

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA  
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO *Stricto sensu*  
MESTRADO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE ALIMENTOS**

**FRANCISCA JUSSANDRA ALVES VIEIRA**

**DESENVOLVIMENTO DE EMBALAGEM BIODEGRADÁVEL ATIVA CONTENDO  
EXTRATO DE BAGAÇO DE MALTE E SUA APLICAÇÃO EM QUEIJO TIPO  
PRATO FATIADO**

**PONTA GROSSA**

**2022**

**FRANCISCA JUSSANDRA ALVES VIEIRA**

**DESENVOLVIMENTO DE EMBALAGEM BIODEGRADÁVEL ATIVA CONTENDO  
EXTRATO DE BAGAÇO DE MALTE E SUA APLICAÇÃO EM QUEIJO TIPO  
PRATO FATIADO**

Dissertação apresentada para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos, pelo Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Estadual de Ponta Grossa.

Orientadora: Profa. Dra. Juliana Bonametti Olivato.

**PONTA GROSSA**

**2022**

V658 Vieira, Francisca Jussandra Alves  
Desenvolvimento de embalagem biodegradável ativa contendo extrato de  
bagaço de malte e sua aplicação em queijo tipo prado fatiado / Francisca  
Jussandra Alves Vieira. Ponta Grossa, 2023.  
79 f.

Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos - Área de  
Concentração: Ciências e Tecnologia de Alimentos), Universidade Estadual de  
Ponta Grossa.

Orientador: Prof. Dr. Juliana Bonametti Olivato.

1. Subprodutos. 2. Extrato. 3. Filmes ativos. 4. Produtos lácteos. I. Olivato,  
Juliana Bonametti. II. Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ciências e  
Tecnologia de Alimentos. III.T.

CDD: 664.01

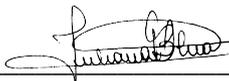
# TERMO DE APROVAÇÃO

**FRANCISCA JUSSANDRA ALVES VIEIRA**

**“Desenvolvimento de embalagem biodegradável ativa contendo extrato de bagaço de malte e sua aplicação em queijo tipo prato fatiado”.**

Dissertação aprovada como requisito para obtenção do grau de Mestre(a) no Curso de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade Estadual de Ponta Grossa, pela seguinte banca examinadora:

Orientador:



---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Juliana Bonametti Olivato - UEPG-PR - Presidente

Documento assinado digitalmente

gov.br

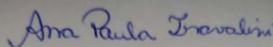
JULIANO ZANELA

Data: 25/11/2022 16:36:15-0300

Verifique em <https://verificador.iti.br>

---

Prof. Dr. Juliano Zanela - UTFPR-PR - Membro Titular Externo



---

Prof<sup>a</sup>. Dra. Ana Paula Travalini - SENAI-PR - Membro Titular Externo

Ponta Grossa, 25 de novembro de 2022.

## **AGRADECIMENTOS**

Em primeiro lugar, agradeço a Deus pela proteção e pelas oportunidades que me concedeu ao longo da vida.

Aos meus pais, Antônia Alves da Silva e João Vieira da Silva pela minha vida, pelo amor, por todo o apoio, incentivo e orações.

Aos meus irmãos, Francisca Jussara e Francisco Jucinery que mesmo longe se fizeram presente me apoiando nos momentos difíceis.

Aos colegas que conheci através do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos (UEPG), ao qual hoje posso chamá-los de amigos. Amanda Chezini pelo apoio e motivação de sempre, me dando forças e apoio necessário, Giovani Almeida Camargo pelo auxílio na realização dos experimentos, Elaine Macedo Stolle pela motivação, amizade, companheirismo e receptividade a minha chegada em Ponta Grossa, Natália Miranda do Nascimento pela paciência e ajuda nas vezes que precisei, Ana e Jordana Duarte pelas experiências compartilhadas durante a pesquisa.

Aos amigos (as), Cristiane Pinheiro de Sousa, a responsável pela indicação do mestrado. Valter Oliveira de Souto que se fez presente me apoiando mesmo não estando fisicamente perto. Karla Moraes Diniz pelas palavras incentivadoras e confiança e por me motivar todos os dias. Rerisson, amigo desde a graduação, por apoio e incentivo nos momentos de angústia e por me auxiliar com algumas sugestões de melhorias no trabalho.

A minha colega e amiga de laboratório, Flávia Rafaela Ludka, por todo o auxílio durante as análises, pelas histórias compartilhadas. Você foi uma peça fundamental para eu conduzir minha pesquisa. Obrigada por tudo por ser essa pessoa de bom coração que emana paz, quero levar para sempre em minha vida.

A Lídia Coutinho, pela força, inspiração e motivação dia após dia. Não tenho palavras para expressar a gratidão que sinto pela preocupação que demonstrou ter comigo, nesse momento tão desafiador da minha vida. Jamais esquecerei tudo que você fez por mim.

À minha orientadora, Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup>. Juliana Bonametti Olivato, por sua paciência e conhecimentos compartilhados, palavras incentivadoras e confiança.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos, da Universidade Estadual de Ponta Grossa, pelos ensinamentos.

As técnicas de laboratório, Denise Maria de Souza Mendes e Maria Aparecida Ribeiro da Luz, pela orientação dos equipamentos e auxílio nas análises.

Ao Complexo de Laboratórios Multiusuários C-LABMU e SEBISA, da Universidade Estadual de Ponta Grossa.

A mestre do laboratório de Fitoterapia, Tecnologia de Fitoterápicos e Química de Produtos Naturais Aline da Silva Justo Machado pelos ensinamentos aos experimentos realizados.

À Banca Examinadora pelas contribuições que muito têm ajudado na construção desta pesquisa.

A todos aqueles que me apoiaram diretamente, indiretamente, em cada dia, em cada etapa e acreditaram no meu potencial.

Minha eterna gratidão!

*“Voar não é só para quem tem asas,  
mas também para quem tem sonhos  
para realizar”*

## RESUMO

Novas tecnologias de embalagens de alimentos são desenvolvidas como uma alternativa para substituição aos polímeros sintéticos. O conceito de embalagem ativa biodegradável junto a utilização de polímeros naturais tem ganhado atenção nos últimos anos, visando proteger o meio ambiente e preservar a qualidade do produto prolongando seu tempo de vida útil. Desta forma, objetivou-se desenvolver e caracterizar uma embalagem biodegradável ativa para aplicação em queijo tipo prato fatiado, utilizando como biopolímero o amido de mandioca acrescido do extrato de bagaço de malte (BM) como antioxidante natural. Foram avaliados os extratos de BM quanto sua ação antioxidante pelos métodos ABTS<sup>•+</sup> e DPPH<sup>•</sup>, e teor de compostos fenólicos. Os filmes foram elaborados e caracterizados quanto à espessura, densidade, permeabilidade de vapor de água, morfologia, propriedades térmicas e mecânicas, e barreira. A escolha da formulação mais promissora quanto a essas propriedades foi feita com o objetivo de aplicá-la em queijo tipo prato fatiado. O potencial antioxidante dos extratos de BM evidenciado pelas análises de ABTS<sup>•+</sup> e DPPH<sup>•</sup>, demonstraram valores de 185,95 µg/mL e 447,07 µg/mL, respectivamente. Já o teor de compostos fenólicos totais foi de 263,23 ± 10,97 mg EAG/g. O filme F10BM, contendo maior concentração de BM, apresentou os melhores resultados em relação à solubilidade em água (54,1 ± 25,3 %). Esta amostra apresentou uma tendência de redução da permeabilidade ao vapor de água e o perfil de liberação de compostos fenólicos resultou em 97,6 ± 9,1 EAG/mL de fenólicos liberados. Ainda, a inclusão de BM em maior concentração (10 % m/m) não afetou a resistência a tração (5,73 ± 0,62 MPa) e o Módulo de Young (154,6 ± 31,16 MPa), sendo então esta a formulação escolhida para aplicação na embalagem de queijo tipo prato fatiado (F10BM). Os filmes a base de amido contendo extrato de BM aplicados nos queijos demonstraram perda de umidade, registrando umidade final de 12,57 ± 6,67 % para a amostra QFBM. Esta mesma amostra registrou aumento na acidez total titulável (0,96 ± 0,13 %) e redução no pH (5,79 ± 0,02 %), durante o período de vida útil dos queijos. Em relação à perda de massa dos queijos, percebeu-se que o filme com extrato de BM (QFBM) apresentou 20 % de perda de massa ao final do experimento, significativamente menor em comparação com o queijo não embalado (QSF) (40 % de perda de massa ao final do experimento). Deste modo, os resultados indicam uma aplicação potencial deste material como embalagem primária em alimentos, atuando como possível alternativa ao uso de embalagens sintéticas.

**Palavras-chave:** Subprodutos. Extrato. Filmes ativos. Produtos Lácteos.

## ABSTRACT

A sustainable alternative to reuse by-products from the brewing industry is biotransformation into plant extracts for application in active food packaging systems. Active packaging is an innovative concept, and the use of natural polymers has gained attention in recent years, this by presenting a concept of a new technology that aims to protect the environment and that it is a beneficial alternative of replacement to synthetic polymers. The objective of this study was to develop an active biodegradable packaging for application in sliced cheese, using cassava starch plus malt bagasse extract as a natural antioxidant as a biopolymer. The extracts were evaluated for the presence of antioxidants in the ABTS and DPPH method and phenolic compounds. The films were characterized in terms of thickness, density, vapor and water permeability, morphology, thermal properties and mechanical properties and barrier, and the most promising formulation for these properties is the one that will be applied in sliced cheese. The results showed that the F10BM film presented better results in relation to water solubility, water vapor permeability, mechanical properties and phenolic compound release profile, and then the formulation was chosen. In view of these results, although the film did not show so much efficacy in cheese in relation to industrial film, it was still possible to realize that biodegradable starch-based films containing BM extract applied in cheese demonstrated satisfactory mechanical characteristics, however its solubility and barrier properties indicate a potential application as primary packaging in food, acting as a possible alternative to the use of synthetic packaging for this purpose.

**Keywords:** By-products. Extract. Active Films. Dairy Products.

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> -	Esquema geral do mecanismo da oxidação lipídica.....	24
<b>Figura 2</b> -	Fluxograma de atividades da fase experimental.....	26
<b>Figura 3</b> -	Extrator de Soxhlet (A) e Rotaevaporador (B).....	30
<b>Figura 4</b> -	Permeabilidade ao vapor de água (PVA - $(\text{g}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{Pa}) \times 10^{-13}$ ) dos filmes.....	46
<b>Figura 5</b> -	Micrografias da superfície do filme de alta resolução obtidas para a superfície das amostras (ampliação 500x).....	49
<b>Figura 6</b> -	Micrografias da superfície do filme de alta resolução obtidas para a superfície das amostras (ampliação 3000x).....	50
<b>Figura 7</b> -	Espectros dos filmes obtidos com diferentes concentrações do bagaço de Malte.....	51
<b>Figura 8</b> -	Teor de fenólicos liberados dos filmes avaliados em meio aquoso.....	53
<b>Figura 9</b> -	Dureza dos queijos tipo prato em função do tempo de armazenamento refrigerado ( $4^{\circ}\text{C}$ ).....	59
<b>Figura 10</b> -	Análise de cor das amostras após 28 dias de armazenamento.....	61
<b>Figura 11</b> -	Variação de cor ( $\Delta E$ ) das amostras de queijo embaladas em função do tempo de armazenamento refrigerado ( $4^{\circ}\text{C}$ ).....	61
<b>Figura 12</b> -	Perda de peso em massa.....	62

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> - Formulações dos filmes a base de amido.....	32
<b>Tabela 2</b> - Composição centesimal do bagaço de malte do tipo Pilsen (BM).....	40
<b>Tabela 3</b> - Atividade antioxidante do extrato do bagaço de malte pelo método <i>scavenger</i> de ABTS●+ e DPPH.....	42
<b>Tabela 4</b> - Espessura, solubilidade em água, densidade, opacidade e permeabilidade ao vapor de água dos filmes.....	43
<b>Tabela 5</b> - Propriedades mecânicas dos filmes.....	48
<b>Tabela 6</b> -Análises físico-químicas durante armazenamento do queijo tipo prato.....	56
<b>Tabela 7</b> - Parâmetros L*, a* e b* da análise de cor das amostras de queijos em diferentes embalagens.....	60
<b>Tabela 8</b> - Índice de acidez durante o armazenamento dos queijos.....	63
<b>Tabela 9</b> - Análises microbiológicas das amostras de queijos durante o armazenamento.....	64

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

**ABTS•+** (2,2'-azinobis(3-etilbenzotiazolina-6-ácidosulfônico)

**ANOVA** Análise de variância

**b.u** Base úmida

**BM** Bagaço de malte

**BOD** Biochemical Oxygen Demand (demanda bioquímica de oxigênio)

**CaCl<sub>2</sub>** Cloreto de cálcio anidro

**DP** Desvio padrão

**DPPH•+** 2,2-difenil-1-picrilidrazilo Sigma-Aldrich®

**F10BM** Filme contendo 10 % de extrato do bagaço de malte

**F5BM** Filme contendo 5 % de extrato do bagaço de malte

**F7,5BM** Filme contendo 7,5 % de extrato do bagaço de malte

**FEG** Microscopia Eletrônica de Varredura por Emissão de Campo (*Field Emission Gun Scanning Electron Microscopy*)

**FS** Filme base de amido de mandioca sem extrato

**FTIR** Espectroscopia de Infravermelho por Transformada em Fourier (*Fourier Transform Infrared Spectroscopy*)

**IAL** - Instituto Adolfo Lutz (2008)

**Mg (NO<sub>3</sub>)<sub>2</sub>** Nitrato de magnésio

**MMV** Técnica de Maubois, Mocquot e Vassal

**Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>** Carbonato de sódio

**NaCl** Cloreto de sódio

**NaOH** Hidróxido de sódio

**QFBM** Queijo com filme bagaço do malte

**QFO** Queijo com filme original

**QSF** Queijo sem filme

**UR** Umidade Relativa

**Y** Opacidade

**Yb** Opacidade de um padrão branco

**Yp** Opacidade de um padrão preto

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	13
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	15
2.1	OBJETIVO GERAL	15
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	15
<b>3</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b>	16
3.1	BAGAÇO DO MALTE	16
3.2	COMPOSTOS BIOATIVOS OBTIDOS A PARTIR DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS	17
3.3	EMBALAGENS ATIVAS: PROPRIEDADES E FUNÇÕES	19
3.4	O AMIDO DE MANDIOCA E SUA APLICAÇÃO NA EMBALAGEM DE ALIMENTOS.	20
3.5	QUEIJO PRATO	22
3.6	OXIDAÇÃO LIPÍDICA	24
<b>4</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	26
4.1	COLETA, PREPARAÇÃO E PROCESSAMENTO DO BAGAÇO DO MALTE	27
4.1.1	Determinação da Composição Centesimal do Bagaço de Malte	27
4.2	OBTENÇÃO DOS EXTRATOS BAGAÇO DO MALTE	29
4.2.1	Preparação e Extração do Bagaço de Malte	29
4.2.2	Determinação da Capacidade Antioxidante dos Extratos de Bagaço de Malte	30
4.2.2.1	Determinação do teor de fenólicos totais	30
4.2.2.2	Determinação da atividade antioxidante através do método de sequestro de radicais livres (DPPH*)	31
4.2.2.3	Determinação da atividade antioxidante através do método de sequestro de radicais livres (ABTS*)	31
4.3	DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DA EMBALAGEM ATIVA	32
4.3.1	Preparo dos Filmes	32
4.3.2	Caracterização dos Filmes	33
4.3.2.1	Determinação da espessura e densidade	33
4.3.2.2	Solubilidade em água	33
4.3.2.3	Opacidade aparente	33
4.3.2.4	Permeabilidade ao vapor da água	34
4.3.2.5	Propriedades mecânicas	35
4.3.2.6	Microscopia Eletrônica de Varredura com emissão de campo (MEV-FEG)	35

4.3.2.7	Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FT-IR).....	35
4.3.2.8	Liberação de compostos fenólicos totais dos filmes.....	36
4.4	AVALIAÇÕES DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DAS AMOSTRAS DURANTE ARMAZENAMENTO.....	36
4.4.1	Preparo das Amostras de Queijo.....	36
4.4.1.1	Análises Físico-químicas.....	37
4.4.1.2	Processo de extração de gordura e determinação do índice de acidez.....	38
4.4.2	Análises Microbiológicas.....	38
4.5	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	39
<b>5</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>40</b>
5.1	DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DO BAGAÇO DE MALTE.....	40
5.2	DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE ANTIOXIDANTE DOS EXTRATOS DE BAGAÇO DE MALTE.....	41
5.3	CARACTERIZAÇÃO DOS FILMES.....	43
5.3.1	Espessura, Solubilidade, Densidade, Opacidade e Permeabilidade ao Vapor de água.....	43
5.3.2	Propriedades Mecânicas.....	47
5.3.3	Microscopia Eletrônica de Varredura por Emissão de Campo (MEV-FEG).....	49
5.3.4	Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FT-IR).....	51
5.3.5	Determinação de Compostos Fenólicos Liberados dos Filmes.....	52
5.4	VERIFICAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DAS AMOSTRAS DE QUEIJO DURANTE ARMAZENAMENTO.....	54
5.4.1	Análises Físico-químicas.....	54
5.4.2	Determinação do índice de acidez.....	61
5.4.3	Análises Microbiológicas.....	62
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO</b> .....	<b>64</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	<b>66</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O bagaço de malte é um composto lignocelulósico da indústria cervejeira que representa 85 % do total de subprodutos produzidos. É obtido após o processo de moagem e filtração, separadas a parte líquida, chamada mosto e a parte insolúvel, composta principalmente por fontes de ingredientes funcionais, como antioxidantes, fibras alimentares e proteínas. Além disso, possui alto teor de compostos fenólicos, o que pode ser explicado pelo fato de que esses compostos são deliberadamente acumulados nas cascas externas dos grãos de cevada durante seu desenvolvimento. (LYNCH, STEFFEN E ARENDT, 2016; MUSSATTO, 2015; REIS, COELHO, COIMBRA, ABU-GHANNAM, 2015; MAIA, 2020).

Uma alternativa sustentável para reaproveitar esses subprodutos da indústria cervejeira é a obtenção de extratos vegetais para aplicação em embalagens ativas para alimentos. O extrato do bagaço de malte é rico em compostos fenólicos que desempenham atividade antioxidante, anti-inflamatória, e, além de ser precursor de sabor em alimentos, o que torna um candidato de origem natural com alto potencial para aplicação em embalagens ativas (LANGE; MEYER, 2019; MAIA, 2020).

A embalagem ativa é um conceito inovador na qual a embalagem, o produto e o ambiente interagem para prolongar a vida útil ou aumentar a segurança ou propriedades sensoriais, mantendo a qualidade original do produto. Geralmente é aplicada em alimentos frescos e com a finalidade de prolongar a vida útil do alimento. As embalagens ativas podem ser produzidas com polímeros sintéticos e polímeros naturais (SETTIER-RAMIREZ et al., 2022).

A utilização de polímeros naturais no desenvolvimento de embalagens ativas tem ganhado atenção nos últimos anos, por apresentar um conceito de uma nova tecnologia sustentável e benéfica de substituição aos polímeros sintéticos. Entre os polímeros naturais, o amido de mandioca tem sido considerado como candidato promissor na produção de filmes ativos, isso por ser um material biodegradável, provindo de fontes renováveis (GOBI, 2020; SILVA et al., 2020; MENEZES et al., 2021).

Embalagens produzidas através de polímeros naturais, vêm sendo bastante desenvolvidas, utilizando a combinação de amido de mandioca com a inclusão de extrato vegetais naturais com o objetivo de obtenção de embalagens ativas, com

finalidade de ampliar a vida útil do alimento embalado (CHAKRAVARTULA et al., 2020; PÉREZ-VERGARA et al., 2020).

Geralmente alimentos frescos ou comercializados de forma *in natura* são mais adeptos a tecnologia de embalagens ativas, por apresentar alto teor de umidade, o que torna o alimento mais susceptível a reações de deterioração microbiana e processos oxidativos. Neste contexto, destaca-se o queijo tipo prato, um queijo de massa semicozida e lavada, com consistência macia e sabor suave (DADALT et al., 2019). A aplicação do sistema ativo nesse produto pode promover a diminuição de permeabilidade ao oxigênio, limitando a evaporação da água, assegurando menor perda de peso do queijo, além de preservar o produto durante maturação e transporte, minimizando danos mecânicos (CARDOSO et al., 2022).

Outro fator a ser considerado para aplicação de embalagens ativas em queijo tipo prato consiste em retardar a oxidação lipídica, processo este que afeta diretamente a qualidade do produto, bem como sua vida de prateleira. A composição das embalagens ativas podem conter extratos vegetais que atuam como antioxidantes naturais, o que torna possível prevenir ou minimizar a reação de oxidação nos produtos alimentícios, permitindo prolongar sua vida útil (SANTACRUZ; CASTRO, 2018). Neste contexto, objetivou-se desenvolver uma embalagem biodegradável ativa para aplicação em queijo tipo prato, utilizando como biopolímero o amido de mandioca e o extrato de bagaço de malte como antioxidante natural.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um filme biodegradável ativo a base de amido incorporado com o extrato de bagaço de malte para embalagem de queijo tipo prato fatiado.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar a caracterização centesimal do bagaço do malte;
- Obter extrato do bagaço do malte por meio da técnica de Soxhlet utilizando-se acetona como solvente;
- Quantificar o conteúdo de fenólicos totais e avaliar a atividade antioxidante do extrato obtido do bagaço do malte pelas técnicas de DPPH<sup>•</sup> e ABTS<sup>•+</sup>;
- Desenvolver embalagens biodegradáveis à base de amido e adicionadas de diferentes concentrações de extrato bagaço do malte;
- Caracterizar os filmes produzidos quanto às suas propriedades mecânicas, estruturais e de barreira;
- Selecionar a formulação mais promissora quanto às suas propriedades mecânicas, estruturais e de barreira para aplicação queijo tipo prato fatiado;
- Aplicar as embalagens biodegradáveis no queijo prato fatiado e avaliar a influência dos filmes ativos nas propriedades físico-químicas do alimento, durante seu tempo de vida útil.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1 BAGAÇO DO MALTE

No processo cervejeiro alguns subprodutos agroindustriais são gerados, e na maioria das vezes são descartados no meio ambiente, mesmo apresentando alto teor proteico. Dentre os subprodutos, destaca-se o bagaço de malte que é gerado na etapa de filtração do mosto, antes da fervura (SCHONE et al., 2016), sendo atualmente destinado em sua maioria à alimentação animal.

O bagaço de malte, também chamado de polpa de cerveja ou cevada, é definido como o resultado do processo inicial de fermentação, caracterizado pela produção durante todo o ano, em abundância (CLARK et al. 1987). É considerado um concentrado proteico na classificação internacional de alimentos, pois mostram teores de aproximadamente 70 % de fibras, 20 % de proteínas, 1,2 % de mono e diácidos fenólicos e é fonte de vitaminas do complexo B, portanto, tem um alto valor nutritivo (ARAÚJO et al., 2009; MUSSATTO et al., 2006).

Embora o bagaço de malte apresente um alto teor de umidade (~70 %), o que torna esse material susceptível a reações de degradação microbiana e afetando sua vida útil, pesquisas recentes mostram que este material está sendo explorado a fim de promover novas perspectivas para a indústria de alimentos (IKRAM et al., 2017). Costa-Júnior et al. (2020) testaram duas modelagens de extração de compostos fenólicos de bagaço de malte e observaram que a modelagem utilizando a rede neural artificial apresentou resultados mais significativos, quando comparado a modelagem utilizando a metodologia de superfície.

Uma alternativa de minimizar impactos ambientais e valorizar o subproduto é o reaproveitamento do bagaço de malte para obtenção de extratos vegetais, com ação antioxidante. Uma das características que torna isso possível é o alto teor de compostos fenólicos do grão de cevada maltada, tais como os ácidos ferúlico e p-cumárico, contribuindo assim para a utilização do bagaço do malte como matéria-prima na indústria de alimentos (ZUORRO; LANNONE; LAVECCHIA, 2019; MAIA, 2020).

### 3.2 COMPOSTOS BIOATIVOS OBTIDOS A PARTIR DE RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS

As indústrias processadoras de matéria-prima agroindustrial geram grande quantidade de resíduos e subprodutos, formados principalmente por resíduos sólidos como, cascas, caroços e bagaços, sendo eles provenientes do beneficiamento de diversas culturas (cana de açúcar, arroz, uva, cevada, entre outros). A maioria dos subprodutos agroindustriais tem um alto valor nutricional (fonte de proteína, carboidrato, fibra e compostos que possuem atividade biológica), podendo ser reaproveitado na indústria farmacêutica, alimentar e química (SARAIVA et al., 2018).

Dentre os compostos de destaque nos resíduos podem ser citadas as proteínas e os compostos bioativos (polifenóis). A combinação de proteínas com compostos fenólicos biologicamente ativos pode dar aos alimentos propriedades fisiológicas ou funcionais (BANDYOPADHYAY et al., 2012; SILVA et al., 2016; PELAES VITAL et al., 2015; SARAIVA et al., 2018), melhorando as propriedades funcionais tecnológicas dos produtos e possibilitando o consumo de alimentos ricos em compostos fenólicos (bioativos).

Os compostos fenólicos costumam ser muito atraentes para a indústria de alimentos e consumidores devido ao impacto na qualidade dos alimentos, como prolongar a vida útil, e têm efeitos protetores e preventivos na patogênese de certos tipos de câncer e outras doenças crônicas. O ácido ferúlico é considerado um dos ácidos fenólicos mais importantes e tem muitas funções fisiológicas, incluindo ação antioxidante, antimicrobiana, antiinflamatória, antitrombótica e anticâncer. Também pode prevenir doenças cardíacas coronárias, diminuir o colesterol sérico e hepático e melhorar a motilidade dos espermatozoides (BENTO-SILVA; VAZ PATTO; DO ROSÁRIO BRONZE, 2018).

Os extratos naturais obtidos a partir dos resíduos e/ou subprodutos da indústria de alimentos, principalmente de frutas e vegetais extraídos do resíduo *in natura* e a frio, podem ser utilizados como ingredientes pela indústria pois apresentam elevado poder antioxidante. Eles têm sido integrados como antioxidantes naturais em substituição total ou parcial aos aditivos ou antioxidantes sintéticos, que podem mostrar toxicidade. Devido à variedade das espécies químicas presentes nos compostos bioativos naturais, o mecanismo de ação antioxidante primária possui grande potencial de sinergismos, que podem aumentar sua ação nos sistemas a

serem executados em comparação com o uso de substâncias isoladas (GRUZ et al., 2013).

A busca por antioxidantes naturais vem crescendo nos últimos anos, tendo em vista a busca por uma qualidade de vida mais saudável e evitando a inserção de antioxidantes sintéticos na rotina diária (SHOPSKA et al., 2021). O antioxidante é um composto biologicamente ativo que protege o corpo humano dos efeitos nocivos dos radicais livres e outros oxigênios ativo, é benéfico para a saúde humana e melhora o frescor dos alimentos (QUIRÓS-SAUCEDA et al., 2014)

Dillmann (2018), avaliou por meio de delineamento fatorial a melhor condição de extração de compostos bioativos dos extratos de bagaço de malte, e percebeu que a variável número de extrações dentre as variáveis escolhidas no estudo foi a única que teve uma relevância positiva e significativa para a melhora dos resultados nas extrações quanto à atividade antioxidante. Notou-se que os extratos de bagaço de malte apresentaram concentrações menores de compostos bioativos com características antioxidantes se comparados a outros vegetais ou frutas. Ainda assim, devido ao grande volume de bagaço de malte produzido pós-fabricação da cerveja, diversos estudos têm avaliado a viabilidade comercial do reaproveitamento deste subproduto para extração de compostos antioxidantes.

A atividade dos antioxidantes no sistema alimentar depende não só da sua reatividade química, ou seja, da captura ou quelação de radicais livres, mas também de fatores como localização física e interação com outros ingredientes alimentares, além das condições ambientais. Portanto, a eficácia de cada extrato vegetal em diferentes tipos de alimentos é diferente, sendo impossível estimar o efeito antioxidante desses compostos a partir dos resultados obtidos em outros substratos (CHIPAULT et al., 1956; LAI et al., 1991).

A aplicação de antioxidantes naturais não se limita apenas a aplicação direta nos alimentos, outra área que vem sendo estudada é a inserção destes compostos naturais em embalagens ativas (JAEGER et al., 2021). O extrato de bagaço de malte é um candidato forte para o desenvolvimento de embalagens ativas por apresentar potencial antioxidante, sendo esse sistema interessante do ponto de vista de proporcionar uma liberação contínua e prolongada dos ativos para os sistemas alimentares.

### 3.3 EMBALAGENS ATIVAS: PROPRIEDADES E FUNÇÕES

Os alimentos são produtos considerados de alta vulnerabilidade à deterioração microbiológica e bioquímica. Os fatores como a luz, vapor de água e oxigênio são os principais meios externos que favorecem a sua deterioração. Com isso, técnicas de conservação de alimentos por meio de tecnologias de filmes de barreiras estão sendo desenvolvidas, sendo a tecnologia de embalagem o método de preservação apropriado para aumentar a vida útil desses produtos (BHARDWAJ; ALAM; TALWAR, 2019).

As embalagens ativas estão se tornando cada vez mais populares, revelando-se como um veículo indispensável na preservação de alimentos, pois seu principal objetivo é proporcionar barreiras aos fatores externos, além de prevenir contaminação química, bioquímica e microbiológica. Nesse sentido, a embalagem ativa é uma tecnologia promissora, projetada para incorporar deliberadamente componentes ativos que podem liberar ou absorver substâncias dentro ou fora do alimento embalado ou do ambiente ao redor do alimento, e assim manter a qualidade ou estender sua vida útil (BHARDWAJ et al., 2019; YILDIRIM et al., 2018).

Conforme Bhardwaj, Alam, Talwar (2019) e Anjos, Freire (2020), os fatores norteadores no desenvolvimento de embalagens ativas são o prolongamento da vida útil e a disponibilidade de produtos alimentícios acessíveis e com preço razoável. Para tanto, os sistemas de embalagem ativas abrangem os absorvedores de aromas, oxigênio, etileno e umidade, emissores de dióxido de carbono, os agentes antimicrobianos e antioxidantes.

Os antioxidantes inseridos em sistemas de embalagem ativas possuem como principal função atrasar e/ou inibir os processos de oxidação lipídica em alimentos, atuando na neutralização e/ou eliminação dos radicais livres, e são classificados em antioxidantes naturais e sintéticos. Diante disso, e levando-se em consideração os potenciais riscos de componentes sintéticos em alimentos, diversos autores vêm se propondo a utilizar como alternativa de sucesso os antioxidantes naturais de extratos de plantas e óleos essenciais ricos em compostos fenólicos e terpenos (NERÍN et al., 2006; GÓMEZ-ESTACA et al., 2014; VALDÉS et al., 2015; BHARDWAJ; ALAM; TAIWAR, 2019).

Diante de inúmeras aplicações dos antioxidantes em embalagens ativas, diversos estudos estão sendo desenvolvidos com o objetivo de incorporar compostos

antioxidantes em matrizes poliméricas com aplicabilidade em diversos produtos alimentícios, como carnes frescas, produtos derivados de carnes, produtos de panificação, produtos lácteos, frutas, vegetais, óleos e manteiga. Dentre estes, destacam-se os compostos obtidos de extratos de chá-verde, canela, cravo e óleo essencial de capim-limão (GRACIANO VERDUGO et al., 2010; AHMAD et al., 2012; PHOOPURITHAM et al., 2012; WRONA et al., 2015; BHARDWAJ; ALAM; TALWAR, 2019).

Ju e Song (2019) desenvolveram filmes de amido contendo extratos de camu-camu e concluíram que as embalagens desenvolvidas apresentaram excelentes atividades de eliminação de radicais livres e melhoram as propriedades de barreira à luz ultravioleta. Song et al. (2020), desenvolveram filmes com extratos de chá verde e oleorresina de alecrim para prolongar a vida útil de carne de porco picada e constataram que os filmes com extratos de chá verde demonstraram efeito inibitório mais forte na deterioração da carne com alta capacidade antioxidante.

Han e Song (2021) elaboraram filmes a base de polissacarídeo de noni contendo extratos de folha de mirtilo e observaram que a adição do extrato aumentou efetivamente a atividade antioxidantes dos filmes elaborados. Zhang et al. (2021), desenvolveram filmes compostos de quitosana e procianidina com alta atividade antioxidante e verificaram o efeito significativo na conservação de queijo.

Embalagens ativas contendo polímeros combinado com extratos vegetais promovem diversas vantagens no armazenamento de produtos, especificamente nos alimentos frescos, como queijos, obtendo como resultado o melhoramento da qualidade do produto e sua extensão de vida útil (HAGHIGHI-MANESG; AZIZI, 2017). Entretanto, na literatura ainda é limitado o uso do extrato de bagaço de malte combinado com amido de mandioca, como embalagem ativa para alimentos.

### 3.4 O AMIDO DE MANDIOCA E SUA APLICAÇÃO NA EMBALAGEM DE ALIMENTOS.

A mandioca (*Manihot esculenta*) é amplamente utilizada e cultivada no Brasil e se adapta melhor a climas quentes e úmidos, sendo uma das culturas mais tradicionais do país. Segundo estimativas do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em novembro de 2019 a produção anual de raízes de mandioca foi estimada em 20 milhões de toneladas, sendo destinada à alimentação humana e

ração animal, bem como o processamento para obtenção de diversos produtos, sendo o amido o mais valioso comercialmente (FAO, 2021; ZHU, 2015).

Quimicamente, o amido é um produto da fotossíntese e constitui a maior reserva energética dos vegetais. Pode ser armazenado em sementes, raízes e tubérculos. Entre todos os polissacarídeos, o amido é o único em pequenos agregados individuais sintéticos, chamados grânulos os quais adquirem tamanhos e formas dependentes de cada fonte vegetal. Assim, a maioria das células vegetais tem a capacidade de sintetizá-lo, sendo este formado por dois polissacarídeos: a amilose e a amilopectina, com diferentes estruturas e tamanhos (FONSECA et al., 2015; FUENTES et al., 2019).

O amido é um polissacarídeo vital não apenas para a indústria de alimentos, mas também para outros setores industriais e seu processo de obtenção é definido por etapas, tais como moagem, separação da fibra e suspensão de amido em água, centrifugação, purificação, desidratação e secagem (FELISBERTO et al., 2020).

Além de o amido possuir um teor de carboidratos superior a 95 %, também pode conter quantidades minoritárias de outras substâncias (incluindo nitrogênio, lipídios e minerais), principalmente fósforo. Para o amido de mandioca observa-se 0,90 % proteína, 0,78 % de gordura, 0,60 % de fibra, acidez potencial de 1,29 (mL NaOH.100 g<sup>-1</sup> amostra) e pH de 5,9 (CEREDA, VILPOUX, 2003; ALVES, 2012).

Diferentes polímeros biodegradáveis de fontes renováveis podem ser usados para a indústria de embalagens. Entre eles, o amido de mandioca recebeu ampla atenção por sua disponibilidade, baixo custo e características desejáveis para o desenvolvimento de embalagens biodegradáveis ativas ou combinado com polímeros mais caros e menos disponíveis (ALVES, 2012; LUCHESE et al., 2021).

Orozco-Parra et al. (2020) desenvolveram filmes de amido de mandioca combinado com inulina como molécula prebiótica e *L. casei* como bactéria probiótica, e avaliaram seu efeito em condições gástricas. Os resultados apresentaram valores de viabilidade mais baixos em filmes de amido de mandioca quando comparado com filmes incorporados com inulina, indicando que a combinação do amido com extratos é uma alternativa eficiente para garantir maior viabilidade no processo.

Chollakup et al. (2020) elaboraram filmes ativos de amido de mandioca incorporados com óleo de canela. Os autores observaram que tal combinação conferiu boa capacidade antioxidante e antimicrobiana para a embalagem, na qual retardou processos microbianos quando aplicado em salame. Costa et al. (2017)

desenvolveram filmes de amido de mandioca e de milho e aplicaram em queijo tipo Coalho a fim de ampliar sua vida útil, e os resultados demonstraram que esse sistema de embalagem foi uma opção viável para conservação queijo, na qual manteve as características originais do produto durante o armazenamento refrigerado.

Neste sentido, os plastificantes associados durante a produção do material com o amido e formam o PVA, induzem características ao filme, como baixa força intermolecular ocasionada pela matriz, aumento da flexibilidade, melhor manuseio, diminuição de zonas desuniformes e baixa possibilidade de se obter um filme quebradiço (ANDEUCCETTI, 2010).

### 3.5 QUEIJO PRATO

O queijo tipo prato é um dos queijos mais fabricados no Brasil, sendo classificado como um queijo semi-duro. É produzido a partir de diferentes etapas de processamento como: obtenção de uma massa semicozida, extração de uma parte do soro, lavagem por acréscimo de água quente, pré-prensagem, moldagem sob soro, prensagem, salga e maturação pelo tempo essencial para alcançar seus próprios atributos (pelo menos 25 dias) (SPADOTI et al., 2003).

Uma das propriedades do queijo Prato compõe-se na diluição da sua etapa aquosa, conduzida de aquecimento moderado dos grãos da coalhada. Esse procedimento é imprescindível para a obtenção das características sensoriais do produto, visto que a adição de água quente e a remoção parcial do soro modificam significativamente o teor de lactose nos grãos da coalhada, ocasionando um queijo com conteúdo inferior de ácido lático e pH mais alto. Além disso, a lixiviação da massa proporciona uma perda dos compostos solúveis, que são retirados simultaneamente com o soro (GOUDÉDRANCHE et al., 1981; SPADOTI et al., 2003). Desta forma, métodos capazes de evitar tal perda necessitarão naturalmente aprimorar o balanço econômico da produção deste queijo (VAN DENDER et al., 1987; SPADOTI et al., 2003).

A maturação do queijo Prato é outra etapa importante no seu processo tecnológico, isto porque ocorrem transformações bioquímicas desejáveis que vão alterar aspectos sensoriais e visuais. Essa etapa requer condições específicas de temperatura e umidade, demandando de câmaras especiais e se tornando um processo mais caro e lento, diminuindo assim o capital de giro do produtor por retardar

a comercialização do produto (CRUZ et al., 2017). Neste contexto, o conhecimento das etapas de processamento de queijos é necessário para que se utilizem técnicas como forma de verificar a autenticidade deste alimento, pois a idoneidade da fabricação de produtos lácteos vem sendo bastante discutida (LEITE et al., 2019).

Pesquisadores vêm estudando diferentes técnicas de processamento para este tipo de queijo. Van Dender et al. (1987) e Spadoti et al. (2003) analisaram o procedimento de queijo tipo Prato pela técnica de MMV (Maubois, Mocquot e Vassal, 1969), objetivando sobretudo elevar o rendimento de fabricação. Os resultados apresentaram a chance de se adquirir, pelo método MMV, um queijo próximo ao queijo tipo Prato, do ponto de vista de composição físico-química. Contudo, não se analisou a consequência do uso do método MMV sobre demais parâmetros relevantes na qualidade do queijo prato, como por exemplo, o desenvolvimento da sua maturação.

Chaves e Santos (2019) afirmam que ações sugeridas para reduzir o risco microbiano dos produtos lácteos incluem a instalação de protocolos genéricos de produção e maturação adequados ao tipo de queijo desejado. Além disso, para obter matérias-primas de alta qualidade, os produtores devem adotar procedimentos adequados de higiene durante a ordenha, manejo adequado e detecção eficiente de potenciais problemas de saúde no rebanho, como a mastite subclínica (CARVALHO et al., 2019).

Embora o tratamento térmico e a pasteurização das matérias-primas sejam muito importante para reduzir o risco microbiano do queijo, também é responsável por destruir parte da flora nativa do leite devido à destruição de microrganismos patogênicos. Algumas das bactérias que compõem essa flora não são do tipo ácido láctico, sendo capazes de sintetizar compostos sensíveis que beneficiam a saúde do consumidor e agregam valor ao produto (SETTANNI; MOSCHETTI, 2010; CARVALHO et al., 2019).

Além dos procedimentos aplicados no setor de produção para o queijo tipo Prato, é necessário também escolher uma embalagem eficiente para seu armazenamento, visto que é um produto com alto teor de gordura, tornando bastante susceptível a processos oxidativos. Uma das alternativas para inibir a oxidação lipídica é a aplicação de filmes biodegradáveis ativos, considerado um sistema eficiente que interage com o queijo embalado, garantindo maior segurança e qualidade nas suas características nutricionais (LIMA et al., 2020).

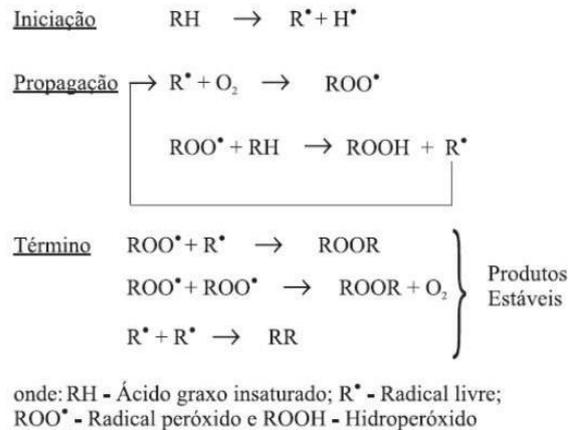
### 3.6 OXIDAÇÃO LIPÍDICA

A formação de compostos tóxicos nos alimentos e consequente rejeição do produto, alterações que levam à perda do valor nutricional e alterações nas características sensoriais se devem a um fenômeno natural em alimentos e bebidas, denominado oxidação. Nas reações de oxidação lipídica, as principais alterações sensoriais incluem a formação de sabores desagradáveis conhecidos como ranço (ARAÚJO, 2011; ROMANI, 2017).

Os principais substratos da reação de oxidação lipídica são os ácidos graxos insaturados, pois as ligações duplas são centros ativos que podem reagir com o oxigênio. Os ácidos graxos insaturados são mais fáceis de oxidar quando estão livres e o grau de sua insaturação também afeta a taxa de reação (HAMILTON, 1994; ROMANI, 2017).

A oxidação dos ácidos graxos pode ocorrer por diferentes vias, as quais dependem do meio e dos catalisadores, entre elas: fotoxidação, oxidação enzimática e autoxidação. A fotoxidação envolve reações de radicais livres para formar hidroperóxidos e produzem aldeídos, álcoois e hidrocarbonetos por degradação (HAMILTON et al., 1996; JADHAV et al., 1996; ROMANI, 2017). A oxidação enzimática ocorre pela ação de enzimas lipoxigenases que atuam sobre os ácidos graxos poliinsaturados. Por meio desse processo, formam-se peróxidos e hidroperóxidos com duplas ligações conjugadas que podem se envolver em diferentes reações degradativas (SILVA, 1999; ROMANI, 2017). A autoxidação é o principal mecanismo de oxidação dos ácidos graxos que inclui três estágios principais: iniciação, propagação e término (SEVANI; HOCHSTEIN, 1985). A partir do processo de autoxidação lipídica, mostrado na Figura 1, pode-se observar que há uma série de reações inter-relacionadas em três estágios.

Figura 1 - ESQUEMA GERAL DO MECANISMO DA OXIDAÇÃO LIPÍDICA



Fonte: Ramalho e Jorge, (2006).

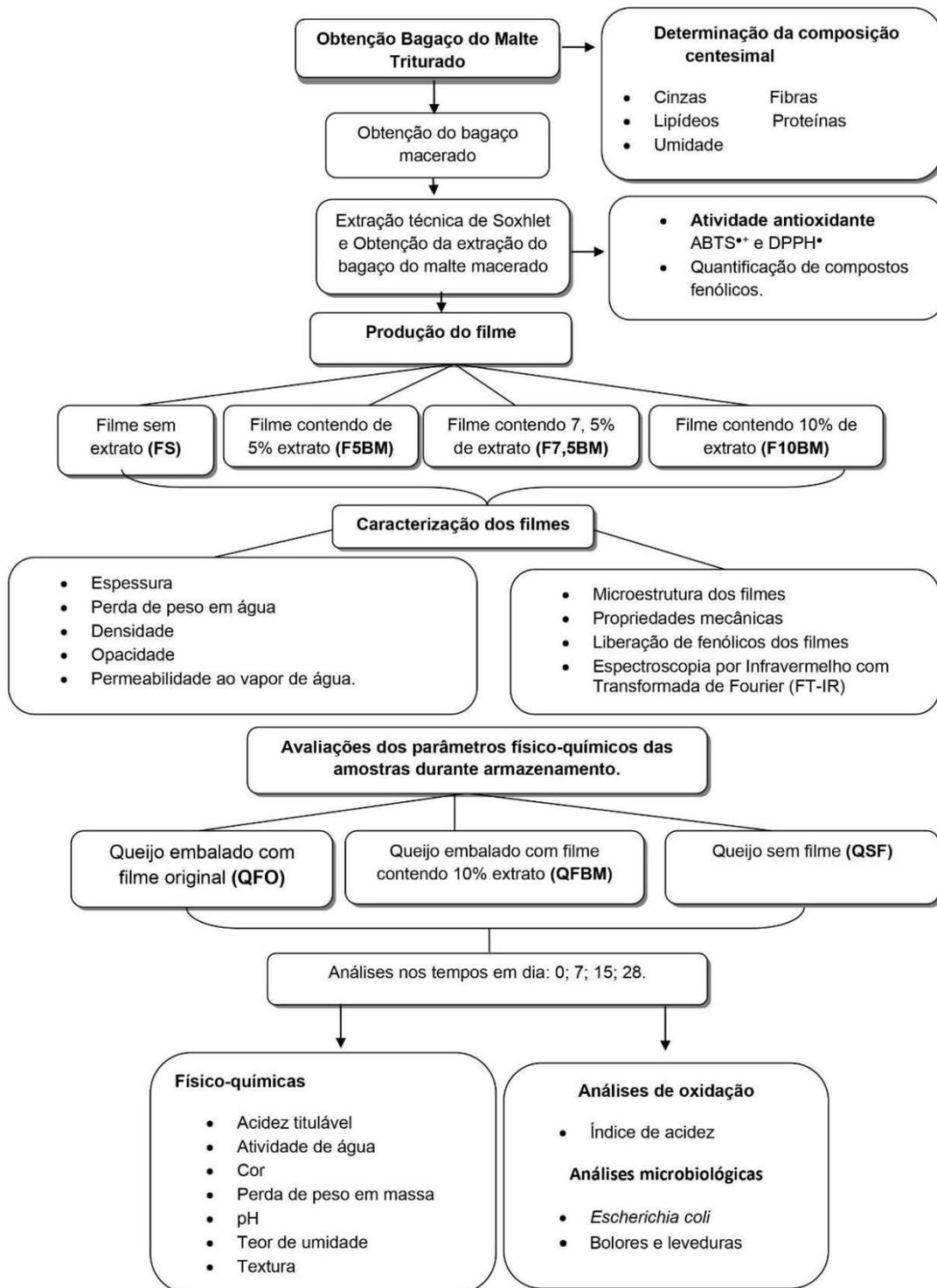
A oxidação é um dos principais parâmetros do controle físico-químico que determina o prazo de validade de determinados alimentos processados. Dessa forma, é de suma importância o conhecimento das técnicas de detecção do estado de oxidação lipídica. Dentre os diversos testes utilizados para avaliar o estado de oxidação das frações lipídicas em alimentos, os mais utilizados são: índice de peróxidos, índice de acidez e determinação de substâncias reativas com o ácido tiobarbitúrico (TBARS) (DEGÁSPARI, WASZCZYNSKYJ 2004; SOARES, 2012; ROMANI, 2017).

São diversas as consequências nutricionais da oxidação lipídica em alimentos, tais como a destruição parcial dos ácidos graxos insaturados essenciais; destruição parcial de outros lipídios insaturados como a vitamina A, carotenóides e tocoferóis; destruição parcial da vitamina C; formação de produtos secundários da oxidação lipídica (malonaldeído e outros compostos) e compostos de Maillard capazes de reagir com proteínas, diminuindo a absorção destas (KANNER, 1994). Essas alterações afetam diretamente os atributos sensoriais do alimento, gerando sabor, cor e odor desagradáveis, e assim proporcionando a rejeição do produto pelo consumidor (CEYLAN et al., 2021).

## 4 MATERIAIS E MÉTODOS

A Figura 2, mostra um fluxograma das atividades experimentais desenvolvidas neste trabalho.

Figura 2 - FLUXOGRAMA DE ATIVIDADES DA FASE EXPERIMENTAL



Fonte: a autora.

#### 4.1 COLETA, PREPARAÇÃO E PROCESSAMENTO DO BAGAÇO DO MALTE

O bagaço do malte do tipo Pilsen foi coletado na indústria Koch Cervejaria (Ponta Grossa – PR) logo após a filtração do mosto de cerveja, em seguida foi submetido à secagem em estufa a 60 °C até atingir umidade inferior a 15 % (m/m). A secagem ocorreu de maneira lenta e em temperatura relativamente baixa para preservação dos compostos bioativos existentes no bagaço de malte. Após a secagem, o bagaço de malte foi triturado em liquidificador convencional e padronizado utilizando tamis granulométrica de mesh 48 (300 milímetros), em seguida foram acondicionados, identificados em saco plásticos e armazenado em geladeira convencional (5-7 °C).

##### 4.1.1 Determinação da Composição Centesimal do Bagaço de Malte

O método para determinação da composição centesimal segue a referência do IAL - Instituto Adolfo Lutz (2008), na qual é realizada a quantificação de cinzas (resíduos minerais brutos), umidade, lipídeos, proteínas e fibras brutas. Todas as análises foram realizadas em triplicata.

Para análise de fibras, foram cortadas saquetas de filtro em tamanho 50 x 70 mm, deixadas em contato com acetona por 15 minutos e secas em estufa a 105 °C por pelo menos 6 horas. Aproximadamente 2 gramas da amostra foram pesadas na saquetas e seladas. Em seguida foram colocadas no equipamento (saqueta de filtro) por agitação e aquecimento a 95°C por 40 minutos. Entraram em contacto com meio ácido (ácido sulfúrico) (6,8 mL /L) (100 mL/saqueta), após foram lavadas com água destilada. Em seguida, repetiu-se o procedimento com o meio básico (hidróxido de sódio) (12,52 g/L), depois lavou-se com água destilada e extraiu-se as fibras. Depois de removidas do equipamento, as saquetas foram imersas na acetona (aproximadamente 10 minutos), e colocadas na estufa a 105 °C por pelo menos 6 horas até ficarem secas. Após a secagem, foram pesadas e colocadas no cadinho e levadas à mufla a 550 °C. Em seguida foi resfriado até a temperatura ambiente em um dessecador, pesado e repetidamente aquecido e resfriado até atingir um peso constante. O teor de fibra foi calculado a partir da Equação 1:

$$\% \text{ Fibra bruta} = (100. N) / P \quad (\text{Eq. 1})$$

onde, N é a massa da fibra total (massa constante da embalagem) e P é a massa inicial da amostra.

Para a análise do teor de lipídeos, primeiramente pesou um balão vazio de 250 mL, sendo em seguida colocado na estufa a 105 °C e resfriado em dessecador. Aproximadamente 5 gramas de amostra foram colocadas em papel filtro e fixadas para não perder partículas de amostra. O balão de amostra foi conectado ao conjunto Soxhlet com quantidade suficiente de éter de petróleo (Biotec ®) adicionada para extração por 4 horas. Após a extração, o solvente foi evaporado (banho-maria modelo 558, Fisatom®, São Paulo, Brasil; bomba de vácuo modelo MA053, Marconi®, Piracicaba, São Paulo, Brasil; rotaevaporador modelo 830, Fisatom®, São Paulo, Brasil) e o balão colocado em estufa a 105° C por 1 hora, resfriado em dessecador e pesado (IAL, 2008). O teor de lipídios foi calculado por diferença de massa, de acordo com a Equação 2

$$(\% \text{ Gordura} = (100. N) / P) \quad (\text{Eq. 2})$$

onde, N é a massa de lipídeos após ser resfriado em dessecador e pesado e P é a massa inicial da amostra.

As proteínas foram determinadas pelo Método de Kjeldahl (Nitrogênio total), de acordo com o qual no tubo de digestão foram pesadas aproximadamente 0,2 g de amostra de bagaço de malte (em triplicata) e 0,2 gramas de CuSO<sub>4</sub> (sulfato de cobre) (Dinâmica ®), 1,0 gramas de K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (sulfato de potássio) (Synth ®) e 5 mL de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> concentrado (ácido sulfúrico) (Synth ®), agitando suavemente a amostra. A amostra foi aquecida gradativamente até atingir 400 °C. Quando a amostra apresentou cor clara, a decomposição foi considerada completa. Após diluir a amostra com 10 mL de água destilada, o tubo foi levado ao destilador de nitrogênio (Marconi, modelo MA036, Piracicaba, Brasil), sendo acoplado um erlenmeyer de 125 mL contendo 10 mL de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> a 2 % (Synth ®) no suporte abaixo do condensador. O tubo de amostra foi acoplado no destilador e neutralizado com solução de NaOH 50 % (m/v) (Synth®). Após a neutralização foram coletados 50 mL de destilado e então titulados com uma solução padronizada de H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,02 N. O fator de conversão nitrogênio-proteína utilizado foi 6,25, e o teor de proteína calculado a partir da Equação 3 (IAL, 2008).

$$\% \text{ Proteínas} = (V. 0,14. f) / P \quad (\text{Eq.3})$$

Onde, V diferença entre o n<sup>o</sup> de mL de ácido sulfúrico 0,05 M e o n<sup>o</sup> de mL de hidróxido de sódio 0,1 M gastos na titulação P = é a massa inicial da amostra f = fator de conversão foi 6,25 conforme a tabela do (IAL, 2008).

Para determinação resíduo mineral bruto (cinzas), primeiramente os cadinhos vazios foram padronizados por 1 hora em forno mufla (Modelo 0216, Fornitec®, São Paulo, Brasil) a 600 °C. Em seguida foram removidos, resfriados em dessecador à temperatura ambiente e então pesados vazios. Foram adicionados 5 gramas de amostra e anotado os pesos exatos. As amostras foram incineradas inicialmente no Bico de Bunsen e seguiram para a mufla (Modelo 0216, Fornitec®, São Paulo, Brasil) a 600 °C até que as amostras adquirissem um branco acinzentado. Após este período, os cadinhos foram retirados, resfriados e então pesados. O teor de cinzas foi calculado através da Equação 4:

$$\% \text{ Cinzas} = (100. N) / P \quad (\text{Eq. 4})$$

Onde, N é a massa do resíduo após a incineração e P é a massa inicial da amostra.

Para o ensaio de umidade foram padronizados os pesa-filtros vazios durante 1 hora em estufa a 105 °C, sendo retirados e resfriados em dessecador até temperatura ambiente e pesados vazios. Posteriormente foram adicionados aproximadamente 5 gramas de amostra úmida e colocados na estufa a 105 °C até peso constante (IAL, 2008). O cálculo do teor de umidade da amostra em triplicata foi realizado com base na Equação 5:

$$\% \text{ Umidade} = (100. N) / P \quad (\text{Eq. 5})$$

onde, N é a massa perdida em gramas (umidade) e P é a massa inicial da amostra.

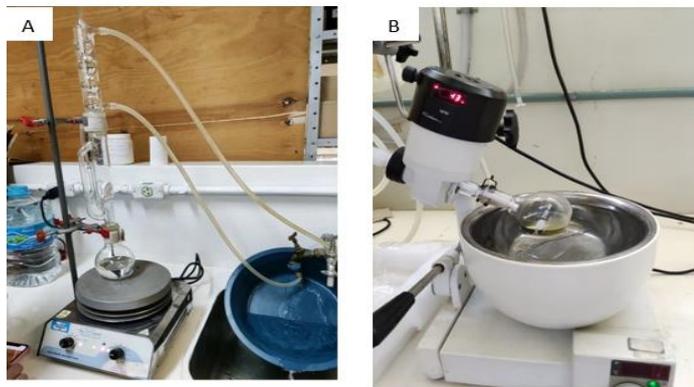
## 4.2 OBTENÇÃO DOS EXTRATOS BAGAÇO DO MALTE

### 4.2.1 Preparação e Extração do Bagaço de Malte

Inicialmente, 20 gramas do bagaço do malte triturado foi submetido à maceração com uma proporção volumétrica etanol/água 80:20 e mantido no escuro (sob papel alumínio) por 10 dias em estufa tipo BOD (Tecnal®, modelo TE-371, Piracicaba, Brasil) à 25°C. Após esse período de maceração, a amostra foi filtrada e parte sólida foi seca em estufa por cerca de 10 horas a temperatura de 65 °C, sendo esse material armazenado em geladeira até sua utilização para a extração pela técnica de Soxhlet (Figura 3). O experimento foi conduzido em quadruplicata.

A parte sólida do BM previamente submetida à maceração foi pesada (cerca de 5 gramas) em balança analítica utilizando papel filtro em formato de cartucho e colocado dentro de um extrator tipo Soxhlet. Um balão de 250 mL foi anexado e 100 mL de acetona foram adicionados ao tubo de extração. A temperatura foi mantida a 60 °C e a extração foi realizada por três horas. Após esse processo, o excesso de solvente foi removido em rotaevaporador (modelo 830, Fisatom®, São Paulo, Brasil) com temperatura controlada de 65 °C e 30-40 rpm (Figura 3).

Figura 3 - Extrator de Soxhlet (A) e Rotaevaporador (B)



Fonte: a autora

#### 4.2.2 Determinação da Capacidade Antioxidante dos Extratos de Bagaço de Malte

##### 4.2.2.1 Determinação do teor de fenólicos totais

A determinação do teor de fenólicos totais foi realizada em triplicata conforme o método de Folin-Ciocalteu. Os extratos foram diluídos em solução hidroalcoólica (70:30) para obtenção de uma solução de concentração igual a 20 mg/mL. A solução padrão de ácido gálico 50, 100, 200, 400, 600 e 800 µg/mL utilizada para o desenvolvimento da curva de calibração. Para tanto, a curva de calibração de ácido gálico foi preparada e se mostrou linear no intervalo proposto, com valor de  $r^2 = 0,9924$  e equação da reta  $y = 0,0016x + 0,0271$ . Os resultados do teor de compostos fenólicos totais foram expressos como equivalentes de ácido gálico por grama de amostra (mg EAG/g).

#### 4.2.2.2 Determinação da atividade antioxidante através do método de sequestro de radicais livres (DPPH•)

A atividade sequestrante das amostras foi testada em relação a 60 µM de DPPH• (2,2-difenil-1-picril-hidrazil, Sigma–Aldrich®), que foi solubilizado em etanol absoluto (Synth®). O meio de reações foi composto por alíquotas de 1, 5, 10, 20, 50 e 75 µL de amostra e 300 µL da solução de DPPH•. O volume foi completado com etanol até 1000 µL. A mistura foi incubada por 15 minutos em temperatura ambiente e protegida da luz. A atividade foi verificada em termos da diminuição da absorbância em 531 nm. A verificação foi realizada em leitor de placas em leitor de microplacas multi-modo híbrido Synergy™ H1 com software Gen5.2 (BioTek®, USA) (LEMES et al., 2018). O resultado foi expresso em IC50 (µg / mL), ou seja, a quantidade necessária que uma amostra precisa para inibir em 50 % os radicais DPPH.

#### 4.2.2.3 Determinação da atividade antioxidante através do método de sequestro de radicais livres (ABTS<sup>•+</sup>)

Para analisar a atividade antioxidante foi utilizado o método da ação *scavenger* sobre o ABTS<sup>•+</sup> (radical catiônico do ácido 2,2'- azinobis-3-etilbenzotiazolino-6-sulfônico). O radical catiônico ABTS<sup>•+</sup> foi preparado usando 5 mL de solução estoque ABTS<sup>•+</sup> (7 mM) com 88 µL de persulfato de potássio, permitindo que a reação avançasse à temperatura ambiente, protegido da luz por 12 h antes do uso (RE et al., 1999). Antes do teste, a solução ABTS<sup>•+</sup> foi diluída com tampão fosfato de sódio 10 mM (1:20, v/v). Para a análise, em cada tubo foi adicionado 300 µL de amostra de teste e solução ABTS<sup>•+</sup> 300 µL. Após 30 min de reação na ausência de luz, 200 µL de amostras foram transferidos para uma placa de 96 poços para a determinação da absorbância em um leitor de microplacas multimodal de espectrofotômetro híbrido, com comprimento de onda de 734 nm. As amostras foram testadas em triplicata e a quercetina foi utilizada como padrão.

### 4.3 DESENVOLVIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DA EMBALAGEM ATIVA

#### 4.3.1 Preparo dos Filmes

A obtenção dos filmes foi realizada pelo método de *casting* conforme metodologia descrita por Santos (2020), com adaptações. O amido de mandioca foi usado na concentração de 3 % (m/m; b.s.), glicerol na proporção de 20% (m/m; em relação ao amido) e 20 % (m/m; em relação ao amido) de poli (vinil álcool) (PVA). A adição do extrato de BM se deu nas concentrações 5 %, 7,5 % e 10 % (m/m de extrato; em relação ao amido). Água destilada foi utilizada em quantidade suficiente para completar o volume para 100 mL. As formulações, conforme mostrado na Tabela 1, foram aquecidas gradativamente até atingir 95 °C, sob agitação e em seguida resfriadas até temperatura ambiente (25 °C ± 2). Após o preparo, aproximadamente 40 gramas das soluções filmogênicas foram dispersas em placas de Petri (15 cm de diâmetro) e submetidas à secagem em estufa com circulação de ar a 60 °C, por 8 horas. Os filmes secos foram removidos manualmente das placas e condicionados em câmara tipo BOD a 25 °C.

Tabela 1 - Formulações dos filmes a base de amido.

Formulações	Amido de mandioca (b.s.) (%)	Glicerol (%) *	Poli (vinil álcool) (%) *	Extrato do BM (%) *
<b>FS</b>	3,00	0,66	0,66	0,0
<b>F5BM</b>	3,00	0,66	0,66	5,0
<b>F7,5BM</b>	3,00	0,66	0,66	7,5
<b>F10BM</b>	3,00	0,66	0,66	10,0

Fonte: a autora.

\* Em relação à massa de amido

## 4.3.2 Caracterização dos Filmes

### 4.3.2.1 Determinação da espessura e densidade

A espessura dos filmes foi obtida conforme o método ASTM F2251 (ASTM, 2013) por um micrômetro digital. O resultado foi apresentado pela média de dez medidas em posições diferentes para cada filme (VARGAS, 2022). A densidade dos filmes foi determinada de acordo com Rosas et al. (2019). Para a realização do teste de densidade as amostras foram cortadas com dimensões 20 mm x 20 mm e condicionadas por 20 dias em dessecador contendo cloreto de cálcio anidro ( $\text{CaCl}_2$ ) para serem desidratadas. Em seguida, as amostras foram pesadas em balança analítica e sua massa e área foram determinadas. A densidade do filme foi expressa em  $\text{g/cm}^3$ .

### 4.3.2.2 Solubilidade em água

As amostras foram cortadas no tamanho 20 x 20 mm e secas por 3 dias em dessecador contendo cloreto de cálcio anidro. Após este período as amostras foram pesadas e imersas em água destilada (proporção 30:1 - água: amostra) por 48 horas a 25 °C. Após esse período, as amostras foram retiradas e secas a 105°C por 4h e pesadas novamente. A diferença de massa antes e após a imersão foi usada para calcular a solubilidade do material em água (OLIVATO et al., 2014).

### 4.3.2.3 Opacidade aparente

A opacidade aparente foi determinada usando um colorímetro (BYK Gardner-USA) em um ângulo de 10 ° usando um iluminante D65 (luz do dia), de acordo com as informações da Hunterlab. A opacidade (Y) foi calculada em relação à Luminosidade (L) da amostra medida em um padrão branco ( $Y_b$ ) e preto ( $Y_p$ ) de acordo com a Equação 7.

$$Y = (Y_p / Y_b) \times 100 \quad \text{Eq. (7)}$$

onde  $Y$  é a opacidade aparente,  $Y_p$  é a luminosidade ( $L$ ) da amostra medida em relação a um padrão preto e  $Y_b$  é a luminosidade ( $L$ ) da amostra medida em relação a um padrão branco. Os resultados foram divididos pela espessura e expressos usando uma escala aleatória ( $\% / \mu\text{m}^{-1}$ ), pois a espessura tem um efeito significativo na opacidade da amostra. A amostra foi analisada em triplicata (OLIVATO et al., 2014).

#### 4.3.2.4 Permeabilidade ao vapor da água

A permeabilidade ao vapor de água foi avaliada pelo método gravimétrico da *American Society for Testing and Material* (ASTM E-96-95) (1995). Primeiro, as amostras foram cortadas em duplicata e condicionadas por uma semana a 53 % em umidade relativa (solução saturada de Nitrato de Magnésio  $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ ). Em seguida, os filmes foram posicionados nas aberturas de cada célula e selados, sendo o interior da célula preenchido com cloreto de cálcio anidro e a selagem realizada com cola à prova d'água (OLIVATO et al., 2011). As células foram pesadas no tempo zero e em seguida colocadas em dessecador contendo solução saturada de cloreto de sódio ( $\text{NaCl}$ ) com umidade relativa de 75 %. Este sistema cria um gradiente de umidade relativa que permite que o vapor de água entre na célula. A pesagem foi realizada continuamente a cada duas horas, em um tempo total de pesagem de 10 horas. Em seguida, pesadas após 24 e 48 horas (OLIVATO et al., 2011).

A taxa de permeabilidade ao vapor de água foi calculada de acordo com a Equação 8, e a permeabilidade ao vapor de água por meio da Equação 9.

$$TPVA = (m/t) \cdot (1/A) \quad \text{Eq. (8)}$$

onde,  $m$  é a massa (g),  $t$  é o tempo (h) e  $A$  é a área de permeação do corpo de prova ( $\text{m}^2$ ).

$$PVA = (TPVA \cdot e) / \rho_s (UR_1 - UR_2) \quad \text{Eq. (9)}$$

onde,  $e$  é a espessura média do corpo de prova (m),  $\rho_s$  é a pressão de saturação de vapor à temperatura do ensaio (Pa),  $UR_1$  é a umidade relativa no interior do dessecador e  $UR_2$  é a umidade relativa no interior do frasco. Os valores de umidade relativa utilizados na equação foram divididos por 100. O ensaio foi realizado em duplicatas.

#### 4.3.2.5 Propriedades mecânicas

As propriedades mecânicas do material foram determinadas pelo método descrito pela *American Society for Testing and Material* (ASTM D-882-91, 1996) por meio de uma máquina universal de testes (Shimadzu). Foram utilizadas 10 amostras de cada formulação, cortadas no tamanho 50 X 20 mm e condicionadas por 48 horas em umidade relativa de 53 %. No equipamento, as amostras foram ajustadas à garra pneumática, com distância entre as garras de 30 mm e velocidade de tração 0,8 mm/s. As propriedades determinadas foram: Tensão Máxima na Ruptura (MPa), Alongamento na Ruptura (%) e Módulo de Young (MPa).

#### 4.3.2.6 Microscopia Eletrônica de Varredura com emissão de campo (MEV-FEG)

A morfologia da superfície dos filmes biodegradáveis foi avaliada utilizando um microscópio eletrônico de varredura com emissão de campo (*Field Emission Gun Scanning Electron Microscopy* – FEG-SEM) utilizando microscópio eletrônico TESCAN (modelo Mira 3, Brno, República Tcheca). Para isto foram cortadas amostras em tamanho 20 X 20 mm e secas em dessecador contendo cloreto de cálcio anidro ( $\text{CaCl}_2$ ) por 3 semanas (OLIVATO et al., 2015). As amostras de filme foram revestidas com ouro utilizando-se o equipamento Sputter Coater (SC 7620) e observadas com uma voltagem de aceleração de 1 kV. As imagens foram obtidas em ampliações de 500x e 3000x.

#### 4.3.2.7 Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FT-IR)

Os espectros de FT-IR dos filmes biodegradáveis foram obtidos utilizando um espectrômetro FT-IR (Tensor 37, Billerica, EUA), equipado com o *software* Opus 7.2.139 (Bruker, Billerica, EUA), através da técnica de Refletância Total Atenuada (ATR). Foi utilizado um cristal de seleneto de zinco e os filmes analisados na região espectral de  $4000\text{-}400\text{ cm}^{-1}$ , com 64 varreduras e resolução de  $4\text{ cm}^{-1}$ .

#### 4.3.2.8 Liberação de compostos fenólicos totais dos filmes

A análise foi realizada conforme descrito por Ludka (2022), com algumas adaptações. Os filmes foram cortados em tamanho 20 x 20 mm, em triplicata, e deixados em dessecador de cloreto de cálcio UR 53 % por 48 horas. Em seguida, adicionou-se 10 mL de água destilada sobre cada um dos filmes (20 x 20 mm) e após o tempo estipulado (0,1, 3, 6 e 8 horas) foi retirado 1 mL de água, sendo definidos o teor de compostos fenólicos das alíquotas pelo método de Folin-Ciocalteu, como se segue: 200 µL desta diluição foram transferidos para um tubo de ensaio e combinados com 7 mL de água destilada, 500 µL do reagente Folin-Ciocalteu e depois de 30 segundos, foram inseridos 2,5 mL de Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> 10,6 % (m/v). Após 5 minutos de incubação à temperatura de 50 °C, a absorbância foi medida em λ=715 nm em leitor de microplacas multimodo híbrido.

### 4.4 AVALIAÇÕES DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DAS AMOSTRAS DURANTE ARMAZENAMENTO

#### 4.4.1 Preparo das Amostras de Queijo

O queijo tipo prato fatiado foi adquirido do comércio local de Ponta Grossa- PR, ao qual foi envolvido e acondicionado com a embalagem desenvolvida. Para o estudo da influência da embalagem na vida útil do queijo, foram definidos 3 tratamentos: amostra controle (QFO), que consistiu no queijo embalado com filme original (poli (etileno)); a amostra QFBM que se refere ao queijo embalado com filme biodegradável ativo contendo 10 % (m/m) de extrato de BM; e amostra QSF, relacionada ao queijo sem embalagem. As fatias de queijos de todos os tratamentos foram armazenadas sob refrigeração (4 - 7 °C) e ao abrigo da luz durante 28 dias. As amostras foram retiradas em diferentes tempos (0, 7, 15, 28 dias), sendo os parâmetros físico-químicos e microbiológicos analisados.

#### 4.4.1.1 Análises Físico-químicas

As análises físico-químicas foram realizadas em triplicata e durante a vida útil das amostras de queijo tipo Prato submetido aos diferentes tratamentos foram as seguintes:

- Teor de umidade, utilizando-se a técnica gravimétrica de aquecimento em estufa, baseando-se na perda de peso das amostras submetidas ao aquecimento a 105 °C até peso constante, conforme AOAC (2012; 1990).
- Acidez total titulável (ATT): determinada por titulação, utilizando-se uma solução de NaOH 0,1 N e fenolftaleína como indicador, sendo o resultado expresso e porcentagem de ácido láctico, conforme as normas analíticas do Instituto Adolfo Lutz (2008).
- pH: determinado por potenciometria após trituração das amostras (3 gramas) em água destilada (30 mL), AOAC, (2012).
- Dureza: A análise de dureza foi determinada utilizando-se um texturômetro (TA.XT2 da Stabl e Micro Systems) utilizando-se um probe de cisalhamento Warner-bratzler, com velocidade do probe de 60,0 mm/s.
- Cor: Determinada por Colorimetria, utilizando-se um colorímetro manual, Konica Minolta, com os parâmetros: L\*, luminosidade; a\*, contribuição do vermelho; e b\*, contribuição do amarelo. A análise foi realizada em triplicata em cada fatia de queijo de 18 gramas.
- Atividade de água (Aw): foi medida por meio de um determinador de Aw, da marca AQUALAB, modelo CX2, a temperatura de 24 °C ± 0,5 °C.
- Perda de peso em massa: As análises foram realizadas nos tempos 0 e 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24 e 28 dias de armazenamento. Uma fatia (aproximadamente 18 gramas) referentes a cada um dos três tratamentos utilizados em cada tempo de armazenamento. A análise foi realizada com o uso de uma balança eletrônica analítica (Marte, modelo AD3300, Minas Gerais, Brasil), com 0,01 gramas de precisão, pela subtração do peso inicial e final, sendo os resultados expressos em porcentagem.

#### 4.4.1.2 Processo de extração de gordura e determinação do índice de acidez

O método utilizado para a extração da gordura foi adaptado do método descrito por Bligh Dyer (1959). Amostras de 30 gramas de queijo triturado foram adicionadas de 150 mL de clorofórmio, 300 mL de metanol e 120 mL de água. Em seguida, a solução foi agitada durante 30 minutos. Adicionou-se 150 mL de clorofórmio e 150 mL da solução de sulfato de sódio anidro 1,5 % previamente preparada. Agitou-se durante 2 minutos e logo em seguida foi transferido a solução para uma ampola de decantação. Após completa separação das duas fases, foi retirada a fase clorofórmica e filtrada para um balão evaporador com um filtro Whatman nº 4, ao qual foi adicionado 1 grama de sulfato de sódio anidro para reter a água da amostra. Depois foi evaporado o clorofórmio a 40 °C. Até a realização dos ensaios do índice de acidez, a gordura foi conservada, protegida da luz, a 5 °C.

A determinação do índice de acidez foi realizada conforme Instrução Normativa do Instituto Adolfo Lutz (2008), para a qual foram pesadas 2 gramas da amostra homogeneizadas e líquidas em frasco Erlenmeyer de 125 mL, adicionadas 25 mL de solução de éter-álcool (2:1) neutra, acrescidas de 2 gotas de solução de fenolftaleína, logo sendo titulada com solução de hidróxido de sódio 0,1 M, observando o exato ponto de viragem, até o aparecimento da coloração rósea, a qual deverá persistir por 30 segundos.

#### 4.4.2 Análises Microbiológicas

A análise microbiológica para contagem de bolores e leveduras foi realizada conforme recomendação de Siqueira (1995). Após o preparo da amostra e diluição correspondente, adicionou-se 0,1 mL de cada diluição do inóculo previamente preparado em uma placa de Petri contendo meio de ágar batata dextrose, e foram incubadas em B.O.D. (Modelo CP 602, Solab) por 5 dias a 25 °C para contagem de colônias de bolores e leveduras. Os resultados foram expressos como unidades formadoras de colônias por grama de amostra (UFC.g<sup>-1</sup>).

Para análises e *Escherichia coli* as amostras foram fracionadas assepticamente em porções de 25 gramas, em placas de Petri estéreis, com o auxílio de facas e espátulas esterilizadas, em seguida foram colocadas em erlenmeyer, contendo 225 mL de água peptonada estéril, precedido de homogeneização por 3 minutos. Para

realização do teste presuntivo, foram selecionadas as diluições de  $10^{-1}$  a  $10^{-3}$ , inoculadas (1 mL) em três séries de três tubos para cada diluição contendo 10 mL de Caldo Lauril Sulfato Triptose (LST). Foram incubados a 35 °C por 48 horas. Para realização do teste confirmativo, após o tempo decorrido da incubação, foram selecionados os tubos positivos que apresentaram turvação do meio e formação de gás no interior do tubo de Durham, sendo transferida uma alçada para tubos de ensaio com Caldo *Escherichia coli* (EC), meios seletivos para termotolerantes. Os tubos foram incubados em estufa e os 27 tubos EC a 45 °C por 48 horas. Após a incubação, os tubos que apresentavam turvação do meio e formação de gás no interior do tubo de Durham, foram considerados positivos para a presença destes microrganismos. Os resultados encontrados foram de acordo com a leitura da tabela do Número Mais Provável (NMP) /g. Para análise de *Escherichia coli*, dos tubos de caldo EC que num período de 48 horas apresentaram turvação do meio e produção de gás nos tubos de Durham, alçadas foram inoculadas por estrias de esgotamento em placas de Petri contendo agar Levine Eosine Azul de Metileno (L-EMB).

#### 4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram analisados estatisticamente utilizando-se o software GraphPad Prisma (v.5.01), onde foram realizados a Análise de Variância (ANOVA) de uma e de duas vias seguidas de pós teste Tukey e Bonferroni, respectivamente com (significância de 5%). O  $IC_{50}$  do ensaio da atividade antioxidante ABTS<sup>•+</sup> e DPPH<sup>•</sup> foram calculados por regressão linear.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 DETERMINAÇÃO DA COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DO BAGAÇO DE MALTE

O bagaço de malte apresentou baixos teores de umidade, cinzas, lipídeos e elevado teor de fibras e proteína bruta (Tabela 2). O bagaço de malte utilizado neste estudo apresentou composição semelhante aos resultados relatados por Mello e Mali (2014), que encontraram teor total de fibra bruta de  $63,84 \pm 2,32$  %, de cinzas de  $2,78 \pm 0,18$  % e teor de umidade de  $5,34 \pm 0,49$  %.

Tabela 2 - Composição centesimal do bagaço de malte do tipo Pilsen (BM).

Parâmetros	Resultados para o BM (%)
Umidade	$5,24 \pm 0,52$
Cinzas	$2,40 \pm 0,13$
Lipídeos	$9,89 \pm 0,08$
Proteína	$22,99 \pm 1,21$
Fibra bruta	$68,12 \pm 5,42$

Nota: (BM- Bagaço do malte)

Dados expressos como média  $\pm$  desvio padrão (n=3, exceto fibras, cujo n= 8).

Fonte: a autora.

No estudo de Figueiredo et al. (2020) foram encontrados resultados similares aos da Tabela 2, com teores de lipídios de  $9,42 \pm 0,40$  %, teor de cinzas de  $5,42 \pm 0,38$  %, umidade de  $23,96 \pm 0,08$  % e proteínas de  $23,53 \pm 0,51$  %, para bagaço de malte.

Saraiva et al. (2019) afirmaram que a composição final do resíduo de BM pode variar de acordo com o tipo de malte e o processo utilizado. Em seus resultados encontrou teor de proteínas de 23,48 % e fibras brutas de 19,62 %, sendo este último muito inferior ao do presente estudo. Jacometti et al. (2015) verificaram em resíduos fibrosos obtidos da agroindústria uma percentagem de proteínas de 13,60 %, lipídeos 4,44 % valores inferiores, somente para cinzas valor de 2,78 %, e fibra bruta de 61,83 % valores que corroboram com este estudo.

A variação dos valores obtidos para a composição centesimal de subprodutos, principalmente do bagaço de malte, se deve a diversos fatores como a variedade da cevada, a época da colheita, os grãos utilizados no malte, o processo de mosturação, resíduo de leveduras e do tipo de cerveja obtida (MELLO; MALI, 2014).

## 5.2 DETERMINAÇÃO DA CAPACIDADE ANTIOXIDANTE DOS EXTRATOS DE BAGAÇO DE MALTE

A quantificação do teor de compostos fenólicos no extrato de bagaço de malte obteve resultado de  $263,23 \pm 10,97$  mg EAG/g amostra. Almeida (2022) encontrou teores de compostos fenólicos de  $154,52 \pm 2,36$  mg EAG/g para o extrato do bagaço de malte, sendo que o presente estudo apresentou maior quantidade de compostos fenólicos. Ivanova et al. (2017) avaliando compostos fenólicos de diferentes maltes, encontrou valores variando 1,30 a 1,60 mg EAG/g, inferiores aos relatados na Tabela 2. Essas diferenças se devem, provavelmente, às diferentes matérias-primas, processos de produção e temperatura utilizadas na produção da cerveja. Ainda, as variações observadas no teor de fenólicos obtidos para o extrato de bagaço de malte podem ocorrer devido às suas condições de armazenamento, ao tipo solvente utilizado e o método de extração. Segundo Moreira et al. (2013), as diferenças genéticas, climáticas ou geográficas de cada grão e o processo de maltagem podem influenciar na composição e características antioxidantes do BM.

Os resultados obtidos para o BM, quando analisados frente a outros tipos de extratos, mostram que o BM apresentou maior teor de compostos fenólicos em seus resultados, considerando o mesmo método extração. Kmiecik; Gramza-Michałowska e Korczak (2018), ao avaliar extratos de chá verde, obtiveram resultados de teor de fenólicos de 198 mg EAG/g extrato. Cruz (2016), avaliando o teor de fenólicos dos extratos da semente de butiá, obtidos pelo método de extração Soxhlet observou que o teor de fenólicos variou de 15,6 a 193 mg EAG/g.

Os resultados da análise antioxidante do extrato de BM avaliada pelos métodos de DPPH• e ABTS•+ são apresentados na Tabela 3. Ambos os testes apresentaram tendência crescente de atividade antioxidante em relação à concentração de extrato utilizada no experimento. Os ensaios relativos ao método de captura de radicais ABTS•+ mostraram que este apresentou nível de eficiência similares de captura apresentadas no ensaio DPPH•.

Tabela 3 - Atividade antioxidante do extrato do bagaço de malte pelo método *scavenger* de ABTS<sup>•+</sup> e DPPH<sup>•</sup>.

Concentração (µg/mL)	Inibição (%) (DPPH <sup>•</sup> )	Inibição (%) (ABTS <sup>•+</sup> )
250	20,60 ± 1,56	90,65 ± 16,24
225	19,44 ± 0,60	82,93 ± 5,42
200	18,52 ± 3,03	47,97 ± 3,01
175	9,03 ± 3,01	34,76 ± 4,99
150	7,17 ± 0,87	30,28 ± 0,35
125	3,24 ± 1,91	15,24 ± 4,00
100	1,85 ± 2,63	4,27 ± 0,86
IC <sub>50</sub>	>250 (447,07)	185,95

Nota: Dados expressos como média ± desvio padrão (n=3). IC<sub>50</sub> calculada interpolação em regressão linear

Fonte: a autora

Os resultados de atividade antioxidante por ambos os métodos também foram expressos como IC<sub>50</sub>, que se refere à concentração mínima de extrato necessária para inibir em 50 % a atividade dos radicais livres DPPH<sup>•</sup> e ABTS<sup>•+</sup>. Dessa forma, quanto menor o IC<sub>50</sub>, maior a atividade antioxidante do extrato. O resultado obtido para o IC<sub>50</sub> do extrato de bagaço de malte na atividade *scavenger* de ABTS<sup>•+</sup> foi de 185,95 µg/mL e para o método DPPH<sup>•</sup> foi de 447,07 µg/mL (Tabela 3). Esses resultados comprovam a atividade antioxidante do bagaço de malte em ambos os testes. Como o DPPH<sup>•</sup> só pode ser dissolvido em meio orgânico, pode ocorrer uma limitação na determinação de antioxidantes hidroxila, ao contrário do ABTS<sup>•+</sup> que é solúvel em água e meio orgânico (OYAIZU, 1986). Estas características químicas presentes no bagaço de malte estão atribuídas a compostos hidrofóbicos que atribuem baixa absorção e solubilidade em água, mas alta absorção em óleo.

Almeida (2014) analisou a atividade antioxidante do bagaço de malte pelo método DPPH<sup>•</sup> e atingiu o resultado de EC<sub>50</sub> em torno de 6,62 ± 0,09 mg/mL, já utilizando o método ABTS<sup>•+</sup> encontrou 26,09 ± 0,80 mg/mL. Saraiva et al. (2019) também verificou a atividade antioxidante do BM por ABTS<sup>•+</sup> (30,05 mg/mL) e DPPH<sup>•</sup> (12,86 mg/mL), em percentagem de radical livre de ambos os métodos. Vale ressaltar que os autores utilizaram diferentes concentrações de extrato, obtidos a partir de diferentes processos extrativos, o que torna difícil uma comparação real com o presente trabalho.

A comparação dos resultados de atividade antioxidante obtidos para o bagaço de malte com outros resíduos agroindustriais é interessante como forma de avaliar o

potencial de aplicação comercial deste material. Nesse sentido, Batista (2013) avaliou a capacidade antioxidante em extração etanólica da casca do fruto laranjinha de pacu obtiveram resultados de IC<sub>50</sub> de 228,26 µg /mL, avaliados por meio da técnica de DPPH•. Rego (2014) realizou atividade antioxidante por DPPH• em casca do arroz, com resultados de IC<sub>50</sub> compreendidos entre 120 µg/mL a 140 µg/mL. Salanti et al. (2010), observaram valores de IC<sub>50</sub> de 110 µg /mL em amostra de casca arroz extraídas com etanol por DPPH•.

O IC<sub>50</sub> observado para o BM de malte foi superior aos relatados nestes estudos. A diferença entre os resultados obtidos neste trabalho e os de outros autores pode ser parcialmente explicada pela diferença de subvariedades de extratos solventes e métodos de extração usados. Outro aspecto na comparação de resultados é que a determinação da capacidade antioxidante pelo método do DPPH• e ABTS•+ não é universal. Dependendo do procedimento usado, os resultados podem ser reportados de inúmeras formas.

### 5.3 CARACTERIZAÇÃO DOS FILMES

#### 5.3.1 Espessura, Solubilidade, Densidade, Opacidade e Permeabilidade ao Vapor de água.

A Tabela 4 apresenta os resultados das análises de espessura, solubilidade, densidade e opacidade dos filmes incorporados com BM.

Tabela 4 – Espessura, solubilidade, densidade e opacidade dos filmes.

Filmes	Espessura (µm)	Solubilidade (%)	Densidade (g/cm <sup>3</sup> )	Opacidade
<b>FS</b>	49,5 ± 4,0 <sup>a</sup>	47,64 ± 4,8 <sup>a</sup>	0,0039 ± 0,0008 <sup>a</sup>	29,0 ± 7,0 <sup>a</sup>
<b>F5BM</b>	49,5 ± 6,1 <sup>a</sup>	48,78 ± 9,2 <sup>a</sup>	0,0052 ± 0,0021 <sup>b</sup>	20,6 ± 1,5 <sup>a</sup>
<b>F7,5BM</b>	87,0 ± 20,9 <sup>b</sup>	50,1 ± 25,7 <sup>a</sup>	0,0057 ± 0,0031 <sup>b</sup>	25, ± 3,6 <sup>a</sup>
<b>F10BM</b>	87,5 ± 18,2 <sup>b</sup>	54,1 ± 25,3 <sup>a</sup>	0,0079 ± 0,0025 <sup>b</sup>	32,9 ± 6,0 <sup>a</sup>

Dados expressos como média ± desvio padrão. Letras diferentes, na mesma coluna, indicam diferença estatística (p<0,05). Notas: o número na sigla da amostra é referente à concentração de BM.

Fonte: a autora.

A espessura dos filmes variou entre 49,5 µm e 87,5 µm e a adição dos extratos de BM nas concentrações elevadas (F7,5BM e F10BM) aumentou significativamente a espessura dos filmes, em relação às amostras FS e F5BM. Essa diferença se deve, provavelmente, ao maior teor de sólidos totais nas formulações contendo mais extrato, conforme mostrado por (ROSAS, 2019).

No estudo de Ludka (2022) avaliando filmes contendo BM nas concentrações de 3% e 5% (m/m) obtiveram espessuras similares às do presente trabalho, variando de 0,085 mm a 0,088 mm, valores correspondentes a 85  $\mu\text{m}$  e 88  $\mu\text{m}$ , sem diferença estatística entre as formulações.

A densidade do filme ou de uma determinada área do material está diretamente relacionada à sua resistência mecânica (SARANTÓPOULOS et al., 2002; ALMEIDA, 2013). Os valores de densidade dos filmes (Tabela 4) demonstram que o filme controle (FS) apresentou menor valor de densidade, quando comparado aos demais. Assim foi possível concluir que a adição do extrato de BM leva à filmes mais densos e, embora não tenham sido observadas diferenças entre as concentrações de extrato testadas, uma tendência de aumento na densidade foi observada para a amostra F10BM. O aumento no teor de sólidos totais por área de filme pode ter contribuído para os valores de densidade observados, estando de acordo com os resultados obtidos para a espessura dos filmes.

A solubilidade em água é uma característica importante no desenvolvimento de materiais projetados para entrar em contato direto com meios aquosos, especialmente no caso de embalagens de alimentos. Normalmente, amostras com alta solubilidade em água tendem a solubilizar quando entram em contato com produtos alimentícios com alta atividade de água (LEITES, FRICK e CRISTINA 2021). O presente trabalho mostrou valores de solubilidade em água das amostras de filmes (FS, F5BM, F7,5BM e F10BM) de 47 % a 54 %, sem diferença significativa entre as amostras (Tabela 4). Isso mostra que, nas concentrações testadas, o extrato de BM não interferiu na afinidade dos filmes com a água.

De Moraes Crizel et al. (2016) avaliaram a solubilidade de filmes à base de gelatina e glicerol com a incorporação de resíduo de mirtilo (na forma de fibras ou extrato), e não encontrou diferença estatística, com resultados de solubilidade variando entre 26 e 32,5 %, inferiores a esse estudo.

Leite, Frick e Cristina (2021) mostraram que a solubilidade em água para os filmes de amido de mandioca com a incorporação de resíduos de laranja na forma de extrato aquoso foi significativamente maior do que em pó, segundo possivelmente devido ao maior teor de compostos hidrossolúveis na fração extraída em semelhança com pó (LOPEZ et al., 2016). O aumento da solubilidade em água também foi observado por Nouri e Mohammadi (2014) para a adição de extrato de folha de betel

em filmes de amido de sagu e em Nogueira et al. (2019) para polpa de amora em filmes bioativos de amido de araruta.

Baek et al. (2019) relataram que a solubilidade em água dos filmes à base de amido de feijão aumentou (de 25 % para 32 %) após a incorporação de extratos de maqui usando diferentes concentrações. Isto acontece devido a diminuição da integridade da matriz base (amido) por extratos que elevam o teor de água dos filmes (HOMAYOUNI et al., 2017).

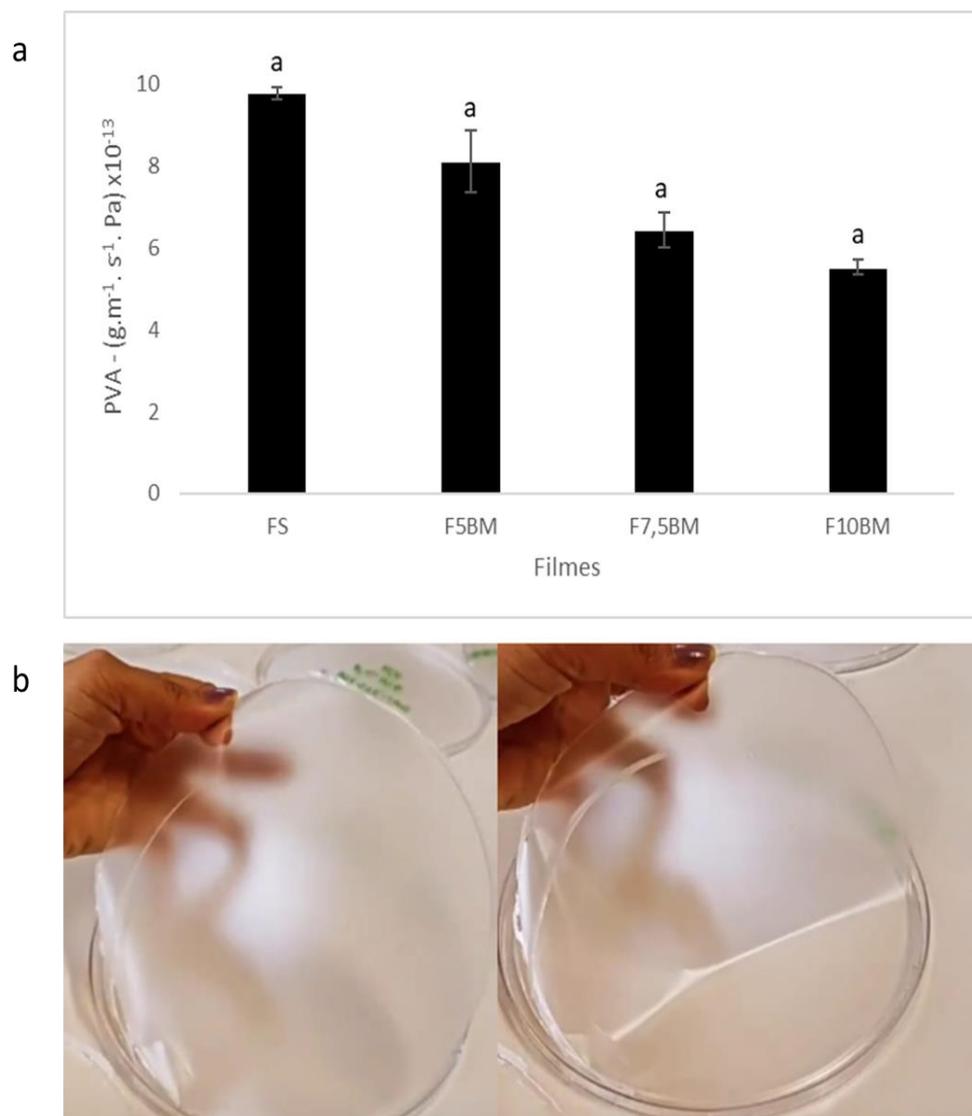
Propriedades ópticas, como a cor e opacidade, são as características mais relevantes ao considerarmos a aceitação do consumidor, pois influenciam as escolhas alimentares. Filmes transparentes são mais aceitáveis, pois auxiliam na visualização dos alimentos e trazem segurança aos consumidores (BALTI et al., 2017; OLIVEIRA et al., 2018). Os resultados da análise da opacidade dos filmes estão descritos na Tabela 4. Independente da concentração de extrato de BM adicionada às formulações, a opacidade dos materiais permaneceu a mesma, sem diferença significativa em relação à amostra controle (FS). Esse resultado favorece a aplicação dos materiais biodegradáveis ativos com extrato de BM na embalagem de alimentos, considerando que a aparência visual é essencial para a apresentação do produto alimentício.

No trabalho de Ludka (2022) foram desenvolvidos filmes de amido com adição de BM, o que resultou em opacidade similar ( $28,5 \text{ %}/\mu\text{m} - 32,5 \text{ %}/\mu\text{m}$ ) entre as amostras (sem diferença significativa), que está de acordo com os resultados observados no presente estudo. Rocha et al. (2014) ao avaliar filmes de amido de mandioca e proteína de soja plastificados com glicerol, observaram que os diferentes teores de extrato proteico de soja e de glicerol, assim como a variação do pH, não afetaram significativamente a opacidade dos materiais.

Almeida et al. (2013) observaram um aumento da opacidade em função do aumento da concentração de celulose microbiana nos filmes de amido de batata e celulose microbiana plastificados com glicerol. Essa variação ocorreu devido ao teor de amilose dos amidos presentes em cada componente de misturas, cujas moléculas devido a linearidade se aproximam para formar pontes de hidrogênio entre hidroxilas de cadeias adjacentes. No estudo em questão, o amido de mandioca foi adicionado na mesma proporção em todas as formulações, e a adição do extrato não influenciou a interação entre os componentes da matriz polimérica, mantendo opacidade constante.

A Figura 4 (a), demonstra a taxa de permeabilidade ao vapor de água (PVA). É possível observar que existe uma tendência de redução do PVA entre as amostras FS, F5BM, F7,5BM e F10BM, respectivamente, no entanto, não houve diferença estatística entre resultados encontrados independente da concentração de extrato testada ( $p < 0,05$ ). A presença dos extratos de BM não interferiu no comportamento dos filmes em relação a sua permeabilidade ao vapor de água (PVA). Entretanto, a tendência de redução da PVA com o aumento na proporção de extrato pode ser observada, o que pode ser justificado pela hidrofobicidade dos extratos de BM, sendo que concentrações superiores de extrato poderiam resultar em filmes com reduzida PVA. No mesmo segmento da Figura 4 (b), é possível verificar os filmes desenvolvidos.

Figura 4: (a) Permeabilidade ao vapor de água (PVA -  $(\text{g}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{s}^{-1}\cdot\text{Pa}) \times 10^{-13}$ ) dos filmes; (b) Filmes desenvolvidos.



Fonte: a autora.

Da Rosa Zavareze et al. (2012), afirmam que materiais de embalagem devem possuir baixos valores de permeabilidade ao vapor de água (ou alta barreira) para aplicações alimentícias, visando preservar as propriedades físico-químicas e biológicas dos alimentos. Mikolaiczik et al. (2020) demonstraram que a permeabilidade ao vapor da água de filmes de amido de mandioca incorporados extrato de *Physalis peruviana* em diferentes concentrações resultou na diminuição da PVA. Tal fato se deve à diminuição da concentração de glicerol. Enquanto para este estudo não houve interferência, pois, a quantidade de glicerol usada foi constante em todas as amostras.

Conforme Moraes Crizel (2016), avaliou filmes com extrato de bagaço de mirtilo em diferentes concentrações e observou que a adição dos extratos não afetou a permeabilidade do vapor de água. Esse resultado, assim como o apresentado nesse estudo, pode ser explicado devido a uma possível interação estrutural da matriz filmogênica com os compostos fenólicos presentes no extrato, o qual não alterou a higroscopicidade do material nas concentrações testadas.

Segundo Benvegnú (2022), a permeabilidade ao vapor de água avaliada em filmes contendo extrato etanólico de própolis resultou em valores de  $5,00 \cdot 10^{-11} \pm 5,63 \cdot 10^{-13} \text{ g.m}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$  identificando que a adição de extrato não interferiu estatisticamente no comportamento dos filmes, sendo o mesmo observado para resultados de PVA (Figura 4). Outro estudo bastante similar foi desenvolvido por (MARTINY et al. 2021) que utilizaram como base a carragena e glicerol, que resultou em uma permeabilidade ao vapor de água de  $6,61 \cdot 10^{-11} \text{ g.m}^{-1} \cdot \text{Pa}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$ . Comparando com a literatura é possível observar que os resultados obtidos aqui foram bastante promissores quando relacionados a permeabilidade do vapor de água.

### 5.3.2 Propriedades Mecânicas

Na Tabela 5 estão apresentados os resultados dos ensaios de tração para avaliação das propriedades mecânicas das diferentes formulações de filmes. Não houve diferença estatística entre as amostras considerando a resistência máxima à tração, o que mostra que mesmo quando concentrações superiores de extrato são adicionadas às formulações, a resistência dos materiais foi mantida, favorecendo a aplicação dos extratos como bioativos em embalagens ativas para alimentos.

Essa resistência é desejável em filmes quando utilizado como embalagens de alimentos sensíveis à manipulação (SARANTÓPOULOS et al., 2002; ALMEIDA et al., 2013).

Tabela 5 – Propriedades mecânicas dos filmes.

Filmes	Resistência máxima a tração (MPa)	Elongação (%)	Módulo de Young (MPa)
<b>FS</b>	5,33 ± 1,15 <sup>a</sup>	262,1 ± 64,55 <sup>a</sup>	130,3 ± 49,34 <sup>a</sup>
<b>F5BM</b>	5,08 ± 2,74 <sup>a</sup>	155,0 ± 69,55 <sup>b</sup>	160,5 ± 85,05 <sup>a</sup>
<b>F7,5BM</b>	5,81 ± 1,06 <sup>a</sup>	235,9 ± 38,79 <sup>a</sup>	182,2 ± 35,84 <sup>a</sup>
<b>F10BM</b>	5,73 ± 0,62 <sup>a</sup>	232,4 ± 54,26 <sup>a</sup>	154,6 ± 31,16 <sup>a</sup>

Dados expressos como média ± desvio padrão (n=10). Letras iguais na mesma coluna significam que não houve diferença estatística (p<0,05). Notas: o número na sigla da amostra é referente à concentração de BM.

Fonte: a autora.

Com relação ao valor de alongação na ruptura (Tabela 5) houve diferença estatística (p<0,05) apenas para a amostra F5BM, em relação aos demais filmes. Portanto, verificou-se que os filmes com maiores concentrações de extrato (7,5 % e 10 %) resultaram em valores de alongação na ruptura ( $\epsilon$ ) similares ao filme controle (FS), sendo o maior percentual de deformação encontrado para o filme F7,5BM (235,9 ± 38,79%). É possível que, com a incorporação de concentrações maiores do extrato de BM, este pode ter atuado como um plastificante durante o processo, o que contribuiu para a manutenção da alongação dos filmes.

O efeito oposto foi verificado por Kanmani e Rhim (2014), em que a adição do extrato da semente de toranja diminuiu a resistência à tração e o módulo de elasticidade dos filmes.

O módulo de Young, também conhecido como módulo elástico, diz respeito à rigidez da embalagem, sendo que quanto maior este módulo, mais rígido é o material (OLIVEIRA DE MORAES et al., 2015). Foi possível notar (Tabela 5) que o módulo de Young dos filmes contendo BM foram estatisticamente iguais ao da amostra controle (FS), mesmo comportamento observado para a resistência máxima à tração. Isso demonstra que a incorporação dos extratos de BM não influenciou a rigidez dos filmes.

Pastor et al. (2010) avaliaram filmes de biopolímeros adicionados com própolis e obtiveram resultados semelhantes ao deste estudo, onde mostraram que a adição de extrato de própolis (0-1,5 %, m/m) não afetou significativamente a resistência à tração e o módulo de elasticidade dos filmes, mas reduziu a alongação quando a concentração de extrato aumentou.

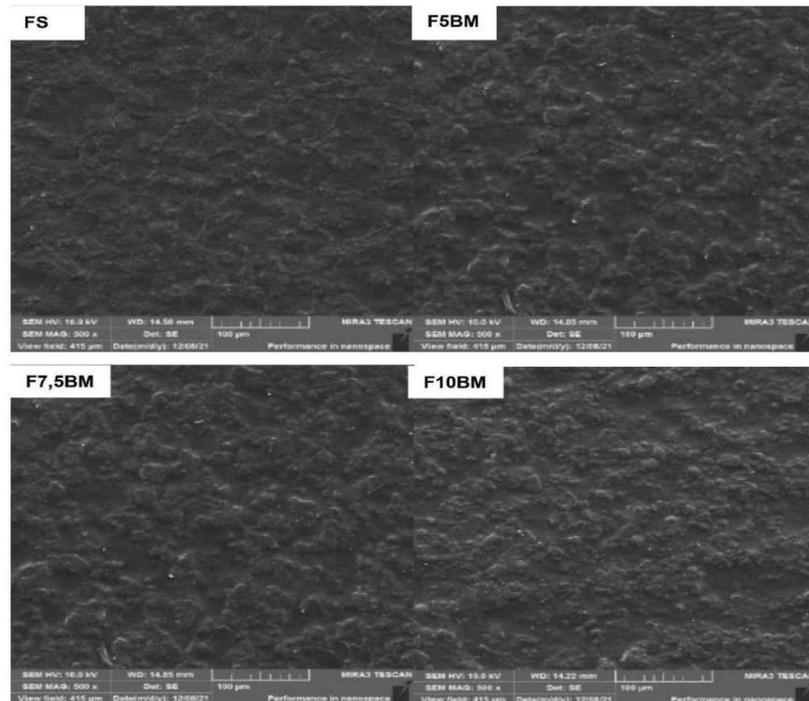
### 5.3.3 Microscopia Eletrônica de Varredura por Emissão de Campo (MEV-FEG)

A análise de microscopia eletrônica de varredura de alta resolução (MEV-FEG) foi realizada nas áreas de superfície dos filmes à base de amido e incorporados com extrato de BM em diferentes concentrações, cujas imagens estão apresentadas nas Figuras 5 e 6.

O filme padrão (FS) apresentou superfície mais uniforme e menos rugosa em comparação aos filmes adicionados de extrato de BM. Dessa forma, as micrografias após a adição do extrato de BM (F5BM, F7,5BM, F10BM) (Figura 5), exibiram uma aparência mais heterogênea que são típicas de filmes de amido com adição de extratos (LÓPEZ et al., 2011).

Alguns autores tiveram comportamentos semelhantes nas micrografias dos filmes. Lopes (2018) percebeu que a superfície dos filmes incorporados com extrato de barbatimão se tornou mais áspera. Kadam et al. (2015) encontrou o mesmo comportamento na superfície em filmes de caseína com outros extratos vegetais. Assim, se torna evidente que filmes elaborados com extratos vegetais em sua composição podem tornar sua superfície mais áspera.

Figura 5 - Micrografias (MEV-FEG) obtidas para a superfície das amostras (ampliação 500x).



Fonte: a autora.

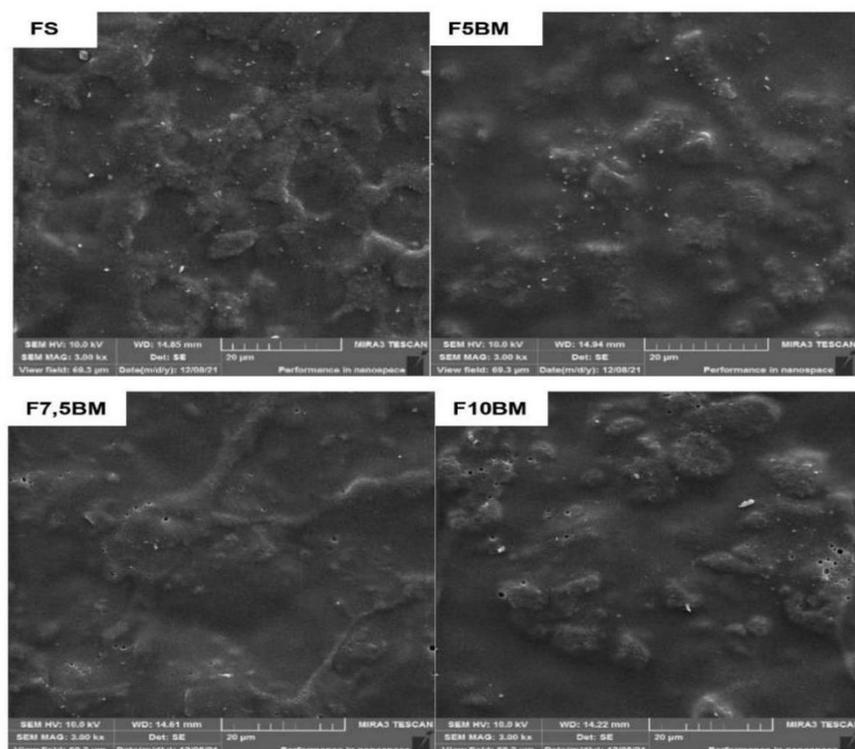
Notas: o número na sigla da amostra é referente à concentração de BM.

Pelas micrografias apresentadas na Figura 6, foi possível notar o aparecimento de pequenos poros (que não promovem alterações mecânicas nos filmes) nas amostras F7,5BM e F10BM, as quais podem estar relacionadas às condições de secagem da amostra ou a influência do BM na organização da matriz polimérica. A rugosidade do filme com extrato de bagaço de malte pode ser explicada pelas interações entre os compostos fenólicos e os componentes da matriz polimérica (RATTAYA; BENJAKUL; PRODPRAN, 2009).

Shirai et al. (2016) na avaliação da microestrutura dos filmes à base de amido percebeu que com o aumento da proporção dos materiais incorporados à matriz leva ao aumento da rugosidade superficial. Tal fato também foi observado no estudo de Jaramillo et al. (2017) ao analisarem por microscopia eletrônica de varredura os filmes de amido incorporados com extrato de manjeriço, onde observaram que a adição do extrato ao filme levou à formação de rugosidade da superfície do filme.

Padilha (2019) fez um estudo com filmes incorporados com extratos de açaí e observando nas imagens de microscopia eletrônica identificou rugosidade nas amostras devido a quantidade de compostos fenólicos presentes nos extratos, agregados aos biopolímeros na matriz.

Figura 6 - Micrografias (MEV-FEG) obtidas para a superfície das amostras (ampliação 3000x).

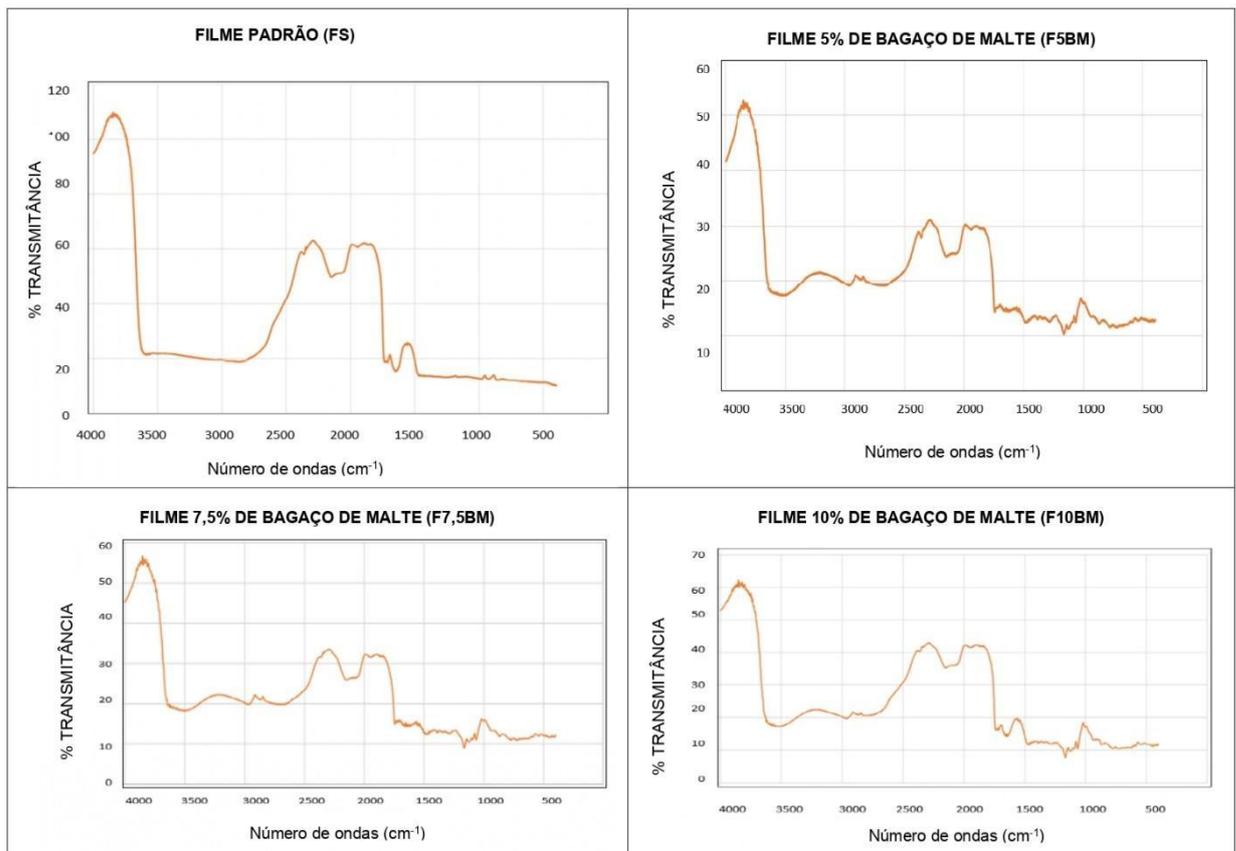


Fonte: a autora.

### 5.3.4 Espectroscopia de Infravermelho com Transformada de Fourier (FT-IR)

A análise de FT-IR foi utilizada para investigar potenciais interações/reações moleculares entre os polímeros biodegradáveis e os extratos presentes no filme. Todos os filmes com adição de extratos apresentaram espectros de FT-IR foram similares entre si, quando relacionados com o filme padrão (FS) (Figura 7). A principal banda observada foi a banda larga entre  $3200\text{-}3600\text{ cm}^{-1}$  atribuída ao estiramento das ligações O-H, presente em todas as amostras. Esses resultados corroboram com os valores de Borsato (2019), que observou no espectro a banda em  $3300\text{ cm}^{-1}$ , visualizada em todas as amostras de amido de trigo, a qual relaciona-se à deformação axial O-H. Dalfolo (2022) também observou a banda na região de  $3290\text{ cm}^{-1}$ , resultante das vibrações de deformação axial do grupo O-H.

Figura 7 – Espectros de FT-IR dos filmes obtidos com diferentes concentrações do bagaço de malte



Fonte: a autora.

Analisando os espectros de FT-IR dos filmes obtidos (Figura 7) pode-se notar que após a incorporação dos extratos houve um deslocamento das bandas na região

de 3200, 1500 e 1000  $\text{cm}^{-1}$ , referente ao estiramento O-H. A banda em 3300  $\text{cm}^{-1}$  observada nos resultados é associada claramente a grupos funcionais de compostos fenólicos, naturalmente presentes na estrutura do ácido ferúlico em bagaço de malte (ROBERT, 1988).

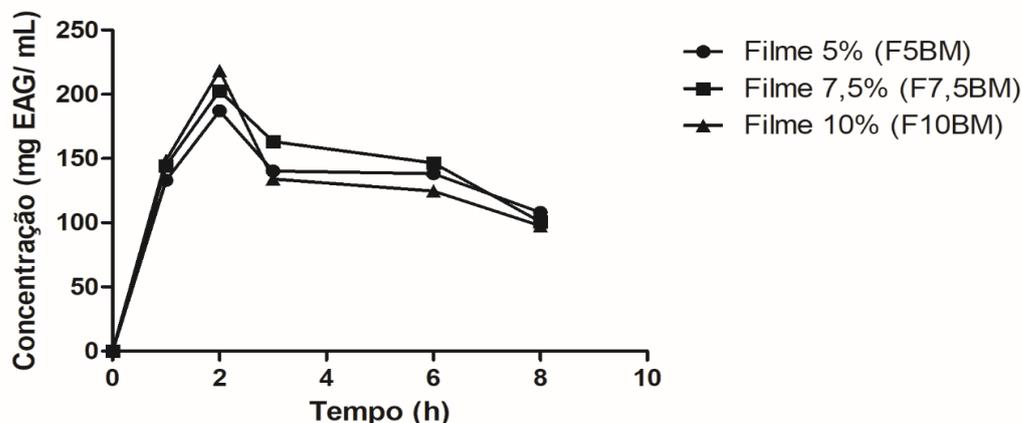
Nos espectros das amostras F5BM, F7,5BM e F10BM também se observou estiramento na banda C-O entre 1300 e 1000  $\text{cm}^{-1}$ , em outros aspectos, o espectro de éteres simples e muito similar ao dos alcanos (PAVIA *et al.*, 2010). Estes sinais podem corresponder às bandas que caracterizaram a presença de compostos fenólicos e compostos aromáticos no extrato do bagaço de Malte existentes nos filmes.

Ginity (2018) observou banda larga entre 3600-3200  $\text{cm}^{-1}$  atribuída ao estiramento das ligações O-H; banda em 2900  $\text{cm}^{-1}$  correspondentes ao estiramento das ligações C-H, banda entre 1200-1000  $\text{cm}^{-1}$  característica do amido e de outros polissacarídeos, atribuída à vibração das ligações C-O-C. Além disso, a banda presente na região de 3000  $\text{cm}^{-1}$  está associada ao alongamento de C-H do anel aromático. E em 1300  $\text{cm}^{-1}$ , associado a uma banda representada pela vibração C-H no grupo metil (ROBERT,1988).

### 5.3.5 Determinação de Compostos Fenólicos Liberados dos Filmes

O teor de fenólicos totais liberados dos filmes é responsável pela capacidade antioxidante, sendo avaliados em meio aquoso nos tempos 0, 1, 2, 3, 6 e 8 horas, conforme os resultados apresentados na Figura 8.

Figura 8 - Teor de fenólicos liberados dos filmes avaliados em meio aquoso.



Fonte: a autora.

Considerando os resultados observados para o tempo 2 horas, em relação ao tempo inicial, houve um aumento do teor de fenólicos liberados em todas as amostras de filmes, registrando valores de  $187,18 \pm 18,81$  EAG/mL para o Filme 5 % (m/m),  $202,81 \pm 20,6$  EAG/mL para o Filme 7,5 % (m/m) e  $218,43,68 \pm 23,81$  mg EAG/mL para o Filme 10 % (m/m). Não houve diferença estatística entre os filmes com diferentes concentrações de BM, neste período. Esses resultados foram similares ao estudo de Ludka (2022), avaliando também filmes com concentrações de 3 % e 5 % de extrato de BM, que apresentaram aumento do teor de fenólicos liberados em decorrência do tempo no meio aquoso.

Após a segunda hora de experimento, houve uma redução na taxa de liberação de compostos fenólicos, obtendo valores constantes para o tempo 3 e 6 horas e uma ligeira redução em 8. Para o Filme 5 % (m/m) o teor de fenólicos inicial foi de  $133,02 \pm 23,6$  mg EAG/mL; para o Filme 7,5 % (m/m) foi de  $144,47 \pm 10,27$  mg EAG/mL; e para o filme 10 % (m/m) foi de  $148,64 \pm 12,48$  mg EAG/mL. No tempo final de 8 horas, o filme de 5 % (m/m) mostrou  $108,21 \pm 10,27$  mg EAG/mL de compostos fenólicos liberados em água, enquanto o Filme 7,5% teve  $100,72 \pm 9,27$  mg EAG/mL e para o Filme 10 % (m/m) foi de  $97,6 \pm 9,1$  EAG/mL, sem diferença estatística entre as amostras no mesmo tempo de ensaio.

Farias (2018) avaliando filmes com os extratos de erva mate percebeu que a liberação de compostos fenólicos ocorre com maior intensidade nos tempos iniciais, e de forma mais lenta após 48 horas. O autor ressalta que os filmes com 25 % de extrato de erva-mate apresentaram maiores taxas de liberação em meios aquosos indicando que podem ser utilizados como embalagens ativas em alimentos hidrofílicos ácidos. Afirmou também que, mesmo com baixas taxas de liberação em sistemas apolares, estes filmes poderão ser utilizados em alimentos lipídicos com a mesma finalidade, podendo ser aplicado em queijos, embutidos cárneos, castanhas e nozes, entre outros produtos alimentícios que são susceptíveis a degradação oxidativa. Fato semelhante foi observado no presente estudo que, após a 3 horas, a liberação de fenólicos foi reduzida e manteve uma certa constância (*plateau*) no decorrer do experimento, apontando para a atuação como embalagem ativa de alimentos mesmo em concentrações reduzidas de extrato de BM.

## 5.4 VERIFICAÇÃO DOS PARÂMETROS FÍSICO-QUÍMICOS DAS AMOSTRAS DE QUEIJO DURANTE ARMAZENAMENTO

O filme F10BM, contendo maior concentração de BM, apresentou os melhores resultados em relação à solubilidade em água, permeabilidade ao vapor de água, propriedades mecânicas e perfil de liberação de compostos fenólicos, sendo então a formulação de escolha para aplicação na embalagem de queijo tipo prato fatiado.

As amostras de queijo prato fatiado foram então avaliadas em sua embalagem original de polietileno (QFO), embaladas com filme de amido e extrato de BM (10 %) (QFBM) e sem embalagem (QSF). As amostras foram avaliadas durante seu período de vida útil e os resultados das suas propriedades físico-químicas são discutidos a seguir.

### 5.4.1 Análises Físico-químicas

Os resultados das análises de umidade, pH, acidez total titulável e atividade de água das amostras embaladas durante seu período de vida útil estão descritos na Tabela 6.

Segundo os resultados da Tabela 6 é possível perceber que a amostra em sua embalagem original (QFO) não mostrou diferenças significativas ( $p < 0,05$ ) para as análises de pH, umidade, cinzas, acidez total titulável, atividade de água e índice de acidez durante o tempo de armazenamento.

Com o aumento do tempo de armazenamento, houve um decréscimo nos valores de pH nos tratamentos QFBM e QSF com diferenças estatísticas nos tempos de 15 e 28 dias. A acidez total titulável das amostras QFBM e QSF aumentou durante o armazenamento, com diferenças estatísticas entre si e registrando valores de acidez de  $0,92 \pm 0,14$  para amostra QFBM e  $0,96 \pm 0,13$  para a amostra QSF. Nesse sentido, foi possível identificar a correlação entre pH e acidez, pois verificou-se que proporcionalmente com aumento da acidez ocorreu a queda do pH dos tratamentos durante o período de armazenamento de 15 e 28 dias das amostras QFBM e QSF.

Tratamentos	Análises físico-químicas do queijo armazenado		
<b>pH</b>			
Tempo (dias)	QFO	QFBM	QSF
0	6,20 ± 0,08 <sup>a</sup>	6,20 ± 0,08 <sup>a</sup>	6,20 ± 0,08 <sup>a</sup>
7	6,00 ± 0,05 <sup>a</sup>	5,96 ± 0,00 <sup>a</sup>	5,90 ± 0,05 <sup>a</sup>
15	5,98 ± 0,04 <sup>a</sup>	5,88 ± 0,04 <sup>b</sup>	5,83 ± 0,01 <sup>b</sup>
28	5,91 ± 0,01 <sup>a</sup>	5,79 ± 0,02 <sup>b</sup>	5,75 ± 0,04 <sup>b</sup>
<b>Teor de umidade (%)</b>			
Tempo (dias)	QFO	QFBM	QSF
0	54,06 ± 0,09 <sup>a</sup>	54,06 ± 0,09 <sup>a</sup>	54,06 ± 0,09 <sup>a</sup>
7	55,15 ± 0,46 <sup>a</sup>	20,53 ± 8,22 <sup>b</sup>	12,06 ± 0,20 <sup>b</sup>
15	54,45 ± 1,08 <sup>a</sup>	8,42 ± 0,22 <sup>b</sup>	9,17 ± 0,16 <sup>b</sup>
28	52,94 ± 20,91 <sup>a</sup>	12,57 ± 6,67 <sup>b</sup>	7,47 ± 0,60 <sup>b</sup>
<b>Acidez titulável (% ác. láctico)</b>			
Tempo (dias)	QFO	QFBM	QSF
0	0,50 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,50 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,50 ± 0,01 <sup>a</sup>
7	0,43 ± 0,07 <sup>a</sup>	0,52 ± 0,03 <sup>a</sup>	0,53 ± 0,06 <sup>a</sup>
15	0,43 ± 0,08 <sup>a</sup>	0,82 ± 0,06 <sup>b</sup>	0,86 ± 0,06 <sup>b</sup>
28	0,51 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,92 ± 0,14 <sup>b</sup>	0,96 ± 0,13 <sup>b</sup>
<b>Atividade de água (aW)</b>			
Tempo (dias)	QFO	QFBM	QSF
0	0,96 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,96 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,96 ± 0,00 <sup>a</sup>
7	0,97 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,62 ± 0,02 <sup>a</sup>	0,58 ± 0,01 <sup>c</sup>
15	0,97 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,57 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,57 ± 0,00 <sup>b</sup>
28	0,97 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,55 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,52 ± 0,02 <sup>c</sup>

Dados expressos como média ± desvio padrão (n=3). Letras diferentes indicam que há diferença estatística entre amostras em um mesmo tempo de análise (p<0,05). Notas: QFO-Queijo filme original; QFBM- Queijo com filme contendo extrato de bagaço de malte; QSF- Queijo sem filme.

Fonte: a autora

Estudos mencionam que a diminuição do pH acontece com o aumento do período de armazenamento de queijo devido a produção de ácido láctico (YAZICI; AKBULUT, 2007; OLIVARES et al., 2012). Os resultados encontrados corroboram com Faion et al. (2015) que encontraram redução nos valores do pH entre os dias 7 e 45, e aumento no dia 60 da maturação, em tratamentos dos queijos práticos produzidos sob influência da adição de um antioxidante natural obtido a partir da folha da erva mate (*Ilex paraguariensis* St. Hill). Di Pierro et al. (2011) não encontrou diferenças de pH entre os queijos ricota revestido e controle, porém os resultados de acidez total titulável aumentaram linearmente durante o tempo de armazenamento. Andrino (2021)

aborda que devido à composição dos resíduos ser rica em compostos fenólicos, estes podem alterar suas formas estruturais quando ocorre variações do pH, tornando-se agentes ativos no alimento.

Pagani et al. (2012) ao estudarem a aplicação de biopelículas pigmentadas em queijo coalho observou a partir do quinto dia de armazenamento que os queijos obtiveram resultados de pH e acidez semelhantes ao deste trabalho, considerando as amostras de QFBM e QSF, ou seja, com o tempo de armazenamento o pH foi diminuindo e a acidez aumentando. Pesquisas realizadas por Silva et al. (2020) mostraram resultados semelhantes aos deste estudo durante armazenamento de 28 dias, onde foram aplicados filmes biodegradáveis para a conservação de queijos e observou-se aumento da acidez das amostras.

Na análise de umidade houve diferença estatística a partir do 7º dia de armazenamento para o queijo embalado com o filme contendo extrato de bagaço de Malte (QFBM) e sem embalagem (QSF), em relação ao controle (QFO) (Tabela 6), onde as amostras QFBM e QSF perderam umidade durante o armazenamento. No entanto, para os queijos armazenados em filmes QFO, observou-se a manutenção dos teores de umidade. O queijo Prato é um queijo industrial e sua alta umidade pode estar relacionada à forma como foi fabricado, à prensagem e ao material utilizado para revesti-lo. Neste estudo, o filme com incorporação com extrato do bagaço do malte resultou em desidratação dos queijos (redução da umidade), provavelmente devido a dificuldade de vedação das embalagens e/ou maior permeabilidade ao vapor de água dos filmes em comparação à embalagem original (poli (etileno)).

Ramos et al. (2012) obtiveram resultados semelhantes a este estudo ao avaliarem revestimentos comestíveis a partir de uma base isolada de proteína de soro do leite. Foi observado a redução significativa da do teor de umidade do queijo com revestimento ( $p < 0,05$ ) em comparação com o queijo não revestido. Queijos revestidos apresentaram perdas de umidade em 60 dias variando de 17 a 19 % (p/p), e queijos não revestidos apresentaram perdas de umidade de aproximadamente 27 %.

A atividade de água é conhecida por ser fator essencial para a estabilidade de queijos semiduros. Conforme mostrado na Tabela 6, os queijos tipo prato fatiado apresentaram elevados valores de  $a_w$  (~0,98) no início do estudo, sendo similares aos valores de  $a_w$  observados na literatura (Pantaleão et al., 2007). Durante o armazenamento, a atividade de água diminuiu para os queijos submetidos aos

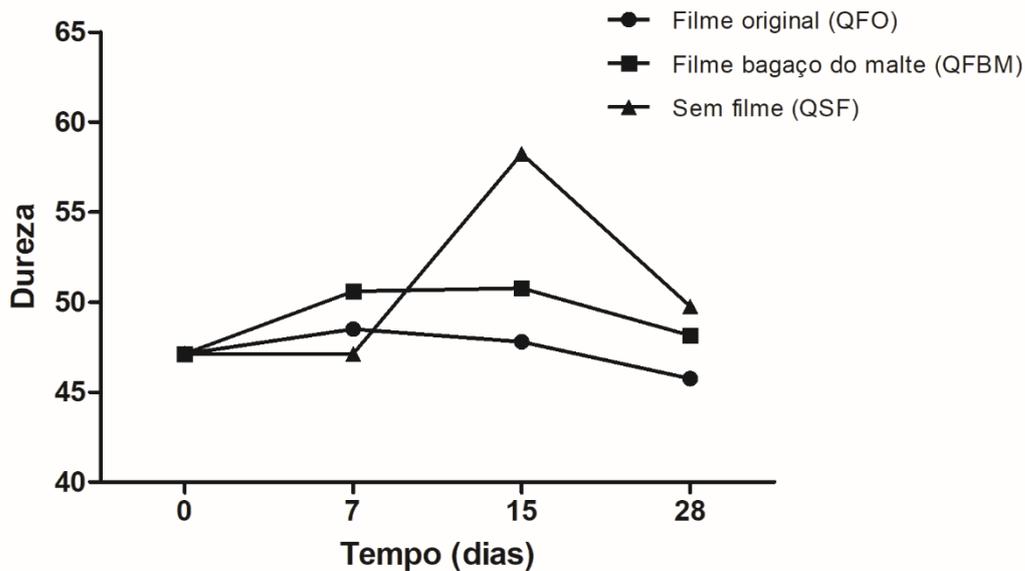
tratamentos QFBM e QSF, ao longo dos 28 dias de armazenamento, e foi afetada principalmente pela perda de água destas amostras.

O queijo armazenado em sua embalagem original (QFO) manteve a umidade e atividade de água durante o período de armazenamento. Assim, os resultados de umidade e atividade de água das amostras embaladas com os filmes biodegradáveis contendo extrato de BM aponta para a possibilidade de aplicação comercial destes materiais como embalagem primária dos queijos ou outros alimentos com reduzida atividade de água.

Os valores de dureza registrados para amostras de queijo ao longo do armazenamento são mostrados na Figura 9. As amostras QFO e QFBM apresentaram valores de dureza mais baixos e significativamente diferentes ( $P < 0,05$ ) em relação à amostra sem filme (QSF) ao final do experimento. Esse comportamento aconteceu devido as amostras apresentarem menor perda de água. No entanto, não foram encontradas diferenças significativas entre os queijos embalados com o filme contendo extrato de BM incorporado (QFBM) e os queijos com a embalagem original (QFO), o que aponta para a eficiência da embalagem biodegradável na manutenção da dureza dos queijos embalados. Na amostra QSF houve um aumento na dureza depois dos 7 dias de armazenamento. Brandielli (2016) afirma que depois de 30 dias de armazenamento os queijos apresentaram-se menos coesos e mais firmes, características conferidas pelo processo de armazenagem, no qual o produto perde umidade e concentra a proteína, tornando-se mais firme.

Os valores de dureza medidos foram similares aos relatados por Ramos *et al.* (2012) ao avaliar revestimentos comerciais feitos de polímeros não comestíveis, como o acetato de polivinila (PVA) e queijo não revestidos no tempo armazenamento de 60 dias. Percebeu que os queijos revestidos apresentaram valores de dureza mais baixos. No entanto, não foram encontradas diferenças significativas entre os queijos com qualquer tipo de revestimento. Além disso, um aumento significativo ( $p < 0,05$ ) foi obtido ao longo de 20 dias de armazenamento, correspondendo ao período em que a maior perda de água foi observada.

Figura 9 - Dureza dos queijos tipo prato em função do tempo de armazenamento refrigerado (4° C)



Fonte: a autora

As amostras embaladas foram analisadas quanto aos parâmetros de cor de acordo com a escala CIELa\*b\*, sendo os resultados apresentados na Tabela 9. Os resultados do parâmetro luminosidade (L\*) da amostra QFO permaneceu praticamente inalterado durante o armazenamento, entretanto as amostras QFBM e QSF apresentaram redução da luminosidade durante seu armazenamento.

Considerando a amostra QFBM, ao final do período de 28 dias, quando comparadas com os demais tratamentos, apresentou resultados intermediários para o parâmetro L\* com diferença estatística entre a amostra QFO ( $p < 0,05$ ). No mesmo tempo (28 dias) a amostra sem embalagem (QSF) apresentou menores valores de luminosidade ( $68,71 \pm 5,16$ ), ou seja, o queijo nestas condições ficou mais escuro ao final do tempo de vida útil.

Valores para o croma a\* e b\* foram registrados em cada tratamento e os resultados estão apresentados na Tabela 7. Uma ligeira variação em ambos os cromas a\* e b\* foi registrado para a amostra QFO durante o experimento. Já em relação às amostras QFBM e QSF pode-se observar que houve uma tendência de redução de ambos os cromas em relação ao período de armazenamento. Ao final do tempo de análise, registrou-se valores significativamente diferentes para essas amostras em relação à amostra QFO.

Em relação à coordenada a\* dos queijos observados no tempo de 28 dias (Tabela 7), as amostras QFBM apresentaram valores positivos, o que indica que o

filme com extrato resultou em uma tendência vermelha dos queijos. E na coordenada  $b^*$ , os valores superiores deste parâmetro observados para os queijos dos tratamentos QSF e QFBM mostram a tendência da cor ao amarelo. Não houve variação dos parâmetros  $a^*$  e  $b^*$  para as amostras embaladas com o filme original (QFO).

Segundo Silva (2018), afirma que a mudança de cor no queijo se deve ao tipo de embalagem aplicada, ou seja, dependendo do tipo de filme este pode interferir no alimento, fazendo com o que o tempo de prateleira seja reduzido. Em seu estudo, ele percebeu mudanças de cor no início do armazenamento dos queijos Prato, os quais apresentaram mais brilho e ao final estavam mais opacos. Comportamento semelhante foi apresentado neste estudo onde os queijos no final tempo 28 dias apresentaram cores mais opacas e quebradiços.

Tabela 7 – Parâmetros  $L^*$ ,  $a^*$  e  $b^*$  da análise de cor das amostras de queijos em diferentes tratamentos.

Amostra	Tempo (dias)	Parâmetros de cor		
		$L^*$	$a^*$	$b^*$
QFO	0	86,65 ± 0,80 <sup>a</sup>	5,96 ± 0,08 <sup>a</sup>	40,58 ± 1,49 <sup>a</sup>
	7	86,96 ± 5,98 <sup>a</sup>	6,55 ± 0,20 <sup>a</sup>	42,65 ± 0,23 <sup>a</sup>
	15	86,17 ± 3,41 <sup>a</sup>	5,67 ± 0,30 <sup>a</sup>	39,72 ± 1,24 <sup>a</sup>
	28	84,86 ± 0,29 <sup>a</sup>	5,72 ± 0,15 <sup>a</sup>	43,24 ± 0,67 <sup>a</sup>
QFBM	0	86,65 ± 0,80 <sup>a</sup>	5,96 ± 0,08 <sup>a</sup>	40,58 ± 1,49 <sup>a</sup>
	7	81,72 ± 3,53 <sup>a</sup>	11,18 ± 2,73 <sup>b</sup>	56,46 ± 6,03 <sup>b</sup>
	15	77,31 ± 0,88 <sup>b</sup>	7,83 ± 1,24 <sup>b</sup>	47,73 ± 3,24 <sup>b</sup>
	28	75,79 ± 0,18 <sup>b</sup>	6,97 ± 0,62 <sup>a</sup>	49,28 ± 2,84 <sup>b</sup>
QSF	0	86,65 ± 0,80 <sup>a</sup>	5,96 ± 0,08 <sup>a</sup>	40,58 ± 1,49 <sup>a</sup>
	7	74,31 ± 2,86 <sup>c</sup>	9,39 ± 1,00 <sup>b</sup>	51,083 ± 1,59 <sup>b</sup>
	15	68,66 ± 2,89 <sup>c</sup>	7,67 ± 0,87 <sup>a</sup>	47,73 ± 3,23 <sup>b</sup>
	28	68,71 ± 5,16 <sup>c</sup>	7,76 ± 0,42 <sup>a</sup>	55,61 ± 1,10 <sup>c</sup>

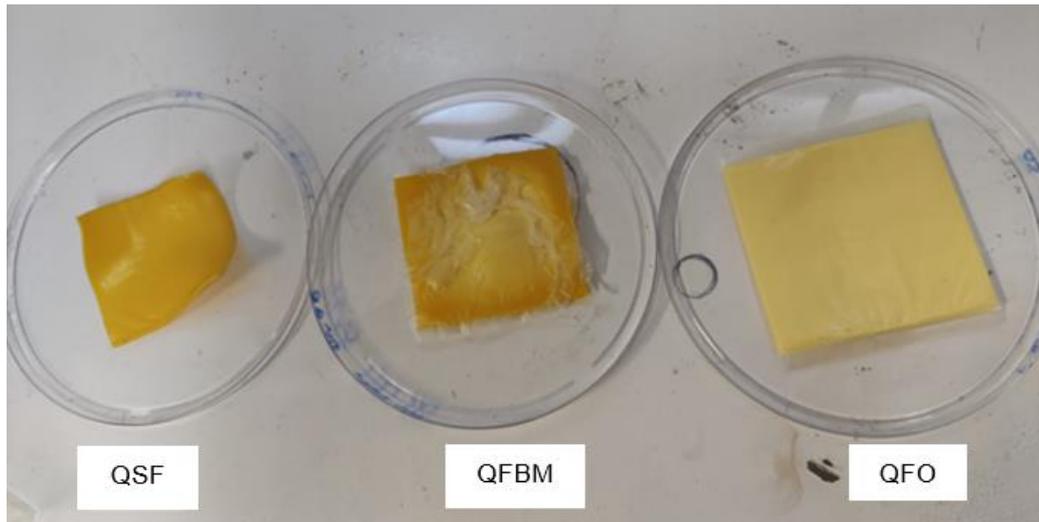
Notas: Dados expressos como média ± desvio padrão (n=3). Letras diferentes indicam que há diferença estatística entre amostras em um mesmo tempo de análise ( $p < 0,05$ ).

Fonte: a autora.

A análise baseada na diferença de cor ( $\Delta E$ ) mostrou que os tratamentos QFBM e QSF apresentaram variação de cor ao longo do armazenamento, com diferenças estatisticamente significativas ( $p < 0,05$ ) mostradas na Tabela 7 e Figuras 10 e 11 O tratamento QFO não apresentou diferença de cor para os queijos condicionados

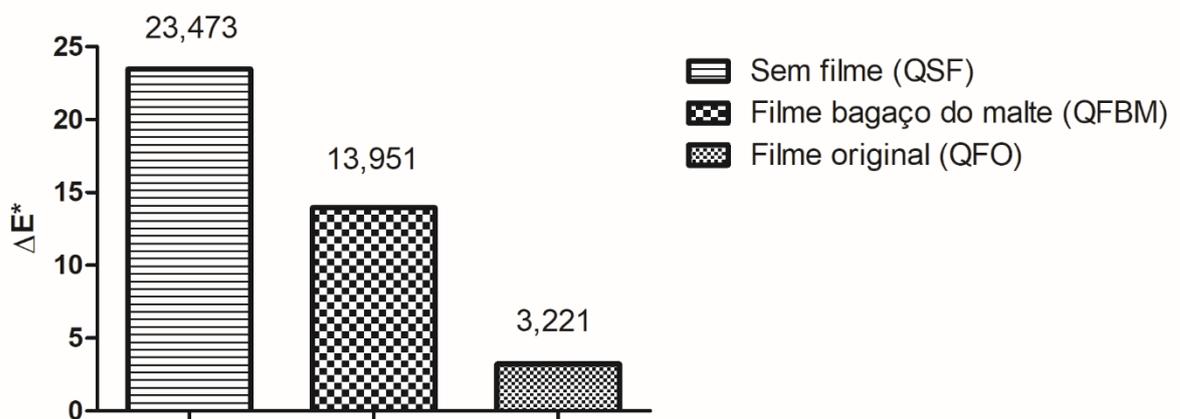
durante o período de armazenamento. A mudança de cor observada pode ser resultado da oxidação do queijo, que é menor em queijos com embalagens devido à proteção ao oxigênio e à luz. Também pode estar associada à taxa de desidratação do queijo, resultando em um aspecto mais seco e, portanto, mais escuro (CERQUEIRA et al., 2009; RAMOS et al., 2012).

Figura 10 - Aspecto visual das amostras após 28 dias de armazenamento.



Fonte: a autora.

Figura 11 - Variação de cor ( $\Delta E$ ) das amostras de queijo embaladas em função do tempo de armazenamento refrigerado (4° C)



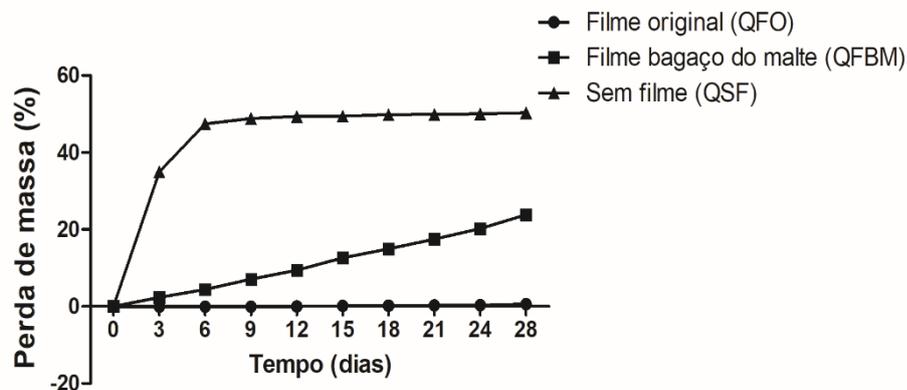
Fonte: a autora

Para análise de perda de massa, o tratamento QFO não apresentou perda de massa significativa durante o armazenamento (Figura 12). Já a amostra QFBM registrou um aumento gradativo na perda de massa (0 a 20 %) até o tempo final de

28 dias, enquanto na amostra QSF a perda de massa ocorreu em maiores proporções e mais rapidamente a partir dos 6 dias, apresentando percentual de 43 % de perda de massa no ponto final de análise. Assim, a amostra QFBM obteve melhores resultados de perda de massa em comparação com a amostra QSF, assim possibilitando a aplicação do filme como embalagem primária em alimentos, mantendo a embalagem secundária de polietileno.

Conforme observado no estudo de Ramos et al. (2012), a presença de um revestimento no queijo reduziu significativamente ( $p < 0,05$ ) a perda de massa das amostras em comparação com o queijo não revestido.

Figura 12 - Perda de massa das amostras submetidas aos diferentes tratamentos.



Fonte: a autora.

#### 5.4.2 Determinação do índice de acidez

Os resultados do índice de acidez dos queijos submetidos aos diferentes tratamentos são apresentados na Tabela 8, sendo observada diferença estatística da amostra QSF em relação a amostra QFO, com nível de significância de  $p < 0,05$ , aos 28 dias de armazenamento. A amostra sem embalagem (QSF) apresentou os maiores resultados para índice de acidez, registrando valores de  $0,95 \pm 0,23$  mg KOH/g ao final do experimento. Isso mostra que a embalagem contendo extrato de BM foi eficiente em manter a estabilidade dos queijos frente à degradação dos triacilglicerídeos, os quais sofreram maior hidrólise nas amostras sem filme.

Tabela 8 – Índice de acidez (mg KOH/g) das amostras durante o período de armazenamento.

Tempo (dias)	QFO	QFBM	QSF
0	0,57 ± 0,10 <sup>a</sup>	0,57 ± 0,10 <sup>a</sup>	0,57 ± 0,10 <sup>a</sup>
7	0,50 ± 0,00 <sup>a</sup>	0,55 ± 0,07 <sup>a</sup>	0,75 ± 0,00 <sup>a</sup>
15	-	-	-
28	0,53 ± 0,13 <sup>a</sup>	0,51 ± 0,01 <sup>a</sup>	0,95 ± 0,23 <sup>b</sup>

Nota: Dados expressos como média ± desvio padrão (n=3). Letras diferentes indicam que há diferença estatística entre amostras em um mesmo tempo de análise (p<0,05).

Fonte: a autora.

Segundo Nadeem et al. (2015) a hidrólise dos triacilglicerídeos, produzindo ácidos graxos livres, é responsável por aumentar os valores do índice de acidez das amostras. Esses afirmam que a presença de ácidos graxos livres interfere diretamente nas características sensoriais, como cor, textura e odor dos produtos.

Silva (2018) afirma que o valores dos índices de acidez dos queijos está relacionado com a embalagem. Em seu estudo percebeu que os queijos embalados com filmes transparentes PVC fastfilme ficaram bem vedados, sem troca de oxigênio com o meio. Já os queijos revestidos por filmes com adição de extratos da casca da jabuticaba permitiram trocas gasosas com o ambiente, pois o tipo de revestimento não protegeu o alimento por completo dos meios externos. Embora os queijos não apresentaram diferença estatística durante o armazenamento de 28 dias, os queijos com filmes adicionados 15 gramas e 30 gramas de extrato da casca de jabuticaba apresentaram acidez menor em relação aos demais queijos revestidos com transparente Fasfilme no 28º dia. Tal comportamento foi bem semelhante com esse estudo. Ao comparar o queijo da amostra padrão e queijo revestido com extrato de BM percebeu que a amostra de queijo que não está embalada houve um aumento no valor de acidez do queijo no tempo 28º dia diferiu estatisticamente com os demais tratamentos.

#### 5.4.3 Análises Microbiológicas

Os queijos têm alto valor nutricional, o que favorece a proliferação de microrganismos que podem levar a alterações nas características do produto (MARINHEIRO et al., 2015). A estocagem por períodos longos pode afetar negativamente a qualidade dos queijos. Os resultados das análises microbiológicas realizadas nas amostras de queijo prato em diferentes tratamentos, no período final

de estocagem (28 dias) são apresentados na Tabela 9. Para todos os queijos, o resultado foi considerado como ausência para a presença de *Escherichia coli*, pois foram observadas quantidades menores que 10 UFC/g de amostra. A amostra sem filme (QSF) mostrou os maiores valores com relação ao crescimento de bolores e leveduras, e a amostra QFBM apresentou valores intermediários. Isso mostra que, em comparação ao filme sem embalagem, o filme contendo extrato de BM foi eficiente em controlar a proliferação de bolores e leveduras nas amostras. Entretanto, devido à sua característica biodegradável, os resultados foram inferiores ao filme de polietileno, aplicado comercialmente.

Tabela 9 - Análises microbiológicas das amostras de queijos durante o armazenamento.

Amostras	Tempo: 28 dias	
	<i>Escherichia coli</i>	Bolores e leveduras
(QFO)	< 10 UFC/g	$3,0 \times 10^2$ UFC/g
(QFBM)	< 10 UFC/g	$6,56 \times 10^3$ UFC/g
(QSF)	< 10 UFC/g	$1,4 \times 10^4$ UFC/g

Fonte: a autora.

Segundo Silva et al. (2017) a presença de bolores e leveduras em queijos, torna-os os principais responsáveis pela deterioração do produto, destacando assim a importância de seu controle, já que a legislação brasileira não estabelece limite para bolores e leveduras nesse derivado lácteo. Considerando os diferentes tratamentos deste estudo houve crescimento de bolores e leveduras em todas as amostras durante sua vida útil, conforme os valores da Tabela 9.

Ramos et al. (2012), ao avaliar a eficácia de revestimentos comestíveis antimicrobianos nos queijos ao longo de 60 dias, mostrou que os revestimentos não comestíveis comerciais inibiram o crescimento de bolores e leveduras. No presente trabalho, houve crescimento de bolores e leveduras nas amostras com embalagem comercial (QFO), diferente do que foi observado por Ramos et al. (2012).

## 6 CONCLUSÃO

A produção de filmes de amido incorporados com extrato do bagaço de malte pela técnica de *casting* foi realizada com sucesso, apresentando amostras com boa manuseabilidade e adequadas à embalagem de alimentos, como o queijo prato. O potencial antioxidante dos extratos de bagaço do malte foi evidenciado pelas análises de ABTS<sup>•+</sup> (185,95 µg/mL) e DPPH<sup>•</sup> (447,07 µg/mL), apresentando teor de compostos fenólicos total de 263,23 ± 10,97 mg EAG/g. A atuação do filme produzido como embalagem ativa foi comprovada pela liberação contínua e prolongada de compostos fenólicos em meio aquoso.

A caracterização dos filmes produzidos mostrou aumento nos valores de densidade e espessura conforme o aumento das concentrações de extrato de BM adicionado às das amostras. A inclusão dos extratos não influenciou significativamente a opacidade, solubilidade, permeabilidade ao vapor de água e a resistência máxima à tração dos filmes, o que mostra que mesmo em concentrações superiores de extrato adicionadas às formulações, a resistência dos materiais foi mantida e favorecendo a aplicação destes como embalagens ativas para alimentos.

O filme F10BM, contendo maior concentração de BM, apresentou os melhores resultados em relação à solubilidade em água, permeabilidade ao vapor de água, propriedades mecânicas e perfil de liberação de compostos fenólicos, sendo então a formulação de escolha para aplicação na embalagem de queijo tipo prato fatiado.

Durante o estudo da aplicação dos filmes produzidos, a amostra QFBM (queijo embalado com filme de BM) registrou perda de umidade, aumento na acidez total titulável e redução no pH durante o período de vida útil dos queijos, assim como as amostras sem filme (QSF). Em relação à perda de massa dos queijos submetidos aos tratamentos QFBM e QSF percebeu-se que filme com extrato de BM queijo reduziu significativamente em comparação com o queijo não embalado. Portanto, nota-se que a amostra QFBM foi efetivo nesse parâmetro. Para análises microbiológicas do queijo prato, o resultado foi considerado ausência para a presença de *Escherichia coli*, sendo observadas quantidades menores que 10 UFC/g em todos os tratamentos. Houve crescimento de bolores e leveduras em todas as amostras, com maior intensidade nos queijos sem filme. O índice de acidez registrado para o QFO e QFBM foram similares, indicando resultados satisfatórios do extrato de BM na manutenção da estabilidade dos queijos.

Dessa forma, os filmes biodegradáveis a base de amido e contendo extrato de BM aplicados em queijo demonstraram características mecânicas satisfatórias, entretanto sua solubilidade e propriedades de barreira indicam uma aplicação potencial como embalagem primária em alimentos, atuando como possível alternativa ao uso de embalagens sintéticas para este fim.

## REFERÊNCIAS

- AHMAD, M.; AN, H.; KIM, Y. S.; LEE, J. H.; JUNG, J.; CHUN, S. H.; SEO, Y. Nanoscale investigation of charge transport at the grain boundaries and wrinkles in graphene film. **Nanotechnology**, v. 23, n. 28, p. 285705, 2012.
- ALMEIDA, D. M.; WOICIECHOWSKI, A. L.; WOSIACKI, G.; PRESTES, R. A.; PINHEIRO, L. A. Propriedades físicas, químicas e de barreira em filme formado por blenda de celulose bacteriana e fécula de batata. **Polímeros**, v. 23, p. 538-546, 2013.
- ALMEIDA, A. D. R. **Compostos bioativos do bagaço de malte: fenólicos, capacidade antioxidante in vitro e atividade antibacteriana**. 2014. Engenharia de Alimentos da Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.
- ALVES, G. S.; SAMPAIO, A. P. L.; ZAVOLSKI, C.; BRITO, V. H.; CEREDA, M. P.; NEVES, E. Material a base de amido de mandioca para manufatura de embalagem de alimentos. **Revista Citino**, v. 2, n. 1, p. 16-24, 2012.
- ANDREUCCETTI, C. **Desenvolvimento e caracterização de filmes biodegradáveis a base de gelatina, plastificantes hidrofóbicos e surfactantes naturais**. 244 f. Doutorado em Alimentos e Nutrição. Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.
- ANDRINO, L. M. **Produção de embalagens a partir do aproveitamento de coprodutos da indústria de alimentos: uma revisão**. 2021. Trabalho conclusão de Curso (Engenharia de Alimentos), universidade Federal de Uberlândia, Patos de Minas, 2021.
- ANJOS, R. F.; FREIRE, M. T. A. Importância da embalagem sobre a estabilidade de produto cárneo processado desidratado. **Tópicos em Gestão e Inovação no Agronegócio**. São Carlos: Pedro e João, p. 150-184, 2020.
- AOAC (ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS). Official methods of analysis. **Association of Official Analytical Chemists**, p. 881-82, 1990.
- ARAÚJO, J.M.A. **Química de Alimentos: teoria e prática**, 5. ed. Viçosa, Brasil. Editora UFV, 2011.
- ARAÚJO, L.F.; DIAS, M.V.C.; BRITO, E.A. de; JÚNIOR, S.O. Enriquecimento proteico de alimentos por levedura em fermentação semissólida: alternativa na alimentação animal. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, v.3, n.3, p.47-53, 2009.
- American Society for Testing and Materials - ASTM, **Standard Test Methods for Tensile Properties of Thin Plastic Sheeting**, D 882-91, ASTM (1996).
- ASTM. **Standard test methods of water vapor transmission of materials**. In: Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, E 96-95, 1995

ASTM. **Standard test methods of water vapor transmission of materials.** In: Annual Book of ASTM Standards, American Society for Testing and Materials, Philadelphia, E 96-95, 1995.

BAEK, S. K.; KIM, S.; SONG, K. B. (2019). Cowpea starch films containing maqui berry extract and their application in salmon packaging. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 22, p. 100394, 2019.

BALTI, R.; MANSOUR, M. B.; SAYARI, N.; YACOUBI, L.; RABAOU, L.; BRODUG, N.; MASSÉ, N. Development and characterization of bioactive edible films from spider crab (*Maja crispata*) chitosan incorporated with Spirulina extract. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 105, p. 1464-1472, 2017.

BANDYOPADHYAY, P; GHOSH, A. K.; GHOSH, C. Recent developments on polyphenol–protein interactions: effects on tea and coffee taste, antioxidant properties and the digestive system. **Food & function**, v. 3, n. 6, p. 592-605, 2012.

BATISTA, L. C. L. **Qualidade nutricional e atividade antioxidante de laranjinha de pacu (*Pouteria glomerata* (miq.) Radlk) do Cerrado e do Pantanal.** Campo Grande; 2013. [Dissertação apresentada ao Programa de Pós- graduação em Saúde e Desenvolvimento na Região Centro-Oeste da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, 2013.

BENTO-SILVA, A.; VAZ PATTO, M. C.; DO ROSÁRIO BRONZE, M. (2018). Relevance, structure and analysis of ferulic acid in maize cell walls. **Food Chemistry**, 246, 360-378.

BENVEGNÚ, I. A. **Filme biopolimérico utilizando extrato de própolis marrom como agente ativo.** 2022. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Química), Universidade Federal do Pampa, Begé, 2022.

BHARDWAJ, A.; ALAM, T.; TALWAR, N. Recent advances in active packaging of agri-food products: a review. **Journal of Postharvest Technology**, v. 7, p. 33-62, 2019.

BRANDIELLI, M. C. **Queiro regional do Sudoeste do Paraná durante a maturação: caracterização microbiológica, química e física.** 2016. Dissertação (Mestrado Profissional de Tecnologia em Alimentos), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2016.

BLIGH, E.; DYER, W. (1959) - A rapid method of total lipid extraction and purification. "Canadian Journal of Biochemistry and Physiology" 37 (1959) 911–917.

BORSATO, M. D. P. **Amido de trigo mourisco (*Fagopyrum esculentum*): obtenção, modificação por tratamento com calor e baixa umidade e caracterização.** 2019. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2019.

CARDOSO, L. G.; SILVA, J. B. A.; SILVA, J. A.; CAMILLOTO, G. P.; SOUZA, C. O.; DRUZIAN, J. I.; GUIMARÃES, A. G. Development and characterization of antioxidant and antimicrobial poly (butylene adipate-co-terephthalate) (PBAT) film incorporated

with oregano essential oil and applied in sliced mozzarella cheese. **Acad Bras Cienc**, v. 94, n. 4, p. 1-16, 2022.

CARVALHO, M. M.; FARIÑA, L. O.; STRONGIN, D.; FERREIRA, C. L. L. F., LINDER, J. D.D. Traditional Colonial-type cheese from the south of Brazil: A case to support the new Brazilian laws for artisanal cheese production from raw milk. **Journal of Dairy Science**, v. 102 n. 11, 2019.

CEREDA, M. P.; VILPOUX, O. F. Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas Latino-Americanas. **Culturas de Tuberosas Amiláceas Latino-Americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, v.3, 2003, p.711.

CERQUEIRA, M. A.; LIMA, A. M.; SOUZA, B. W.; TEIXEIRA, J. A.; MOREIRA, R. A., VICENTE, A. A. Functional polysaccharides as edible coatings for cheese. **Journal of Agricultural and food chemistry**, v. 57, n. 4, p. 1456-1462, 2009.

CEYLAN, Z.; ÇETINKAYA, T. **Definição de deterioração textural em amostras de lulas: três diferentes ferramentas suportadas por análises microbianas, visuais e físico-químicas**. 2021.

CHAKRAVARTULA, S.S.M.; LOURENÇO, R.V.; BALESTRA, F.; BITTANTE, A. M. Q.B.; SOBRAL, P. J. A.; ROSA, M. D. Influence of pitanga (*Eugenia uniflora* L.) leaf extract and/or natamycin on properties of cassava starch/chitosan active films. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 24, p. 1-20, 2020.

CHAVES, A. C. S. D.; SANTOS, K. M. O. Culturas lácticas em produtos lácteos. In: CRUZ, A.G., ZACARCHENCO, P.B., OLIVEIRA, C.A.F., CORASSIN, C.H.C. Microbiologia, higiene e controle de qualidade no processamento de leites e derivados. Rio de Janeiro: **Elsevier**, 2019. 333p. cap.7. vol 4. (Coleção Lácteos).

CHIPAULT, J. R. The antioxidant properties of spices in foods. **Food Technol**, v. 10, p.209-11, 1956.

CHOLLAKUP, R.; PONGBUROOS, S.; BOONSONG, W.; KHANOONKON, N.; KONGSIN, K.; SOTHORNVIT, R.; HARNKARNSUJARIT, N. Antioxidant and antibacterial activities of cassava starch and whey protein blend films containing rambutan peel extract and cinnamon oil for active packaging. **LWT**, v. 130, p. 1-20, 2020.

CLARK, J. H.; MURPHY, M. R.; CROOKER, B. A. Supplying the protein needs of dairy cattle from byproducts feeds. **Journal of Dairy Science**. v.70, p.1092- 1109, 1987.

COSTA, G. F.; SOUSA, S.; GOMES, A. D.; LIMA, A. M.; FERNANDES, F. G. Viabilidade da utilização de polímeros comestíveis feitos com fécula de mandioca e amido de milho para conservação de queijo coalho armazenado em condições de refrigeração. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 19, n. 4, p. 357-365, 2017.

COSTA-JÚNIOR, L. F.; VALENTE, G. F. S.; SILVA, M. M. C. Modelagem de extração de compostos fenólicos de bagaço de malte de cervejaria usando redes

neurais artificias. **Brazilian Journal of Development**, v.6, n. 9, p. 74010-74023, 2020.

CRUZ, P. N. **Potencial antioxidante e antimicrobiano dos extratos obtidos da semente de butiá da praia (Butia catarinensis)**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

CRUZ, A.G; ZOORCHERCO, P.B; OLIVEIRA, C.A.F; COROSSIN, C.H. Processamento de produtos lácteos: Queijos, leites fermentados, bebidas lácteas, manteiga, creme de leite, doce de leite, soro em pó e lácteos funcionais. 1<sup>o</sup>ed. Rio de Janeiro: **Elsevier**, 2017.

DADALT, F.; PADILHA, R. L.; SANT'ANA, V. Avaliação do tempo de cozimento da massa de queijo prato lanche sobre a umidade do produto maturado. **Revista Eletrônica Científica da UERGS**, v. 5, n. 3, p. 257-262, 2019.

DALFOLO, A. C. **Desenvolvimento e caracterização de biofilmes ativos com extrato de bagaço de oliva**. 2022. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos), Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria-RS, 2022.

DA ROSA ZAVAREZE, E.; PINTO, V. Z.; KLEIN, B.; EL HALAL, S. L. M.; ELIAS, M. C.; PRENTICE-HERNÁNDEZ, C.; DIAS, A. R. G. Development of oxidised and heat-moisture treated potato starch film. **Food Chemistry**, v. 132, n. 1, p. 344–350, 2012.

DE DICASTILLO, Carol López et al. Antioxidant films based on cross-linked methyl cellulose and native Chilean berry for food packaging applications. **Carbohydrate Polymers**, v. 136, p. 1052-1060, 2016.

DE MORAES CRIZEL, T.; COSTA, T. M. H.; DE OLIVEIRA RIOS, A.; FLÔRES, S. H. Valorization of food-grade industrial waste in the obtaining active biodegradable films for packaging. **Industrial Crops and Products**, v. 87, p. 218-228, 2016.

DEGÁSPARI, C.H.; WASZCZYNSKYJ, N. Propriedades antioxidantes de compostos fenólicos. **Visão Acadêmica**, v. 5, p. 33-40, 2004.

Di PIERRO, P.; SORRENTINO, A.; MARINIELLO, L.; GIOSAFATTO, C. V. L.; PORTA, R. Chitosan/whey protein film as active coating to extend Ricotta cheese shelf-life. **LWT - Food Science and Technology**. v. 44, p. 2324-2327, 2011.

DILLMANN, L. **Estudos preliminares de extração e verificação da atividade antioxidante do extrato de bagaço de malte**. 2018. Trabalho de Conclusão de Curso (Licenciatura em Química), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, dianteirara, 2018.

FAION, A. M.; BEAL, P.; RIL, F. T.; CICHOSKI, A. J.; CANSIAN, R. L.; VALDUGA, A. T.; VALDUGA, E. Influence of the addition of natural antioxidant from mate leaves (*Ilex paraguariensis* St. Hill) on the chemical, microbiological and sensory characteristics of different formulations of Prato cheese. **Journal of Food Science and Technology**, v. 52, n. 3, p. 1516-1524, 2015.

FAO - Food and Agriculture Organization, **Production crop data**, Retrieved from, <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>. 2021. (Acesso em: 28 de Jul de 2022).

FARIAS, N.S. **Biofilmes ativos de alginato de sódio com extrato de erva-mate (*Ilex paraguariensis* St. Hil.): avaliação das propriedades físico-químicas e cinética de liberação de compostos fenólicos**. 2018. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. (2018)

FELISBERTO, H. F.; COSTA, M. S.; BOAS, F. V.; LEIVAS, C. L.; FRANCO, C. M.; SOUZA, S. M.; CLERICI, M. T. P. S.; CORDEIRO, L. M. C. Characterization and technological properties of peach palm (*Bactris gasipaes* var. *gasipaes*) fruit starch. **Food Research International**, v. 136, p. 1-8, 2020.

FIGUEIREDO, M. J.; VILELA, A. F.; ATAIDE, C. R.; DE FIGUEIRÊDO, R. M. F.; GRISI, C. V. B., VIANA, A. D.; DE ANDRADE VIEIRA, Development and characterization of roll bread with partial replacement of wheat flour by malt bagasse. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 11, p. e70291110468-e70291110468, 2020.

FONSECA, L. M.; GONÇALVES, J. R.; HALAL, S. L. M.; PINTO, V. Z.; DIAS, A. Z.; JACQUES, A. C.; ZAVAREZE, E. R. Oxidation of potato starch with different sodium hypochlorite concentrations and its effect on biodegradable films. **LWT- Food Science and Technology**, v. 60, p. 714-720, 2015.

FUENTES, C.; CASTAÑEDA, R.; RENGEL, F.; PEÑARRIETA, J. M.; NILSSON, L. Characterization of molecular properties of wheat starch from three different types of breads using asymmetric flow field-flow fractionation (AF4). **Food chemistry**, v. 298, p. 1- 10, 2019

GINITY, M. M. **Desenvolvimento de espumas à base de amido de mandioca com incorporação de resíduos agroindustriais para utilização como embalagens**. 48f. Trabalho conclusão de curso (Engenharia Química), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2018.

GOBI, J. R.; ANDRÉ, R. F. A.; MICHELLON, E. ANÁLISE ESPACIAL DA PRODUTIVIDADE DA MANDIOCA NOS MUNICÍPIOS PARANAENSES NOS ANOS 2009, 2013 E 2017. **Revista Estudo & Debate**, v. 27, n. 3, 2020.

GÓMEZ-ESTACA, J.; LÓPEZ-DE-DICASTILLO, C.; HERNÁNDEZ-MUÑOZ, P.; CATALÁ, R.; GAVARA, R. Advances in antioxidant active food packaging. **Trends Food Sci Technol**. 35, n. 1, p. 42-51, 2014.

GOUDÉDRANCHE, H.; MAUBOIS, J.L.; DUCRUET, P.; MAHAUT, M. Utilisation de nouvelles membranes minérales d' ultrafiltration pour la fabrication de fromages du type Saint-Paulin. **La Technique Laitière** n. 950, p. 7-13, 1981.

GRACIANO-VERDUGO, A. Z., SOTO-VALDEZ, H., PERALTA, E., CRUZ-ZÁRATE, P., ISLAS-RUBIO, A. R., SÁNCHEZ-VALDES, S., GONZÁLEZ-RÍOS, H. Migration of

$\alpha$ -tocopherol from LDPE films to corn oil and its effect on the oxidative stability. **Food research international**, v. 43, n. 4, p. 1073-1078, 2010.

GROSSMANN, M. V. E. **Efeito da Extrusão termoplástica do amido de mandioca visando a produção de álcool**. 1986. Tese (Doutorado), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1986.

GRUZ, A. P. G., SOUZA, C., TORRES, A. G., FREITAS, S. P., & CABRAL, L. M. C. Recuperação de compostos bioativos a partir do bagaço de uva. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v.35, n.4, 1147-1157, 2013.

HAGHIGHI-MANESH, S.; AZIZI, M. H. Active packaging systems with emphasis on its applications in dairy products. **Journal of Food Process Engineering**, v.2, p. 1-13, 2017.

HAMILTON, R.J. The chemistry of rancidity in foods. In: HAMILTON, R.J.; ALLEN, J.C. **Rancidity in foods**, 3th ed. London, UK. Blackie Academic & Professional, 1994.

HOMAYOUNI, H.; KAVOOSI, G.; NASSIRI, S. M. Physicochemical, antioxidant and antibacterial properties of dispersion made from tapioca and gelatinized tapioca starch incorporated with carvacrol. **LWT**, v. 77, p. 503-509, 2017.

HAN, H. S.; SONG, K. B. Noni (*Morinda citrifolia*) fruit polysaccharide films containing blueberry (*Vaccinium corymbosum*) leaf extract as an antioxidant packaging material. **Food Hydrocolloids**, v. 112, p. 106372, 2021.

IKRAM, S., HUANG, L., ZHANG, H., WANG, J., & YIN, M. (2017). Composition and nutrient value proposition of brewers spent grain. **Journal of food science**, v. 82, n. 10, p. 2232-2242, 2017.

IVANOVA, K.; DENKOVA, R.; KOSTOV, G.; PETROVA, T.; BAKALOV, I.; RUSCOVA, M.; PENOV, N. Extrusion of brewers' spent grains and application in the production of functional food. Characteristics of spent grains and optimization of extrusion. **Journal of the Institute of Brewing**, v. 123, n. 4, p. 544-552, 2017.

INSTITUTO ADOLF LUTZ. Métodos químicos e físicos para análise de alimentos. 2008. Disponível 36 e-xacta, Belo Horizonte, v. 9, n. 1, p. 23-36. (2016). Editora UniBH. doi: 10.18674/exacta.v9i1.1622 em: Acesso em: 20 jul. 2022.

YAZICI, F.; AKBULUT, C. Impact of whey pH at drainage on the physicochemical, sensory, and functional properties of Mozzarella cheese made from buffalo milk. **Journal Agricultural and Food Chemistry**, v. 55, n. 24, p. 9993-10000, 2007.

Jacometti, G. A., Mello, L. R., Nascimento, P. H., Sueiro, A. C., Yamashita, F., & Mali, S. The physicochemical properties of fibrous residues from the agro industry. **LWT-Food Science and Technology**, v. 62, n. 1, p. 138-143, 2015.

JARAMILLO, C. M.; YEPES, O. O.; BERNAL, C.; FAMÁ, B. Active and smart biodegradable packaging based on starch and natural extracts. **Carbohydrate Polymers**, v. 176, p. 187-194, 2017.

JADHAV, S.J.; NIMBALKAR, S.S.; KULKARNI, A.D.; MADHAVI, D.L.; RAJALAKSHMI, D.; NARASIMHAN, S. **Food antioxidants: technological, toxicological, and health perspectives**. New York, USA. Marcel Dekker, 1996.

JAEGER, A.; ZANNINI, E.; SAHIN, A. W.; ARENDT, E. K. Barley protein properties, extraction and applications, with a focus on brewers' spent grain protein. *Foods*, v.10, p. 1-21, 2021.

JU, A.; SONG, K. B. Development of teff starch films containing camu-camu (*Myrciaria dubia* Mc. Vaugh) extract as an antioxidant packaging material. **Industrial Crops and Products**, v. 141, p. 1-6, dez. 2019.

KADAM, S. U.; PANKAJ, S. K.; TIWARI, B. K.; CULLEN, P. J.; O'DONNELL, C. P. Development of biopolymer-based gelatin and casein films incorporating brown seaweed *Ascophyllum nodosum* extract. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 6, p. 68-74, 2015.

KANMANI, P.; RHIM, J. W. Development and characterization of carrageenan/grapefruit seed extract composite films for active packaging. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 68, p. 258-266, 2014.

KANNER, J. Oxidative processes in meat and meat products: quality implications. **Meat Science**, v.36, n.1/2, p.169-189, 1994.

KMIECIK, D.; GRAMZA-MICHAŁOWSKA, A.; KORCZAK, J. Anti-polymerization activity of tea and fruits extracts during rapeseed oil heating. **Food Chemistry**, v.239, p.858–864, 2018.

LAI, S. M.; GRAY, J. I.; SMITH, D. M.; BOOREN, A. M.; CRACKEL, R. L.; BUCKLEY, D. J. Effects of oleoresin rosemary, tertiary butylhydroquinone, and sodium tripolyphosphate on the development of oxidative rancidity in restructured chicken nuggets. **Journal of Food Science**, v. 56, n. 3, p. 616-620, 1991.

LANGE, L; MEYER, A. S. Potentials and possible safety issues of using biorefinery products in food value chains. **Trends in Food Science & Technology**, v. 84, p. 7-11, 2019.

LEITE A. I. N.; PEREIRA, C. G.; ANDRADE, J.; VICENTINIC N. M.; BELL, M. J.V.; VIRGÍLIO, A. FTIR-ATR spectroscopy as a tool for therapid detection of adulterations in butter cheeses. **Food Science and Technology**, v.109, p. 63-69, 2019.

LEITES, L. C.; FRICK, P. J. M; CRISTINA, T. I. Influence of the incorporation form of waste from the production of orange juice in the properties of cassava starch-based films. **Food Hydrocolloids**, v. 117, p. 106730, 2021.

LEMES, B. M.; NOVATSKI, A.; FERRARI, P. C.; MINOZZO, B. R.; JUSTO, A. D. S.; PETRY, V. E.; BELTRAME, F. L. Physicochemical, biological and release studies of chitosan membranes incorporated with *Euphorbia umbellata* fraction. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, v. 28, n. 4, p. 433–443, 2018.

- LIMA, J. V.; MOREIRA, M. N.; SANTOS, A. M. B.; BRANDÃO, M. R. S.; AQUINO, A. A. Produção de filme ativo adicionado de óleo essencial para conservação de queijos. **Revista Ingi**, v. 4, p. 754-768, 2020.
- LOPES, A. R.; DRAGUNSKI, D. C.; JÚNIOR, L. F. B.; BOTIN, C.; FRANCISCO, J. C. Influência da incorporação do extrato de barbatimão em filmes de amido e caseína. **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável**, v.8, n.2, p.100-105, 2018.
- LÓPEZ, O. V.; LECOT, C. J.; ZARITZKY, N. E.; GARCÍA, M. A. Biodegradable packages development from starch based heat sealable films. **Journal of Food Engineering**, v. 105, n. 2, p. 254-263, 2011.
- LUCHESE, C. L.; RODRIGUES, R. B.; TESSARO, I. C. Cassava starch-processing residue utilization for packaging development. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 183, p. 2238-2247, 2021.
- LUDKA, F. R. **Filmes biodegradáveis contendo extrato de bagaço de malte: desenvolvimento e potencial antioxidante**. 2022. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas), Universidade Estadual do Paraná, Ponta Grossa, 2022.
- LYNCH, KIERAN M.; STEFFEN, ERIC J.; ARENDT, ELKE K. Brewers gastou grãos: uma revisão com ênfase em alimentos e saúde. **Journal of the Institute of Brewing**, v. 122, n. 4, p. 553-568, 2016.
- MAIA, I. C. **Avaliação de compostos bioativos de bagaço de malte de cervejaria artesanal e a influência da fermentação em estado sólido**. 2020. Dissertação (Mestrado em alimentos e Nutrição), Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2020.
- MAUBOIS, J. L.; MOCQUOT, G.; VASSAL, L. Procédé de traitement du lait et de sous-produits laitiers. **Patent Française**, v. 2, p. 121, 1969.
- MARINHEIRO, M. F., GHIZZI, L. G., CERESER, N. D., LIMA, H. G., TIMM, C. D. Qualidade microbiológica de queijo Mussarela em peça e fatiado. Semina: **Ciências Agrárias**, Londrina, v. 36, p. 1329-1334, 2015.
- MARTINY, T. R.; RAGHAVAN, V.; DE MORAES, C. C.; DA ROSA, G. S.; DOTTO, G. L. Optimization of green extraction for the recovery of bioactive compounds from Brazilian olive crops and evaluation of its potential as a natural preservative. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 9, n. 2, p. 105130, 2021.
- MELLO, L.R. P. F; MALI, S. Use of malt bagasse to produce biodegradable baked foams made from cassava starch. **Industrial Crops and Products**, v. 55, p. 187-193, 2014.
- MENEZES, F. L. G.; LEITE, R. H. L.; SANTOS, F. K. G.; ARIA, A. I.; AROUCHA, E. M. M. TiO<sub>2</sub>-enchanced chitosan/cassava starch biofilms for sustainable food packaging. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v. 630, v. 5, p. 1-18, 2021.

MIKOLAICZIK, B. H. K. **Filme bioativo de amido de mandioca com extrato de *Physalis peruviana***. 2020. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2022.

MOREIRA, M. M.; MORAIS, S.; CARVALHO, D. O.; BARROS, A. A.; DELERUE-MATOS, C.; GUIDO, L. F. Brewer's spent grain from different types of malt: Evaluation of the antioxidant activity and identification of the major phenolic compounds. **Food research international**, v. 54, n. 1, p. 382-388, 2013.

MUSSATTO, S. I. Brewer's spent grain: a valuable feedstock for industrial applications. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 94(7), 1264-1275, 2015.

MUSSATTO, S.I.; DRAGONE, G. ROBERTO, I.C. Brewers'spent grain: generation, Characteristics and potencias applications. **Journal of Central Science**. v4, p.1-14, 2006.

NADEEM, M.; MAHUD, A.; IMRAN, M.; KHALIQUE, A. Enhancement of the oxidative stability of whey butter through almond (*Prunus dulcis*) peel extract. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 39, n.6, p. 591-598, dez. 2015.

NERÍN, C.; TOVAR, L.; DJENANE, D.; CAMO, J.; SALAFRANCA, J.; BELTRÁN, J. A.; RONCALÉS, P. Stabilization of beef meat by a new active packaging containing natural antioxidants. **J. Agric. Food Chem.** v. 54, p.7840–7846, 2006.

NOGUEIRA, G. F.; SOARES, C. T.; CAVASINI, R.; FAKHOURI, F. M. DE OLIVEIRA, R. A. Bioactive films of arrowroot starch and blackberry pulp: Physical, mechanical and barrier properties and stability to pH and sterilization. **Food Chemistry**, v. 275, p. 417–425, 2019.

NOURI, L., & MOHAMMADI NAFCHI, A. Antibacterial, mechanical, and barrier properties of sago starch film incorporated with betel leaves extract. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 66, p. 254–259, 2014.

OLIVARES, M. L., SIHUFE, G. A., CAPRA, M. L., RUBIOLO, A. C., & ZORRILLA, S. E. Effect of protective atmospheres on physicochemical, microbiological and rheological characteristics of sliced Mozzarella cheese. **LWT**, v. 47, n. 2, p. 465-470, 2012.

OLIVATO, J. B., GROSSMANN, M. V., YAMASHITA, F., NOBREGA, M. M., SCAPIN, M. R., EIRAS, D., & PESSAN, L. A. Compatibilisation of starch/poly(butylene adipate co-terephthalate) blends in blown films. **International Journal of Food Science and Technology**, v. 46, n. 9, p. 1934-1939, 2011.

OLIVATO, J. B., MARINI, J., POLLET, E., YAMASHITA, F., GROSSMANN, M. V. E., & AVÉROUS, L. Elaboration, morphology and properties of starch/polyester nanobiocomposites based on sepiolite clay. **Carbohydrate Polymers**, v. 118, p. 250-256, 2015.

OLIVATO, J. B., MÜLLER, C. M. O., CARVALHO, G. M., YAMASHITA, F., & GROSSMANN, M. V. E. Physical and structural characterisation of starch/polyester

blends with tartaric acid. **Materials Science and Engineering C**, v. 39, p. 35-39, 2014.

OLIVEIRA DE MORAES, J. et al. Conductive drying of starchfiber films prepared by tape casting: Drying rates and film properties. **LWT - Food Science and Technology**, v. 64, n. 1, p. 356–366, 2015.

OLIVEIRA, V. R. L.; SANTOS, F. K. G.; LEITE, R. H. L.; AROUCHA, E. M. M.; SILVA, K. N. O. Use of biopolymeric coating hydrophobized with beeswax in post-harvest conservation of guavas. **Food Chemistry**, v. 259, p. 55-64, 2018.

OYAIZU, M. Studies on products of browning reaction. Antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *The Japanese Journal of Nutrition and Dietetics*, v. 44, n. 6, p. 307–315, 1 jan. 1986.

OROZCO-PARRA, J.; MEJIA, C. M.; VILLA, C. C. Development of a bioactive synbiotic edible film based on cassava starch, inulin, and *Lactobacillus casei*. **Food Hydrocolloids**, v. 104, p.1-20, 2020.

PADILHA, A. C. **Produção de embalagem biodegradável a base de amido de mandioca e gelatina para aplicação em produtos alimentícios**. 2019. Trabalho de Conclusão de Curso, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Francisco Beltrão, 2019.

PAGANI, A. A. C.; SANTANA, M. M.; ALEXANDRE, A. P. S.; SILVA, E. A.; SILVA, G. F. Aplicação de biopelículas pigmentadas em queijo de coalho. **Revista Geintec**, v. 3, n. 1, 2012.

PASTOR, C.; SÁNCHEZ-GONZÁLEZ, L.; CHÁFER, M.; CHIRALT, A.; GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, C. Physical and antifungal properties of hydroxypropylmethylcellulose based films containing propolis as affected by moisture content. **Carbohydr. Polym.**, v. 82, p. 1174-1183, 2010.

PAVIA, D. L.; LAMPMAN, G. M.; KRIZ, G. S.; VYVYAN, J. R. Introdução à espectroscopia: Tradução da 4ª edição norte-americana. **São Paulo: Cengage Learning**, 2010.

PANTALEAO, I.; PINTADO, M. M. E.; POÇAS, M. F. F. Evaluation of two packaging systems for regional cheese. **Food Chemistry**, v. 102, n. 2, p. 481-487, 2007.

PELAES VITAL, A. C.; GOTO, P. A.; HANAI, L. N.; GOMES-DA-COSTA, S. M.; DE ABREU FILHO, B. 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 and Technology**, v. 64, n. 2, p. 1028-1035, 2015.

PÉREZ-VERGARA, L. D.; CIFUENTES, M. T.; FRANCO, A. P.; PÉREZ-CERVERA, C. E.; ANDRADE-PIZARRO, R. D. Development and characterization of edible films based on native cassava starch, beeswax, and propolis. **NFS Journal**, v. 21, p. 39-49, 2020.

PHOOPURITHAM, Panchuti et al. Antioxidant properties of selected plant extracts and application in packaging as antioxidant cellulose-based films for vegetable oil. **Packaging Technology and Science**, v. 25, n. 3, p. 125-136, 2012.

QUIRÓS-SAUCEDA, A. E.; AYALA-ZAVALA, J. F.; OLIVAS, G. I.; GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A. Edible coatings as encapsulating matrices for bioactive compounds: a review. **Journal of food science and technology**, v. 51, n. 9, p. 1674-1685, 2014.

RAMALHO, V.; JORGE, N. Antioxidantes utilizados em óleos, gorduras e alimentos gordurosos. **Química Nova**, v. 29, p. 755-760, 2006.

RAMOS, Ó. L.; PEREIRA, J. O.; SILVA, S. I.; FERNANDES, J. C.; FRANCO, M. I.; LOPES-DA-SILVA, J. A.; MALCATA, F. X. Evaluation of antimicrobial edible coatings from a whey protein isolate base to improve the shelf life of cheese. **Journal of Dairy Science**, v. 95, n. 11, p. 6282-6292, 2012.

RATTAYA, S.; BENJAKUL, S.; PRODPRAN, T. Properties of fish skin gelatin film incorporated with seaweed extract. **Journal of Food Engineering**, v. 95, n. 1, p. 151-157, 2009.

RE, R. et al. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology and Medicine**, v. 26, n. 9-10, p. 1231-1237, 1999.

REIS, S. F.; COELHO, E.; COIMBRA, M. A.; ABU-GHANNAM, N. Influence of grain particle sizes on the structure of arabinoxylans from brewer's spent grain. **Carbohydrate Polymers**, v. 130, p. 222-226, 2015.

REGO, A. M. F. **Estudo da extração e caracterização de compostos bioativos a partir de casca, farelo e arroz de variedades portuguesas**. 2014. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química e Bioquímica), Universidade Nova de Lisboa, Portugal, 2014.

ROBERT, M. S.; FRANCIS, X.W. **Text book of spectrometric Identification of Organic Compounds**, Wiley, New York. 1998.

ROCHA, G. O.; FARIAS, M. G.; CARVALHO, C. W. P.; ASCHERI, J. L. R.; GALDEANO, M. C. Filmes compostos biodegradáveis a base de amido de mandioca e proteína de soja. **Polímeros**, v. 24, p. 587-595, 2014.

ROMANI, V. P.; MARTINS, V. G.; SOARES, L. A. S. Oxidação lipídica e compostos fenólicos como antioxidantes em embalagens ativas para alimentos. **VETOR-Revista de Ciências Exatas e Engenharias**, v. 27, n. 1, p. 38-56, 2017.

ROSAS, M. R. **Desenvolvimento de filmes biodegradáveis contendo compostos bioativos das cascas de *Euphorbia umbellata* (Pax) Bruyns (janaúba)**. 2019. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas), Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2019.

SALANTI, A., ZOIA, L., ORLANDI, M., ZANINI, F., & ELEGIR, G. Structural characterization and antioxidant activity evaluation of lignins from rice husk. **Journal of agricultural and food chemistry**, v. 58, n. 18, p. 10049-10055, 2010.

SANTACRUZ, S.; CASTRO, M. Viability of free and encapsulated *Lactobacillus acidophilus* incorporated to cassava starch edible films and its application to Manaba fresh white chesse. **LWT**, v. 93, p. 570-572, 2018.

SANTOS, E. N. **INCORPORAÇÃO DE EXTRATO DE RESÍDUO AGROINDUSTRIAL DE ACEROLA EM EMBALAGEM BIODEGRADÁVEL E SEU EFEITO SOBRE A QUALIDADE DE HAMBÚRGUER BOVINO**. 2020, Dissertação (Mestrado em Tecnologia Agroalimentar), Universidade Federal da Paraíba, Bananeiras, 2020.

SARAIVA, B. R.; VITAL, A. C. P.; ANJO, F. A.; DE CESARO, E.; PINTRO, P. T. M. Valorização de resíduos agroindustriais: fontes de nutrientes e compostos bioativos para a alimentação humana. **Pubsaúde**, v. 1, n. 1, p. 1-10, 2018.

SARAIVA, B. R., AGUSTINHO, B. C., VITAL, A. C. P., STAUB, L., & MATUMOTO PINTRO, P. T. Effect of brewing waste (malt bagasse) addition on the physicochemical properties of hamburgers. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 43, n. 10, p. e14135, 2019.

SARANTÓPOULOS, C. G. L.; OLIVEIRA, L. M.; PADULA, M.; COLTRO, L.; Alves, R. M. V. & Garcia, E. E. C. – “**Embalagens Plásticas Flexíveis: principais polímeros e avaliação de propriedades**”, CETEA/ ITAL, Campinas (2002).

SCHONE, R. A.; ZAMBOM, M. A.; NUNES, R. V. FERNANDES, T.; FRANK, R.; OLIVEIRA, T. M. M. de; CASTAGNARA, D. D. Secagem de resíduo de cervejaria em camadas de diferentes espessuras. **Scientia Agraria Paranaensis**. v. 15, n. 2, p. 127-131, 2016.

SETTANNI, L.; MOSCHETTI, G. Non-starter lactic acid bacteria used to improve cheese quality and provide health 641 benefits. **Food Microbiology**, v. 27, n. 6, p. 691-697, 2010.

SETTIER-RAMIREZ, L.; LÓPEZ-CARBALHO, G.; HERNADEZ-MUNÓZ, P.; TINITANA-BAYAS, R.; GAVARA, R.; SANJUÁN, N. Assessing the enviromental consequences of shelf-life extension: Conventional versus active packaging for pastry cream. **Journal of Cleaner Production**, v. 333, p. 1-20, 2022.

SEVANIAN, A.; HOCHSTEIN, P. Mechanisms and consequences of lipid peroxidation in biological systems. **Annual Reviews of Nutrition**, v.5, p. 365-390, 1985.

SHOPSKA, V.; DENKOVA-KOSTOVA, R.; DZHIVODEROVA-ZARCHEVA, M.; TENEVA, D.; DENEV, P.; KOSTOV, G. Comparative study of phenolic content and antioxidant activity of diferent malt types. **Antioxidants**, v. 10, p. 1-20, 2021.

SHIRAI, M. A.; OLIVATO, J. B.; DEMIATE, I. M.; MÜLLER, C. M. O.; GROSSMANN, M. V. E.; YAMASHITA, F. Poly ( lactic acid )/ thermoplastic starch sheets : effect of adipate esters on the morphological , mechanical and barrier properties. **Polímeros**, v. 26, p. 66–73, 2016.

SILVA, D. F.; DE SOUZA FERREIRA, S. B.; BRUSCHI, M. L.; BRITTEN, M., MATUMOTO-PINTRO, P. T. Effect of commercial konjac glucomannan and konjac flours on textural, rheological and microstructural properties of low-fat processed cheese. **Food Hydrocolloids**, v. 60, p. 308-316, 2016.

SILVA, F.R.; SANTANA, C.M.; MELO, W.F.; TALABERA, G.G.; SARMENTO, W.E.; SOBRINHO, W.S.; Sá, J.A.; Machado, A.V. Conservação e controle de qualidade de queijos: Revisão. **Pubvet**, v.11, p. 333-341, 2017.

SILVA, N.M. **Adição de extrato de casca de jaboticaba e soro de leite no desenvolvimento de embalagem inteligente para queijo prato**. 2018, Dissertação (Mestrado em Zootecnia), Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano, Rio Verde, 2018.

SILVA, F.A.M.; BORGES, M.F.M.; FERREIRA, M.A. Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. **Química Nova**, v. 22, p. 94-103, 1999.

SILVA, N. M.; SANDRE, M. F. B.; SOUZA, D. G.; FERREIRA, S. V.; GONÇALVES, J. A.; MESQUITA, A. A.; SILVA, M. A. P. Adição de extrato de casca de jaboticaba no desenvolvimento de embalagem inteligente para queijo prato. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 4, p. 19512-19532, 2020.

SIQUEIRA, R. S. Manual de microbiologia de alimentos. Brasília: EMBRAPA, SPI; Rio de Janeiro: EBRAPA, CTAA, 1995. 159p

SOARES, D.J.; TAVARES, T.M.; BRASIL, I.M.; FIGUEIREDO, R.W.; SOUSA, P.H.M. Processos oxidativos na fração lipídica de alimentos. **Boletim do CEPPA**, v. 30, n. 2, p. 263-272, 2012.

SONG, X. C., CANELLAS, E., WRONA, M., BECERRIL, R., & NERIN, C. Comparison of two antioxidant packaging based on rosemary oleoresin and green tea extract coated on polyethylene terephthalate for extending the shelf life of minced pork meat. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 26, p. 1-9, dez. 2020.

SPADOTI, L. M.; DORNELLAS, J. R. F.; PETENATE, A. J.; ROIG, S. M. Avaliação do rendimento do queijo tipo prato obtido por modificações no processo tradicional de fabricação. **Food Science and Technology**, v. 23, n. 3, p. 492-499, 2003.

VALDÉS, A.; MELLINAS, A. C.; RAMOS, M.; BURGOS, N.; JIMÉNEZ, A.; GARRIGÓS, M. D. C. Use of herbs, spices and their bioactive compounds in active food packaging. **RSC advances**, v. 5, n. 50, p. 40324-40335, 2015.

VAN DENDER, A.G.F.; DUCRUET, P; MAUBOIS JL. Estudo da fabricação de queijo tipo prato utilizando ultrafiltração. **Revista do Instituto de Laticínios Cândido Tostes** v. 42, n. 249, p. 7-14, 1987.

VARGAS, Victória Hermes de. **Aplicação de diferentes estratégias para o aprimoramento das propriedades de filmes biodegradáveis à base de gelatina.** 2022. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química), Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2022.

WRONA, M.; BENTAYEB, K.; AND NERÍN, C. A novel active packaging for extending the shelf-life of fresh mushrooms (*Agaricus bisporus*). **Food Control**, v. 54, p. 200-207, 2015.

YILDIRIM, S.; RÖCKER, B.; PETTERSEN, M. K.; NILSEN-NYGAARD, J.; AYHAN, Z., RUTKAITE, R. Active packaging applications for food. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 17, p. 165–199, 2018.

ZHANG, L.; ZHANG, Z.; CHEN, Y.; MA, X.; XIA, M. Chitosan and procyanidin composite films with high antioxidant activity and pH responsivity for cheese packaging. **Food Chemistry**, v. 338, p. 1-7, 2021.

ZHU, F. Composition, structure, physicochemical properties and modifications of cassava starch. **Carbohydr. Polym**, v.122, p. 456–480, 2015.

ZUORRO, A.; LANNONE, A.; LAVECCHIA, R. Water–Organic Solvent Extraction of Phenolic Antioxidants from Brewers' Spent Grain. **Processes**, v. 7, n. 3, p. 126, 2019.