v. 99, p. 123-131, 2015.

WONG, J. Y.; CHYE, F. Y. **Antioxidant properties of selected tropical wild edible mushrooms.** *Journal of Food Composition and Analysis*, v. 22, p. 269-277, 2009.

YANG, D.; LIANG, J.; WANG, Y.; SUN, F.; TAO, H.; XU, Q.; ZHANG, L.; ZHANG, Z.; HO, C.-T.; WAN, X. **Tea waste: an effective and economic substrate for oyster mushroom cultivation.** *J. Sci. Food Agric.*, v. 96, p. 680–684, 2016.

YANG, J.-H.; LIN, H.-C.; MAU, J.-L. **Antioxidant properties of various commercial mushrooms.** *Food Chemistry*, v. 77, p. 229-235, 2002.

ZHANG, Y.; GENG, W.; SHEN, Y.; WANG, Y.; DAI, Y.-C. **Edible Mushroom Cultivation for Food Security and Rural Development in China: Bio-Innovation, Technological Dissemination and Marketing.** *Sustainability*, Switzerland, v. 6, p. 2961-2973, 2014.

ZOU, Z.; XI, W.; HU, Y.; NIE, C.; ZHOU, Z. **Antioxidant activity of *Citrus* fruits.** *Food Chemistry*, v. 196, p. 885-896, 2016.

8. Anexos

Anexo 1

Nome: _____ Sexo: M () F ()

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:

Amostra	Sabor	Cor	Textura	Impressão Global

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

Avalie a amostra com relação à intenção de compra:

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

Amostra	Intenção de compra

comprasse

Comentários: _____

Anexo 2

Valores médios da composição centesimal dos hambúrgueres formulados com diferentes concentrações de farinha de cogumelo eryngii.

Composição	% Farinha de Cogumelo Eryngii				
	0	0,8	1,6	2,4	3,2
Teor de água	73,45±0,48	72,79±0,34	72,04±0,95	71,78±0,78	70,62±0,79
Cinzas	2,29±0,05	2,32±0,09	2,41±0,03	2,48±0,08	2,49±0,09
Proteínas	20,01±3,14	18,68±0,93	17,82±1,91	17,72±2,06	19,13±2,11
Lipídios	1,89±0,06	1,90±0,09	1,91±0,07	1,93±0,01	1,97±0,06

Valores expressos em média (%) ± desvio-padrão.

Valores médios da caracterização físico-química dos hambúrgueres formulados com diferentes concentrações de farinha de cogumelo eryngii.

Parâmetros físico-químicos	% Farinha de Cogumelo Eryngii				
	0	0,8	1,6	2,4	3,2
Aw	0,987±0,006	0,986±0,002	0,983±0,002	0,981±0,001	0,980±0,003
pH	5,39±0,12	5,53±0,14	5,49±0,31	5,61±0,24	5,67±0,27
CRA	57,44±8,49	54,96±5,48	56,04±7,55	56,41±3,77	56,33±3,76
PPC	33,03±2,77	26,51±4,32	21,71±5,31	19,06±2,49	15,38±3,76
RC	66,02±3,18	72,76±4,72	77,91±4,59	80,39±2,48	84,56±4,06
PE	21,51±1,18	17,5±3,92	14,82±1,54	15,79±1,58	12,71±1,35

Valores expressos em média (%) ± desvio-padrão. Aw: Atividade de água; CRA: Capacidade de Retenção de Água; PPC: Perda de peso por cocção; RC: Rendimento de Cocção; PE: Porcentagem de Encolhimento.

Cor dos hambúrgueres formulados com diferentes concentrações de farinha de cogumelo na escala da *Commision Internationale L'Eclairage* - CIE - L*a*b*.

Cor	% Farinha de Cogumelo Eryngii				
	0%	0,8%	1,6%	2,4%	3,2%
L*	38,45±2,63	38,03±2,97	39,45±0,44	39,59±2,45	40,04±2,62
a*	9,08±0,60	9,68±0,87	8,85±0,66	9,54±2,07	9,14±0,89
b*	10,89±0,61	10,87±0,66	11,51±0,22	12,09±0,93	12,28±0,59

Valores expressos em média (%) ± desvio-padrão. Cor: L* - luminosidade; a* - vermelho e b* - amarelo.

Valores médios e desvios-padrão de dureza, mastigabilidade e coesividade obtidas na análise instrumental do perfil de textura dos hambúrgueres.

	% Farinha de Cogumelo Eryngii				
	0%	0,8%	1,6%	2,4%	3,2%
Dureza (N)	119,83±6,58	117,56±21,86	92,52±3,22	98,9±18,44	97,9±15,99
Coesividade	0,7±0,01	0,69±0,01	0,65±0,02	0,64±0,04	0,62±0,01
Mastigabilidade (N)	70,47±5,81	68,53±15,52	48,17±0,64	52,73±14,66	49,43±9,32

Valores expressos em média (%) ± desvio-padrão de três repetições realizadas em quintuplicatas.

Valores médios e desvios-padrão dos teores de colesterol dos hambúrgueres formulados com diferentes concentrações de farinha de cogumelo.

	% Farinha de Cogumelo Eryngii				
	0%	0,8%	1,6%	2,4%	3,2%
Teor de colesterol (mg/100g)	38,88±4,15	36,34±1,01	35,85±2,50	35,1±0,63	33,97±3,34

Valores expressos em média ± desvio-padrão.

Médias dos escores da avaliação de aceitação das formulações de hambúrgueres adicionados com farinha de eryngii.

Atributos	% Farinha de Cogumelo Eryngii				
	0	0,8	1,6	2,4	3,2
Sabor	7,47	7,34	7,35	7,28	6,53
Cor	7,16	7,04	7,00	7,01	7,25
Textura	6,85	7,24	7,48	7,51	6,92
Impressão Global	7,25	7,20	7,27	7,35	6,80

Médias dos escores da intenção de compra das formulações de hambúrgueres adicionados com farinha de eryngii.

Atributo	% Farinha de Cogumelo Eryngii				
	0	0,8	1,6	2,4	3,2
Intenção de compra	3,93	3,86	3,79	3,86	3,59

Índice de TBA (Ácido 2-tiobarbitúrico) dos hambúrgueres formulados com diferentes concentrações de farinha de cogumelo.

TBARS	% Farinha de Cogumelo Eryngii				
	0%	0,8%	1,6%	2,4%	3,2%
TBA (mg malonaldeído/kg amostra)	0,32±0,03	0,40±0,02	0,49±0,06	0,60±0,05	0,70±0,05

Valores expressos em média (%) ± desvio-padrão.

Teor de compostos fenólicos totais em extratos etanólicos de hambúrgueres crus e cozidos.

Extrato	% Farinha de Cogumelo Eryngii				
	0	0,8	1,6	2,4	3,2
Hambúrguer Cru (mg EAG / 100 g ext)	22,38±4,86	61,04±11,07	65,35±11,4	70,96±8,56	82,68±11,56
Hambúrguer Cozido (mg EAG / 100 g ext)	12,44±2,48	41,85±5,45	49,66±6,13	56,63±6,22	62,78±7,61

Valores expressos em média ± desvio-padrão.