



UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
ESCOLA DE QUÍMICA E ALIMENTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E CIÊNCIA DE ALIMENTOS

APLICAÇÃO DE FARINHA DE FEIJÕES E EXTRATO DE SEMENTE DE AÇAÍ NO
DESENVOLVIMENTO DE EMBALAGENS BIODEGRADÁVEIS

DAIANE NOGUEIRA

Prof^ª. Dr^ª. VILÁSIA GUIMARÃES MARTINS

Orientadora

RIO GRANDE, RS

2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE
ESCOLA DE QUÍMICA E ALIMENTOS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA E CIÊNCIA DE ALIMENTOS

APLICAÇÃO DE FARINHA DE FEIJÕES E EXTRATO DE SEMENTE DE AÇAÍ NO
DESENVOLVIMENTO DE EMBALAGENS BIODEGRADÁVEIS

DAIANE NOGUEIRA

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Engenharia e Ciência de Alimentos.

Prof^ª. Dr^ª. VILÁSIA GUIMARÃES MARTINS
Orientadora

RIO GRANDE, RS

2021

Ficha Catalográfica

N778a Nogueira, Daiane.

Aplicação de farinha de feijões e extrato de semente de açaí no desenvolvimento de embalagens biodegradáveis / Daiane Nogueira. – 2021.

143 f.

Tese (doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande – FURG, Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, Rio Grande/RS, 2021.

Orientadora: Dra. Vilásia Guimarães Martins.

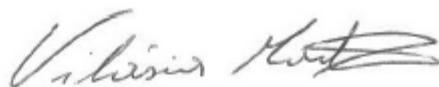
1. Atividade Antioxidante 2. Embalagem Ativa 3. Embalagem de Alimentos 4. Impacto Ambiental 5. Sustentabilidade I. Martins, Vilásia Guimarães II. Título.

CDU 664.641.1

Catálogo na Fonte: Bibliotecário José Paulo dos Santos CRB 10/2344

APROVAÇÃO

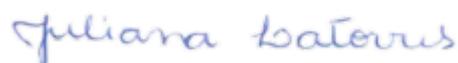
Tese defendida por Daiane Nogueira, com orientação da Profa. Dra. Vilásia Guimarães Martins, aprovada em 20 de agosto de 2021, pela Comissão Examinadora constituída pelos membros:



Profa. Dra. Vilásia Guimarães Martins - FURG



Profa. Dra. Meritane da Rocha - FURG



Profa. Dra. Juliana Machado Latorres – FURG



Profa. Dra. Francine Novack Victoria – UFPEL

AGRADECIMENTOS

A mim, por ter tido força, coragem e persistência para lutar e chegar até aqui.

A Deus, por me guiar pelos caminhos da vida e nunca me deixar só, colocando pessoas especiais em meu destino.

As minhas amigas Sabrina e Jussara, por sempre acreditar em mim, pela ajuda, pelo incentivo, pelo amor, pela compreensão e principalmente pela paciência. Vocês são seres iluminados.

A minha mãe, por ter me dado o bem mais precioso que tenho: a VIDA. Por ter me amado e ensinado da melhor forma que pode e, por sempre me incentivar a estudar.

Aos meus irmãos queridos, Douglas, Jonatas Ana Paula e Ailton, por sempre acreditarem em mim.

Aos meus amados avós, Adão e Vilma, obrigada pelo carinho e dedicação que dispuseram para o meu crescimento.

Ao meu namorado, Dorval Latorres Júnior que veio para compartilhar a vida comigo, para ser meu parceiro em todos momentos. Obrigada por ser tão carinhoso, compreensivo e cuidar tão bem de mim. Quero partilhar a vida toda com você.

A minha querida IC. Obrigada, Natasha, por toda ajuda, toda paciência, dedicação e carinho que tivestes comigo. Obrigada por me ensinar tanto. Este trabalho também é teu!

A minha mentora, Mery. Obrigada pela amizade, ensinamentos, compreensão e por aquele “empurrãozinho” que tu meu deu quando mais precisei. Obrigada por compartilhar tantos momentos e ensinamentos comigo. Que venha o nosso café em Paris!

Aos meus anjos da guarda, Paula e Arthur. Obrigada por tornarem esse momento possível, por cuidarem tão bem de mim e acreditarem em mim até mesmo quando nem eu acreditava.

Essa tese é especialmente dedicada a vocês.

Aos queridos amigos que Deus presenteou-me com tanta generosidade:

Wesclen, quantas histórias compartilhadas, quantos aprendizados, quanta gargalhada, quanto choro. Obrigada por me permitir evoluir ao teu lado, meu amigo. Obrigada por sempre estar ao meu lado, por todo carinho e disponibilidade a mim dedicados. Tu és um cara especial.

Gabe, Gabriel da Silva Filipini. O que construímos e vivemos neste período estão guardados para sempre em meu coração e memória. Obrigada pela paciência e conselhos, por sempre acreditar em mim, pelo incentivo, carinho e amizade verdadeiros. Obrigada pelas histórias, sonhos e ensinamentos que compartilhamos. Sou tua fã e te admiro demais.

Fabi, obrigada pela compreensão, pelas palavras de conforto e carinho, pela amizade e paciência com essa tua amiga que te ama muito;

Pâmela, pela amizade espontânea e verdadeira, pelos momentos compartilhados e pelas gargalhadas contagiantes;

À Dr^a. Juliana Machado Latorres. Jú, obrigada pelos conselhos sábios e experientes, pela orientação no laboratório, incentivo, amizade e carinho a mim dedicados;

Giovani, obrigada pela amizade e pelo apoio de sempre. Por sempre acreditar em mim;

Pri, obrigada pela paciência, conversas, apoio, carinho e parceria de tantos momentos;

À minha orientadora Prof^a. Dr^a. Vilásia Guimarães Martins, pela orientação, ensinamentos compartilhados, paciência e compreensão nos momentos que mais precisei.

À Aline e a Meritaine, pela ajuda, amizade, carinho e incentivo.

Aos meus professores da Graduação pelo incentivo, confiança e ensinamentos transmitidos.

Aos colegas e amigos do Laboratório de Tecnologia de Alimentos, pela paciência e pelos momentos de conhecimento, alegria e descontração.

A todos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos, pelos conhecimentos compartilhados, amizade e sensibilidade.

Ao Centro de Microscopia Eletrônica da Região Sul (CEME-Sul) pela disponibilidade de equipamentos e funcionários para realização de análises.

Aos membros da banca examinadora, pela disponibilidade e contribuições ao trabalho.

À Universidade Federal do Rio Grande, pela oportunidade de aprendizagem.

À CAPES pela concessão da bolsa de estudos.

Agradeço a todos aqueles que confiaram em mim e, de alguma forma, contribuíram para o êxito na execução deste trabalho.

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II.....	25
REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	27
Tabela 1 - Filmes biodegradáveis ativos aplicados como embalagens de diferentes alimentos	35
CAPÍTULO III.....	41
ARTIGO I - Desenvolvimento e aplicação de filmes biodegradáveis de farinha de feijão (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	45
Tabela 1 - Composição proximal da farinha de feijão vermelho (FFV) e da farinha de feijão preto (FFP).....	56
Tabela 2 - Resultados de espessura, resistência a tração (RT), alongação (E), L, a*, b*, transparência (T), diferença total de cor (ΔE), solubilidade em água (SA) e permeabilidade ao vapor d'água (PVA) dos filmes.	57
ARTIGO II - Efeito de uma embalagem biodegradável ativa de farinha de feijão e extrato de semente de açaí na qualidade do azeite de oliva.....	77
Tabela 1 - Propriedades dos filmes controle (CF), com 5 % (FE5) e 10 % (FE10) de extrato de semente de açaí.....	88
Tabela 2 - Resultados de inibição do radical DPPH e ABTS pelo extrato de semente de açaí, filme controle (CF), filme com 5 % de extrato (FE5) e filme com 10 % de extrato (FE10)....	92
Tabela 3 - Parâmetros de qualidade do azeite de oliva acondicionado em frascos âmbar (controle), sachês de filmes de farinha de feijãovermelho (FC) e sachês de filmes de farinha de feijão vermelho com 1 0% de extrato de açaí (FE 10) armazenados em estufa por 16 dias.....	96

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO III	41
ARTIGO I - Desenvolvimento e aplicação de filmes biodegradáveis de farinha de feijão (<i>Phaseolus vulgaris</i>).....	45
Figura 1 - Ângulo de contato em água (ACA) dos filmes elaborados com farinha de feijão vermelho (FFFV) e dos filmes elaboradas com farinha de feijão preto (FFFP), ambos com 10g de SSF nas placas	60
Figura 2 - Difração de raios X e cristalinidade relativa (CR) dos filmes obtidos das farinhas de feijões	62
Figura 3 - Microscopia eletrônica de varredura superficial dos filmes	63
Figura 4 - Biodegradabilidade dos filmes em solo até completa degradação	64
Figura 5 - Biodegradabilidade dos filmes em água do mar até completa degradação	65
Figura 6 - Embalagem de filme de farinha de feijão vermelho selada e com impressão	66
Figura 7 - Parâmetros de cor dos biscoitos armazenados por 20 dias em embalagens biodegradáveis de farinha de feijão vermelho	67
Figura 8 - Umidade e ganho de massa dos biscoitos armazenados por 20 dias em embalagens biodegradáveis de farinha de feijão vermelho	68
Figura 9 - Parâmetros de textura dos biscoitos armazenados por 20 dias em embalagens biodegradáveis de farinha de feijão vermelho	69
ARTIGO II - Efeito de uma embalagem biodegradável ativa de farinha de feijão e extrato de semente de açaí na qualidade do azeite de oliva.....	77
Figura 1 - Micrografia do filme de farinha de feijão vermelho sem extrato de semente de açaí (FC), com 5 % de extrato (FE 5) e 10 % de extrato (FE 10).....	91
Figura 2 - Imagens das embalagens de farinha de feijão vermelho sem extrato (FC) e com extrato (FE 10) no início e fim do armazenamento	93

SUMÁRIO

CAPÍTULO I	13
RESUMO	15
ABSTRACT	17
1 INTRODUÇÃO GERAL	19
2 OBJETIVOS	23
2.1 OBJETIVO GERAL.....	23
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	23
CAPÍTULO II	25
2 REVISÃO DA LITERATURA	27
2.1 FEIJÃO.....	27
2.2 SEMENTE DE AÇAÍ.....	29
2.3 FILMES E EMBALAGENS BIODEGRADÁVEIS.....	31
2.4 EMBALAGENS ATIVAS	33
CAPÍTULO III	41
APRESENTAÇÃO	43
ARTIGO I	45
DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE FILMES BIODEGRADÁVEIS DE FARINHA DE FEIJÃO (<i>Phaseolus vulgaris</i>)	45
RESUMO	47
1 INTRODUÇÃO	47
2 MATERIAL E MÉTODOS	49
2.1 MATERIAL	49
2.2 MÉTODOS	49
2.2.1 Obtenção e caracterização das farinhas de feijão	49
2.2.2 Elaboração dos filmes de farinha de feijão	50
2.2.3 Caracterização dos filmes	50
2.2.3.1 Espessura	50
2.2.3.2 Solubilidade em água.....	51
2.2.3.3 Ângulo de contato com a água	51
2.2.3.4 Permeabilidade ao vapor d'água.....	51
2.2.3.5 Propriedades óticas	52
2.2.3.6 Propriedades mecânicas.....	52
2.2.3.7 Propriedades microestruturais	53
2.2.3.8 Biodegradabilidade dos filmes em solo e água do mar	53
2.2.4 Aplicação dos filmes como embalagens para biscoitos	54
2.2.4.1 Avaliação dos biscoitos	55
2.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	56
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
3.1 COMPOSIÇÃO PROXIMAL DAS FARINHAS DE FEIJÃO	56
3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS FILMES	57
3.2.1 Espessura e propriedades mecânicas	57
3.2.2 Propriedades óticas	59
3.2.3 Ângulo de contato, solubilidade em água, e permeabilidade ao vapor d'água	59
3.2.4 Propriedades microestruturais	61
3.2.5 Biodegradabilidade dos filmes em solo e água do mar	63
3.3 DESENVOLVIMENTO DAS EMBALAGENS E AVALIAÇÃO DOS BISCOITOS ...	66

3.3.1 Cor	66
3.3.2 Umidade e ganho de massa dos biscoitos	67
3.3.3 Textura dos biscoitos	68
4 CONCLUSÃO	69
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	70

ARTIGO II

EFEITO DE UMA EMBALAGEM BIODEGRADÁVEL ATIVA DE FARINHA DE FEIJÃO E EXTRATO DE SEMENTE DE AÇAÍ NA QUALIDADE DO AZEITE DE OLIVA.....

RESUMO

1 INTRODUÇÃO

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 MATERIAL

2.2 MÉTODOS

2.2.1 Obtenção da farinha de feijão vermelho.....

2.2.2 Obtenção e caracterização da atividade antioxidante do extrato de semente do açaí

.....

2.2.3 Elaboração dos filmes

2.2.4 Caracterização dos filmes.....

2.2.4.1 Espessura.....

2.2.4.2 Propriedades mecânicas

2.2.4.3 Propriedades óticas

2.2.4.4 Solubilidade em água

2.2.4.5 Permeabilidade ao vapor d'água

2.2.4.6 Propriedades microestruturais.....

2.2.4.7 Atividade antioxidante dos filmes.....

2.2.5 Acondicionamento e avaliação da qualidade do azeite de oliva.....

2.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CARACTERIZAÇÃO DOS FILMES

3.1.1 Espessura e propriedades mecânicas

3.1.2 Propriedades óticas

3.1.3 Solubilidade em água e permeabilidade ao vapor d'água.....

3.1.4 Propriedades microestruturais

3.1.5 Atividade antioxidante.....

3.2 DESENVOLVIMENTO DA EMBALAGEM E AVALIAÇÃO QUÍMICA DO AZEITE.....

4 CONCLUSÃO

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CAPÍTULO IV

4 CONCLUSÃO GERAL.....

CAPÍTULO V

CONSIDERAÇÕES FINAIS

RESÍDUOS GERADOS E DESTINO.....

SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

CAPÍTULO VI.....

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....

CAPÍTULO I

RESUMO

O presente estudo teve como objetivo geral utilizar grãos quebrados de feijões no desenvolvimento de filmes biodegradáveis e, adicionar extrato de semente de açaí (ESA) para melhorar suas propriedades e obter embalagens ativas que possam ser aplicadas a alimentos. Inicialmente, farinha de feijão vermelho (FFV) e preto (FFP) foram obtidas a partir de um processo de moagem e caracterizadas quanto à sua composição proximal. Posteriormente, através da técnica de *casting*, filmes foram elaborados e caracterizados a partir dessas farinhas. Os filmes de FFV demonstraram propriedades mecânicas, de barreira e solubilidade superiores aos elaborados a partir de FFP e, por isso, foram escolhidos para acondicionar biscoitos. Ao avaliar a qualidade do biscoito armazenado por 20 dias na embalagem de FFV, verificou-se que a mesma não foi eficiente como barreira contra a umidade, pois os biscoitos apresentaram maior umidade e menor dureza. Neste caso para poder ser utilizada como embalagem para biscoitos, teria que ter sua propriedade de barreira melhorada ou ser utilizada juntamente com uma embalagem secundária. O filme FFV se mostrou mais adequado à formação de embalagens quando comparado aos filmes de FFP e, por isso, foi escolhido para dar seguimento ao estudo, onde foram elaborados filmes de FFV com ESA. O ESA foi avaliado quanto à sua capacidade antioxidante e demonstrou possuir um elevado poder antioxidante contra os radicais DPPH e ABTS. Filmes de FFV foram adicionados de ESA (0, 5 e 10%) e caracterizados quanto às suas propriedades antioxidantes, mecânicas, de barreira, óticas e microestruturais. A adição do ESA aos filmes melhorou suas propriedades mecânicas, reduziu a solubilidade, aumentou a cristalinidade relativa e reduziu a transparência. Além disso, os filmes apresentaram atividade antioxidante maior quanto maior foi a concentração de extrato adicionada aos mesmos. Essa influência positiva do extrato nas propriedades dos filmes possibilitou o acondicionamento de azeite de oliva virgem nas embalagens produzidas a partir do filme de FFV com 10% de ESA e sem ESA. As embalagens biodegradáveis apresentaram um efeito protetivo do azeite, uma vez que, ao final do tempo de armazenamento (16 dias a 60°C), o azeite acondicionado na embalagem controle apresentou características que indicavam um processo de oxidação mais avançado. Todos os filmes produzidos foram totalmente degradados em solo e em água do mar em 14 e 20 dias, respectivamente.

Palavras-chave: Atividade antioxidante. Embalagem ativa. Embalagem de alimentos. Impacto ambiental. Sustentabilidade.

ABSTRACT

Application of beans flour and açai seed extract in the development of biodegradable packaging

The present study had as general objective to use broken bean grains in the development of biodegradable films and, to add açai seed extract (ASE) to improve its properties and obtain active packaging that can be applied to food. Initially, red bean flour (RBF) and black bean flour (BBF) were obtained from a milling process and characterized as to their proximal composition. Later, through the casting technique, films were elaborated and characterized from these flours. The RBF films showed mechanical properties, barrier and solubility superior to those made from BBF and, therefore, they were chosen to store biscuits. When evaluating the quality of the biscuits stored for 20 days in the RBF package, it was found that it was not efficient as a barrier against moisture, as the biscuits had higher moisture and less hardness. In this case, in order to be used as a packaging for biscuits, it would have to have its barrier property improved or be used together with a secondary packaging. The RBF film proved to be more suitable for the formation of packages when compared to the BBF films and, therefore, it was chosen to continue the study, where RBF films with ASE were prepared. ASE was evaluated for its antioxidant capacity and demonstrated to have a high antioxidant power against DPPH and ABTS radicals. RBF films were added with ASE (0, 5 and 10%) and characterized for their antioxidant, mechanical, barrier, optical and microstructural properties. The addition of ASE to the films improved their mechanical properties, reduced solubility, increased relative crystallinity and reduced transparency. In addition, the films showed greater antioxidant activity the higher the concentration of extract added to them. This positive influence of the extract on the properties of the films made it possible to pack virgin olive oil in packages produced from RBF film with 10% ASE and without ASE. Biodegradable packages showed a protective effect of the oil, since, at the end of the storage time (16 days at 60 °C), the oil stored in the control package showed characteristics that indicated a more advanced oxidation process. All films produced were completely degraded in soil and seawater in 14 and 20 days, respectively.

Keywords: Active packaging. Antioxidant activity. Environmental impact. Food packaging. Sustainability.

1 INTRODUÇÃO GERAL

A principal função das embalagens é manter a qualidade e a segurança dos alimentos, desde a produção do alimento até o consumidor final. Para isso, a embalagem deve proteger o produto de danos físicos, químicos ou biológicos (PANSERI et al., 2018). A indústria de embalagens representa a maior parte da produção mundial de plásticos (cerca de 40%), sendo responsável pela maioria dos resíduos pós-consumo, como por exemplo as sacolas, filmes e garrafas (BUJOK et al., 2021). Os plásticos sintéticos têm sido utilizados preferencialmente em vários campos de aplicações, devido às suas propriedades de flexibilidade, disponibilidade, durabilidade, baixo peso e viabilidade econômica (em relação a materiais convencionais como madeira, tecido, e metais) (KABIR et al., 2020). Como a maioria dos polímeros é derivada do petróleo, eles tendem a ser resistentes à biodegradação (PANSERI et al., 2018), e esse é um dos principais fatores que contribuem para os problemas ambientais do planeta.

Atualmente apenas 15% dos materiais plásticos produzidos no mundo são reciclados, pois, apesar do grande número de tecnologias de reciclagem disponíveis, o volume de resíduo gerado é muito grande e, apenas uma parte relativamente pequena dos resíduos de embalagens plásticas, normalmente polietileno (PE), polipropileno (PP) e poli (tereftalato de etileno) (PET) é reprocessado e os demais não são reciclados e contribuem para a poluição ambiental ocasionada por plásticos em todo o mundo (BUJOK et al., 2021). Como resposta a este problema atual, buscam-se materiais biodegradáveis, que se decomporiam espontaneamente no ambiente aberto sem impacto negativo (AMIN et al., 2021).

Seguindo essa tendência, a aplicação de farinhas na elaboração de filmes biodegradáveis tem se tornado frequente (FARIAS et al., 2021; YILDIZ et al., 2021). As farinhas são misturas complexas de carboidratos, proteínas, lipídios e fibras que proporcionam a obtenção de uma blenda natural quando aplicada no preparo de filmes, pois os seus constituintes não precisam ser separados para sua elaboração, é possível utilizar a farinha com todos os componentes e combiná-los para obtenção de materiais mais resistentes (TAPIA-BLÁCIDO; SOBRAL; MENEGALLI, 2011). Uma possível fonte de farinha são os grãos de feijões quebrados, um subproduto de baixo valor comercial que tem sido utilizado na alimentação animal e produção de farinhas extrusadas (CARVALHO et al., 2012). Apesar de serem fracionados, os grãos mantêm sua constituição nutricional (lipídios 2%, proteínas 25% e carboidratos 60%) (KAN et al., 2017). Entretanto, o baixo valor comercial inviabiliza sua comercialização direta (CARVALHO et al., 2012). A sua utilização na elaboração de filmes é

dada a partir da extração de suas proteínas (FAN et al., 2014) ou do amido (LIMA et al., 2017), não há relatos na literatura do uso da farinha integral de feijão para obtenção de filmes biodegradáveis. A utilização das proteínas e/ou amido dos grãos de feijões envolve processos de extração com várias etapas, utilização de solventes, demanda mais tempo de operação, aumenta a mão de obra e os custos de produção dos filmes quando comparado ao uso da farinha integral para obtenção dos mesmos (LIMA et al., 2017).

Dependendo da formulação e do processo de produção, os filmes de base biológica podem ser biodegradáveis, biocompatíveis ou mesmo comestíveis, o que oferece novas oportunidades de aplicação (MOALLA et al., 2021). Além disso, esses filmes podem fornecer vantagens adicionais, como serem adicionados de aditivos funcionais, como antioxidantes naturais, que podem migrar do material de embalagem para o produto alimentício, a fim de prolongar a vida útil dos alimentos e manter a sua segurança e qualidade (BUJOK et al., 2021). A adição de compostos naturais, como por exemplo antocianinas de bagaço de uva (STOLL et al., 2017), carotenóides (STOLL et al., 2019), carvacrol (LAORENZA; HARNKARNSUJARIT, 2021), curcumina (ROY; RHIM, 2020) e hortelã (WANG et al., 2021) a embalagens biodegradáveis aplicadas a alimentos tem sido largamente estudada e vem apresentando bons resultados. Além de promover o aumento da vida útil dos alimentos embalados, esses compostos naturais, muitas vezes, promovem melhorias nas propriedades físico-químicas das embalagens, que é de grande importância quando se fala em aplicação industrial das embalagens biodegradáveis (YANG et al., 2019). Neste contexto, surge a semente de açaí, como uma abundante fonte de compostos bioativos. A semente de açaí é um subproduto da industrialização do açaí que, atualmente, não possui valor comercial e é descartada de forma inadequada no meio ambiente, trazendo um problema na região em que a palmeira é cultivada (BURATTO et al., 2019, 2021). A elevada comercialização do açaí gera uma enorme quantidade de sementes como resíduo, que é estimado em mais de 1.000.000 de toneladas ao ano (MONTEIRO et al., 2019). Diversos estudos foram realizados a fim de caracterizar essas sementes (MELO et al., 2016, 2021) e tratar doenças com o seu extrato (ROMÃO et al., 2020), que possui elevada atividade antioxidante, devido à sua composição fenólica caracterizada pela presença de procianidina B1 e B2, catequina e epicatequina (MARTINS et al., 2020), entretanto, até o momento, não foram encontrados estudos aplicando este extrato a embalagens de alimentos.

Percebendo a necessidade de maiores estudos para o desenvolvimento de novos materiais, assim como, o seu melhoramento para que estes possam ser aplicados a embalagens de alimentos, este trabalho apresenta o desenvolvimento e a aplicação de filmes biodegradáveis

a base de fontes naturais com diferentes propriedades e, conseqüentemente, diferentes aplicações, que contribuem para agregar valor a diferentes subprodutos da indústria de alimentos.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Utilizar grãos quebrados de feijões no desenvolvimento de filmes biodegradáveis e, adicionar extrato de semente de açaí para melhorar suas propriedades e obter embalagens ativas que possam ser aplicadas a alimentos.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obter filmes a partir de farinha de feijão preto e vermelho;
- Caracterizar os filmes quanto as suas propriedades físicas, químicas e biodegradabilidade em solo e água do mar;
- Avaliar a atividade antioxidante de extrato de semente de açaí;
- Aplicar o melhor filme como embalagem para biscoito salgado;
- Avaliar a qualidade do biscoito armazenado nas embalagens biodegradáveis;
- Utilizar extrato de semente de açaí como composto bioativo para melhorar as propriedades dos filmes e ainda obter filmes ativos;
- Avaliar as propriedades físico químicas e antioxidantes dos filmes adicionados de extrato de semente de açaí;
- Aplicar os melhores filmes como embalagem para azeite de oliva;
- Verificar a eficácia das embalagens biodegradáveis na preservação da qualidade físico química do azeite durante o armazenamento.

CAPÍTULO II

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 FEIJÃO

Uma das leguminosas mais produzidas no mundo é o feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.) (PITURA; ARNTIELD, 2019). O feijão pertence ao grupo de sementes de leguminosas amiláceas, que são importantes fontes de proteína, bem como energia (amido) e fibra alimentar (LOS et al., 2018). Dentre os demais cereais, os feijões se destacam por possuírem maior teor de proteínas (20-27%), baixo teor lipídico (<2%) e são uma boa fonte de carboidratos complexos (até 60%) (KAN et al., 2017). As diferentes classes de grãos coloridos incluem marrom, *cranberry*, azuki, rim vermelho escuro e claro, vermelho pequeno, rosa e preto (PITURA; ARNTIELD, 2019).

A cultura do feijão é considerada de ciclo curto e, por isso, apresenta uma vantagem para o produtor, que consegue adequar o seu plantio dentro de um período menor, sem ter que parar a produção de outros grãos ainda no mesmo ano-safra. Com isso, o Brasil possui três épocas distintas de plantio, favorecendo assim uma oferta constante do produto ao longo do ano (CONAB, 2019).

Os países de Myanmar e Índia são os maiores produtores de feijão do mundo, sendo o Brasil o terceiro maior produtor, seguido da China, Estados Unidos da América e México. Estes seis países são responsáveis por 61% da produção mundial do grão (CONAB 2018). A produção de feijão no Brasil chegou a 3.222,1 mil t na safra 2019/20, e estima-se uma produção de 3.250,0 mil t para a safra 2020/21 (CONAB, 2019).

Segundo Sathe (2016), como na maioria das produções alimentares, a perda decorrente desta cultura é bastante elevada. A maioria das perdas pós-colheita ocorrem durante o manuseio e armazenamento e podem variar de 8% a 50% da safra total (FERREIRA et al., 2018a). Durante a colheita e no processamento do feijão, os grãos sadios se partem ao meio devido a danos mecânicos, gerando uma quantidade importante de um subproduto de baixo valor comercial (6-13%) (TEIXEIRA et al., 2021). Apesar de ser um grão fracionado seus aspectos nutricionais são mantidos, entretanto, seu baixo valor comercial inviabiliza a comercialização direta (CARVALHO et al., 2012). Dessa forma, os grãos quebrados são utilizados principalmente na alimentação animal ou na obtenção de farinhas extrusadas (STARLING; SOUZA; CARVALHO, 2016).

Até o presente momento, não foi possível encontrar na literatura filmes ou embalagens biodegradáveis elaboradas a partir de farinha de feijão comum. Porém, outras

partes de diferentes variedades de feijão vêm sendo utilizadas para este fim. Filmes ativos de proteína de feijão mungo (*Vigna radiata*) e casca de romã foram preparados e, os resultados enfatizam o potencial uso da proteína do feijão mungo e da casca de romã como subprodutos da indústria alimentícia para o desenvolvimento de filmes comestíveis biofuncionais destinados à embalagem de produtos alimentícios (MOGHADAM et al., 2020). As propriedades físico-químicas, morfológicas e de formação de filme de amido isolado do feijão mungo (*Vigna radiata*) foram estudadas e, os resultados obtidos mostraram que as propriedades dos filmes foram melhoradas devido à adição do nanoamido, ao amido nativo (ROY et al., 2020). O amido de feijão faba (*Vicia faba* L.) foi reticulado com trimetafosfato de sódio e possibilitou o desenvolvimento de filmes com boas propriedades mecânicas e de barreira (SHARMA et al., 2020).

O efeito do iodo nas características estruturais de filmes produzidos com amido de feijão rim (*Phaseolus Vulgaris* L.) foi estudado e os resultados mostraram que a temperatura de colagem aumentou gradualmente com o aumento da quantidade de iodo (SINGH; BELTON; GEORGET, 2009). Os filmes de isolado de proteína de feijão rim e quitosana foram produzidos e os resultados do estudo mostraram que os filmes incorporados com nisina deveriam servir como embalagem antimicrobiana para alimentos (FAN et al., 2014). O isolado proteico foi obtido a partir de feijão vermelho (*Phaseolus Vulgaris* L.) e foi utilizado juntamente com quitosana no desenvolvimento de embalagens antimicrobianas para alimentos (MA et al., 2013). O amido de grãos de feijão carioca (*Phaseolus vulgaris* L.) foi extraído e utilizado na elaboração de filmes com diferentes teores de tetraetilortosilicato (TEOS), que apresentaram propriedades mecânicas superiores a aqueles desenvolvidos sem o TEOS (LIMA et al., 2017).

O processo de extração das proteínas e do amido do feijão envolve um processo com várias etapas (FAN et al., 2014; LIMA et al., 2017), o que demanda tempo e investimento financeiro. Desta forma, a utilização da farinha integral do feijão se torna mais atrativa. A partir de um simples processo de moagem, os grãos de feijão partidos tornam-se uma matéria-prima de grande interesse para elaboração de filmes biodegradáveis, uma vez que, devido aos seus constituintes, essa matéria-prima propicia o desenvolvimento natural de uma blenda polimérica. A utilização de blendas é realizada com o objetivo de unir as propriedades de um material com as propriedades de outro, a fim de promover a obtenção de filmes com propriedades melhoradas quando comparadas aos obtidos individualmente (GHADERI et al., 2019).

2.2 SEMENTE DE AÇAÍ

O açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) é o fruto de uma palmeira tropical nativa presente em toda a região amazônica (MELO et al., 2016). Somente no ano de 2019, aproximadamente 1,5 milhão de toneladas de açaí foram produzidas no Brasil (SEDAP, 2020). Nos últimos anos, a comercialização do fruto tem crescido significativamente no mercado nacional e internacional, sendo o estado do Pará, o principal produtor de açaí do mundo, representando mais de 95% da produção do Brasil (CONAB, 2019). No ano de 2018 o estado brasileiro produziu 1.439.249 toneladas do fruto e incentivos governamentais foram criados (Programa Pró-Açaí) para aumentar a produção em 360.000 toneladas até 2024 (CONAB, 2019).

O produto comercializado, a polpa de açaí, representa apenas 5–15% do peso do fruto, enquanto a semente de açaí responde pelos outros 85-95% (MARTINS et al., 2020). O rápido aumento da comercialização do açaí gerou uma enorme quantidade de sementes de açaí como resíduo do processo de extração, que é estimado em mais de 1.000.000 de toneladas depositadas anualmente na região amazônica, e com a perspectiva de aumento para os próximos anos (MONTEIRO et al., 2019). Hoje, apenas uma pequena quantidade das sementes é utilizada para alimentação animal, plantações ou hortas caseiras e artesanato, e existem poucos métodos adequados de destinação das mesmas, resultando em problemas ambientais e econômicos (MELO et al., 2021). Desta forma, encontrar novas aplicações para as sementes de açaí agregando valor à cadeia produtiva e promovendo o desenvolvimento local e social é de grande interesse econômico.

Melo et al. (2021) afirmaram que a porção do fruto do açaí com maior teor de compostos bioativos é aquela que está sendo descartada como resíduo agroindustrial em toda a cadeia de processamento do açaí, as sementes. Rodrigues et al. (2006) desenvolveram um estudo pioneiro para quantificar a atividade antioxidante e a composição fenólica de sementes de açaí. Desde então, a semente de açaí tem recebido atenção especial da comunidade científica (BARROS et al., 2015; BURATTO et al., 2019, 2021; MELO et al., 2016, 2021; SOARES et al., 2017). Martins et al. (2020) caracterizaram extratos de semente de açaí quanto à sua composição química, atividade antioxidante e antimicrobiana, e verificaram que o extrato é composto por procianidinas oligoméricas dos tipos B e A (> 3000 Da), que foram ativas contra bactérias gram-positivas (*Staphylococcus aureus* e *Enterococcus faecalis*) e *Candida albicans*. Além disso, os autores relataram que o extrato não apresentou citotoxicidade para células de mamíferos (THP1 - linha celular de macrófago e LLC-MK2 - célula epitelial) e possui alta atividade antioxidante prevenindo o estresse oxidativo. Melo et al. (2021) investigaram o

potencial uso de sementes de açaí como fonte de lipídios, fibras e compostos fenólicos com atividade antioxidante e, verificaram que as sementes possuem um alto teor de fibras alimentares (86%) e baixo teor de lipídios (2,7%), dos quais 49,2% e 50,7% corresponderam a ácidos graxos saturados e insaturados, respectivamente. Os autores também relataram que o extrato apresentou forte atividade antioxidante contra os radicais livres DPPH (622,81 $\mu\text{mol/g}$) e ABTS (763,09 $\mu\text{mol TEAC/g}$) devido à sua composição fenólica caracterizada pela presença de procianidina B1 e B2, catequina e epicatequina. Em um estudo realizado com trinta e sete plantas orientais e tropicais usadas na medicina popular, Choi et al. (1998) e colaboradores verificaram que os extratos de sementes de açaí estavam entre os que apresentavam maior atividade antioxidante em relação à inibição da oxidação lipídica e capacidade de eliminação contra o ânion superóxido e radicais DPPH.

A semente de açaí tem apresentado outras funcionalidades. O extrato de semente de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) (ESA) vem apresentando resultados significativos em diversos estudos na área médica, onde tem se mostrado um potencial regulador da massa corporal (SANTOS et al., 2020; TRINDADE et al., 2019). O tratamento com ESA associado ao treinamento físico foi eficaz contra a esteatose hepática em ratos diabéticos, reduzindo a lipogênese hepática e aumentando a defesa antioxidante e a excreção de colesterol (BEM et al., 2018). Um estudo realizado com o objetivo de verificar se a suplementação com ESA afetaria o desempenho do exercício aeróbio em ratos concluiu que, a suplementação crônica com ESA melhora o desempenho físico aeróbio, aumentando a função vascular, reduzindo o estresse oxidativo e regulando positivamente as proteínas-chave da biogênese mitocondrial (SOARES et al., 2020). O carvão ativado obtido de semente de açaí foi utilizado para remoção de íons metálicos da água e, apresentou uma maior remoção de metal quando comparada a ação do carvão ativado comercial (QUEIROZ et al., 2020). A semente do açaí forneceu matéria-prima para geração de energia e produção de sorvente (carvão ativado) com excelente capacidade de sorção e reciclabilidade (PESSÔA et al., 2019). As cinzas de semente de açaí foram utilizadas com eficiência como um novo catalisador básico heterogêneo para produção de biodiesel (MARES et al., 2021).

Apesar da elevada disponibilidade, não ter valor comercial, possuir bioatividade comprovada e diferentes aplicações estudadas, a utilização da semente de açaí em alimentos é pouco explorada e, não há menção na literatura sobre a aplicação dessa semente a embalagens para alimentos, deixando uma lacuna a ser preenchida. A utilização destas sementes na melhoria das propriedades de embalagens biodegradáveis e atribuição de bioatividades a estas, é uma

forma de agregar valor a um produto que atualmente não possui valor comercial e gera um grave impacto ambiental devido ao seu volume de produção e descarte inadequado.

2.3 FILMES E EMBALAGENS BIODEGRADÁVEIS

A embalagem de alimentos é um sistema estruturado para garantir a qualidade, segurança e integridade dos produtos alimentícios durante o transporte, distribuição, armazenamento e varejo, até o uso final (KALPANA et al., 2019). Além disso, comunicação, rastreabilidade, conveniência e indicação de violação são funções secundárias de importância crescente das embalagens (AMIN et al., 2021). Historicamente, plásticos, papéis, recipientes de vidro e metal tem sido usados para embalar alimentos. No entanto, a fabricação e o descarte pós-consumo desses materiais de embalagem causam a emissão de vários compostos tóxicos (monóxido de carbono, ácido clorídrico, cloro, dioxina, aminas, furanos, nitretos, benzeno, 1-estireno, 3-butadieno, acetaldeído, etc.) ao meio ambiente e são perigosos para a saúde humana (MANGARAJ et al., 2019).

A produção de plástico aumentou significativamente nas últimas décadas, atingindo cerca de 350 milhões de toneladas por ano e, chegando a 368 milhões de toneladas no ano de 2019 (EUROPE, 2020). Se as taxas atuais de consumo continuarem, o planeta chegará a 33 bilhões de toneladas de plástico até 2050 (ROCHMAN, et al., 2013). Segundo a Organização das Nações Unidas (ONU, 2019a) o mundo produz cerca de 300 milhões de toneladas de lixo plástico a cada ano e, a cada ano, ao menos 8 milhões de toneladas de plástico acabam em aterros sanitários ou oceanos, podendo persistir por décadas e, frequentemente se decompondo em microplásticos que acabam chegando até a nossa cadeia alimentar (ONU, 2019b).

A enorme produção e gestão ineficiente dos resíduos plásticos é sem dúvida um desafio crítico para o meio ambiente, seja no ambiente marinho ou terrestre (HE et al., 2018). Para reduzir este impacto, estratégias encorajam a reciclagem, o uso restritivo de plásticos e até mesmo a proibição do uso foi implementado em alguns lugares (XANTHOS; WALKER, 2017). A substituição de polímeros convencionais por materiais biodegradáveis também tem sido usada como uma alternativa para reduzir o acúmulo desses resíduos no meio ambiente (MIR et al., 2018; SANGRONIZ et al., 2019; SAROJINE et al., 2019).

Os materiais de embalagem biodegradáveis podem ser classificados como filmes e revestimentos. Os filmes são as camadas preparadas separadamente por fundição e secagem em formatos adequados como estruturas autônomas (AMIN et al., 2021). Os filmes estão sendo utilizados para embalar os alimentos ou para colocá-los entre as camadas de produtos

alimentícios (TAVASSOLI-KAFRANI; SHEKARCHIZADEH; MASOUDPOUR-BEHABADI, 2016). O revestimento é uma fina camada de material que pode ser aplicada diretamente ao produto alimentício para atuar como uma barreira entre os ambientes e o produto durante o transporte, processamento e armazenamento. Os revestimentos são aplicados imergindo o produto na solução de revestimento ou pulverizando diretamente sobre a superfície do produto (AMIN et al., 2021).

Para atender à crescente demanda por sustentabilidade e segurança ambiental, vários estudos estão sendo desenvolvidos usando polímeros biodegradáveis (AMIN et al., 2021; BASHIR et al., 2017). Esses polímeros são, às vezes, consumidos com o produto ou podem ser decompostos por micro-organismos quando em contato com o ambiente (SALGADO et al., 2015). Vários materiais biológicos como proteínas, polissacarídeos e lipídeos têm sido relatados na literatura com propriedades adequadas para o desenvolvimento de embalagens biodegradáveis (BENBETTAÏEB et al., 2016). Algumas embalagens biodegradáveis apresentam propriedades físicas, mecânicas, óticas e de barreira comparáveis aos materiais de embalagem de origem sintética (YUAN; CHEN; LI, 2016). Para aumentar e/ou melhorar a funcionalidade destes materiais de embalagem, pode-se fazer a adição de ingredientes ativos, como compostos antimicrobianos, antioxidantes, vitaminas, flavonoides, entre outros (SALGADO et al., 2015) os quais podem ser liberados e aumentar o valor nutricional de produtos alimentícios ou para prolongar a vida útil do produto embalado (AMIN et al., 2021).

Dentre os materiais utilizados na elaboração de filmes biodegradáveis, as proteínas e os polissacarídeos apresentam destaque (BENBETTAÏEB et al., 2016). Em geral, os filmes de proteínas proporcionam excelente estabilidade mecânica, são considerados econômicos, confiáveis, renováveis e têm um potencial mercado para embalar diferentes produtos alimentícios (AMIN et al., 2021). Os polissacarídeos são mais empregados para controlar a transmissão de oxigênio e outros gases, enquanto lipídios são utilizados para reduzir a permeabilidade à água e a solubilidade dos filmes (MURRIETA-MARTÍNEZ et al., 2018).

A busca por novos materiais, assim como por tecnologias que propiciem o desenvolvimento de embalagens biodegradáveis com propriedades melhoradas é recorrente nos últimos anos (ARQUELAU et al., 2019; GUTIÉRREZ et al., 2016; NOGUEIRA; MARTINS, 2019). Uma alternativa que vêm sendo estudada nos últimos anos na elaboração de filmes biodegradáveis é o uso de farinhas preparadas a partir de culturas agrícolas (GUTIÉRREZ, 2018b). Acredita-se que esta atenção se deve principalmente às interações químicas que ocorrem entre os componentes das farinhas, além de serem matrizes econômicas, abundantes e renováveis (NOURADDINI; ESMAILI; MOHTARAMI, 2018). Segundo Pelissari et al.

(2013) estas farinhas são misturas naturais complexas de amido, proteínas, lipídios e fibras, que produzem filmes com melhores propriedades físico-químicas que aqueles preparados a partir de amido ou proteínas isoladas.

Farinhas obtidas de diferentes fontes têm sido utilizadas no desenvolvimento de filmes biodegradáveis, entre elas, farinha de abóbora e ameixa (GUTIÉRREZ, 2018b), farinha de trigo (BORNEO, ALBA, AGUIRRE, 2016; SALVUCCI et al., 2019), farinha de banana (PELLISSARI et al., 2013), farinha de beterraba (GUTIÉRREZ et al., 2016), farinha de berinjela (NOURADDINI; ESMAILI; MOHTARAMI, 2018), farinha de resíduos de frutas e vegetais (BRITO et al., 2019), farinha de casca de pomelo (WU et al., 2019), farinha de amaranto (DIÉGUEZ et al., 2015; TAPIA-BLÁCIDO; AMARAL; MENEGALLI, 2011; 2013), farinha de pinhão (DAUDT et al., 2016), farinha de casca de banana (ARQUELAU et al., 2019), farinha de achira (ANDRADE-MAHECHA; TAPIA-BLÁCIDO; MENEGALLI, 2012) e farinha de arroz vermelho (VARGAS et al., 2017) entre outras. O uso de misturas naturais obtidas diretamente de fontes agrícolas faz-se com que se tenha o aproveitamento de cada componente da fonte original e parece ser uma nova oportunidade para novos materiais desenvolvidos na área de filmes biodegradáveis (SUCHETA; CHATURVEDI; YADAV, 2019).

2.4 EMBALAGENS ATIVAS

A embalagem ativa é um sistema ou tecnologia de embalagem inovadora que permite que o produto e o ambiente interno da embalagem interajam para prolongar a vida útil do produto e/ou para garantir sua segurança microbiana, mantendo a qualidade do alimento embalado (WERNER; KOONTZ; GODDARD, 2017).

A incorporação de agentes antimicrobianos e antioxidantes na embalagem é uma técnica utilizada como alternativa a aplicação direta no alimento. A aplicação direta pode resultar na inativação ou evaporação dos agentes ativos, o que pode levar a uma perda rápida da atividade. Assim, ao incorporar os agentes ativos à embalagem, os compostos podem ser liberados gradativamente na superfície do alimento, prevenindo reações de deterioração e contaminação (LONG et al., 2016). Na embalagem ativa, os materiais adicionados deliberadamente (absorvedores ou emissores) interagem com o ambiente interno da embalagem para aumentar a vida útil do alimento (BHARGAVA et al., 2020).

Os compostos bioativos, como polifenóis, carotenóides e antocianinas presentes em frutas, vegetais e plantas, com potencial atividade antioxidante e antimicrobiana, oferecem diferentes benefícios à saúde, incluindo proteção contra doenças (RAHMANIAN; AHMED,

2015). O crescente aumento no uso destes compostos têm surgido como alternativa na redução da utilização de aditivos químicos na indústria de alimentos (ALVES-SILVA et al., 2013; MARK et al., 2019).

Inúmeros estudos acerca de filmes ativos, para possível aplicação como embalagem de alimentos vêm sendo realizados nos últimos anos (ACOSTA et al., 2016; ALTAN; AYTAC; UYAR, 2018; ASHRAFI; JOKAR; MOHAMMADI, 2018; CAMPOS-REQUENA et al., 2015; KRSTIĆ et al., 2017; MATTA, TAVERA-QUIROZ; BERTOLA, 2019; RAMBABU et al., 2019). Os filmes de quitosana com diferentes concentrações de óleo essencial (OE) de hortelã (*Plectranthus amboinicus*) apresentaram melhores propriedades de resistência à tração, opacidade e barreira ao vapor de água (VISHNU; VINITHA; MEENAKSHI, 2021). Os autores verificaram que os filmes com 1% de OE apresentaram resistência a tração (RT) de 50,89 MPa, enquanto os filmes sem adição de OE apresentaram RT de 11,03 MPa. Além disso, os filmes com OE exibiram atividade antimicrobiana promissora contra patógenos alimentares e, portanto, poderiam ser usados em embalagens para estender a vida útil de alimentos. O extrato da pele do jambolão incorporado a filmes de metilcelulose melhorou o desempenho mecânico e de barreira dos filmes, aumentando a coesão das estruturas da matriz (FILIPINI; ROMANI; MARTINS, 2020). Além disso, os ensaios de sequestro dos radicais ABTS e DPPH mostraram que os filmes incorporados com maiores concentrações de extrato de casca de jambolão apresentaram capacidade sequestrante semelhante ao extrato puro. Os filmes ativos à base de quitosana e extrato de raiz de cebolinha chinesa (*Allium tuberosum*) exibiram boa atividade antioxidante e antimicrobiana, indicando possível aplicação em embalagens de alimentos (RIAZ et al., 2020). Filmes compostos de gelatina e diferentes concentrações de curcumina tiveram suas propriedades mecânicas e de barreira ao vapor d'água significativamente melhoradas com a adição de curcumina (até 1%) (ROY; RHIM, 2020). Além disso, os filmes exibiram atividade antimicrobiana contra bactérias patogênicas de origem alimentar (*E. coli* e *L. monocytogenes*) e alta atividade antioxidante, comparável ao ácido ascórbico.

A função básica do material de embalagem é manter a qualidade e segurança dos alimentos, prolongando sua vida útil (MOUSTAFA et al., 2019). Os estudos aplicando embalagens ativas e biodegradáveis a diferentes alimentos têm sido largamente relatados na literatura (Tabela 1).

Tabela 1 - Filmes biodegradáveis ativos aplicados como embalagens de diferentes alimentos

Polímero	Composto ativo	Aplicação	Principais resultados	Autores
PBAT/PLA	OE de carvacrol, citral e α -terpineol	Camarão branco do Pacífico	Os filmes retardaram a perda de qualidade dos camarões reduzindo o crescimento microbiano, a perda por gotejamento e a perda de cabeça do camarão.	(LAORENZA; HARNKARNSUJARIT, 2021)
PLA/PCL	Timol	Pimenta	As embalagens retardaram alterações prejudiciais da microbiota, perda de peso, respiração anaeróbia, firmeza, vitamina C, conteúdo fenólico total e qualidade sensorial das pimentas.	(QIN et al., 2016)
Amido termoplástico/ PBAT	Sorbato de potássio	Massa fresca	Os filmes controlaram o crescimento microbiano nas massas frescas, aumentando assim a vida útil.	(ANDRADE-MOLINA et al., 2013)
Gelatina/açafrão	Ácido tânico, ácido caféico e extrato de chá verde	Carne de porco fresca	Os filmes demonstraram boa atividade antioxidante e preveniram a oxidação de lipídios da carne de porco fresca.	(CHOI et al., 2018)
Zeína	Nanopartículas de quitosana com extrato de casca de romã	Carne de porco	O filme restringiu efetivamente o crescimento de <i>L. monocytogenes</i> na carne de porco.	(CUI et al., 2020)

Tabela 1 - Filmes biodegradáveis ativos aplicados como embalagens de diferentes alimentos. Cont.

Quitosana/amido	Extrato de casca de romã e OE de <i>Thymus kotschyanus</i>	Carne bovina	Os filmes ativos reduziram as contagens bacterianas e a oxidação lipídica da carne bovina, aumentando assim a sua vida útil.	(MEHDIZADEH et al., 2020)
Amido de inhame	Eugenol	Carne suína	O filme com 3% de eugenol aumentou a vida útil da carne suína além de 50%.	(CHENG et al., 2019)
Quitosana, alginato e gelatina	Lactoperoxidase (LPS) e OE de sálvia	Hambúrguer de carpa comum	O filme de quitosana contendo LPS estende a vida útil de hambúrgueres de peixe em comparação com outros tratamentos e controle por 5 dias.	(EHSANI et al., 2020)
Quitosana, goma xantana, pululana, goma tragacanta e goma arábica	OE de tomilho	Nectarina	Filmes compostos de quitosana-goma arábica tiveram melhor efeito antifúngico sobre a nectarina pela forma de exposição do timol liberado do filme.	(LIAN et al., 2020)
Quitosana	Nisina e OE de hortelã (<i>Perilla frutescense</i>)	Morangos	A aplicação de filmes em morangos apresentou que a adição de nisina e EO aos filmes de quitosana retardou a rápida decomposição dos morangos durante o armazenamento.	(WANG et al., 2021)

Tabela 1 - Filmes biodegradáveis ativos aplicados como embalagens de diferentes alimentos. Cont.

Amido de arroz/proteína de peixe	Composto fenólicos de pimenta rosa	Maçã minimamente processada	Os filmes com adição dos compostos da pimenta rosa apresentou efeito anti-escurecimento devido à inibição da enzima peroxidase.	(ROMANI; HERNÁNDEZ; MARTINS, 2018)
Agar	Hidrolisado proteico OE de cravo	Filés de linguado	Os filés recobertos com filmes de hidrolisado proteico e OE de cravo apresentaram valores de bases voláteis e pH menores, e retardaram consideravelmente o crescimento de micro-organismos produtores de H ₂ S em comparação com os filmes controle.	(ROCHA et al., 2018)
Amido de mandioca	Antocianinas de bagaço de uva	Azeite de oliva extra virgem	O filme manteve a qualidade do azeite de oliva dentro dos limites estabelecidos pelo <i>Codex Alimentarius</i> por mais de 8 dias.	(STOLL et al., 2017)

Tabela 1 - Filmes biodegradáveis ativos aplicados como embalagens de diferentes alimentos. Cont.

PLA	Extratos de carotenóides: licopeno, beta-caroteno e bixina	Óleo de girassol	Os filmes com licopeno e beta-caroteno protegeram o óleo de girassol principalmente por suas propriedades de barreira à luz, enquanto os filmes produzidos com bixina apresentaram o melhor desempenho como embalagem ativa antioxidante ao óleo de girassol.	(STOLL et al., 2019)
Amido de milho	Eugenol livre e encapsulado		A oxidação do óleo de girassol foi evitada ao usar filmes incorporando Eugenol encapsulado.	(TALÓN et al., 2019)

PBAT: poli (tereftalato de adipato de butileno); PLA: poli (ácido láctico); OE: óleo essencial; PCL: poli (ϵ -caprolactona)

A Tabela 1 mostra que a aplicação das embalagens biodegradáveis ativas tem demonstrado diversos resultados satisfatórios. Os polímeros são elaborados com diferentes matérias-primas e incorporados com diferentes compostos bioativos e tem sua aplicação como embalagem definida de acordo com as propriedades que os filmes apresentam e as necessidades do produto a ser armazenado. As interações (físicas, químicas e biológicas) dos alimentos armazenados com as embalagens e o meio ambiente afetam sua vida útil, que pode ser prolongada com sucesso pelo uso de materiais de embalagem ativos (BUJOK et al., 2021). As embalagens biodegradáveis ativas são destinadas principalmente para produtos frescos, como frutas, vegetais e carne, entretanto, produtos com alto teor de gordura também podem ser embalados em embalagens biodegradáveis (PEELMAN et al., 2013).

CAPÍTULO III

APRESENTAÇÃO

As atividades experimentais da tese foram desenvolvidas no Laboratório de Tecnologia de Alimentos (LTA), na Planta de Processamento de Pescados da Escola de Química e Alimentos (EQA) e também no Centro de Microscopia Eletrônica do Sul (CEME-SUL) da Universidade Federal do Rio Grande (FURG). Desta forma, o presente estudo foi dividido em dois artigos científicos descritos a seguir. Também foram depositadas duas patentes resultantes desta Tese.

- ARTIGO I: Desenvolvimento e aplicação de filmes biodegradáveis de farinha de feijão (*Phaseolus vulgaris*)
- ARTIGO II: Efeito de uma embalagem biodegradável ativa de farinha de feijão e extrato de semente de açaí na qualidade do azeite de oliva.

ARTIGO I

**DESENVOLVIMENTO E APLICAÇÃO DE FILMES BIODEGRADÁVEIS DE
FARINHA DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris*)**

RESUMO

Este estudo propôs a produção e utilização de farinhas de feijão preto e vermelho como matrizes não convencionais para o desenvolvimento de filmes biodegradáveis. Os filmes de diferentes espessuras foram desenvolvidos e os filmes mais espessos elaborados a partir da farinha de feijão vermelho apresentaram resistência à tração três vezes superior aos demais filmes avaliados. Os filmes preparados com farinha de feijão vermelho foram menos solúveis, independentemente da espessura. A permeabilidade ao vapor d'água foi menor para o filme mais fino de farinha de feijão vermelho, que também apresentou superfície hidrofóbica. Os filmes apresentaram cristalinidade relativa semelhante (em torno de 50%) e uma superfície predominantemente homogênea. Todos os filmes apresentaram biodegradabilidade total em 14 dias no solo e em 20 dias na água do mar. O acondicionamento de biscoitos em filme de farinha de feijão vermelho afetou a qualidade dos biscoitos durante o armazenamento, no entanto, o uso em conjunto com embalagens secundárias pode ajudar a manter a vida útil do produto.

Palavras-chave: Biodegradabilidade em água. Biodegradabilidade em solo. Embalagem de alimentos. Feijão preto. Feijão vermelho.

1 INTRODUÇÃO

A produção de plástico aumentou significativamente nas últimas décadas, atingindo atualmente cerca de 350 milhões de toneladas por ano (PLASTICS EUROPE, 2018). Rochman et al. (2013) relataram que se os atuais índices de consumo continuarem, o planeta chegará a 33 bilhões de toneladas de plástico até 2050. Isso corresponde a 2,75 bilhões de caminhões com lixo, o que cobriria todo o planeta 800 vezes. A durabilidade, resistência, leveza, flexibilidade e baixo custo são algumas das características que tornam o plástico onipresente e indispensável no dia a dia (HEIDBREder et al., 2019; MALIZIA; MONMANY-GARZIA, 2019). No entanto, as qualidades que fazem do plástico um bom material para produtos de consumo também podem torná-lo extremamente resistente à biodegradação e pode permanecer no meio ambiente por décadas (HORTON et al., 2017; WAN et al., 2019). Há evidências crescentes de que o uso e descarte inadequado de plásticos leva à poluição substancial dos ecossistemas terrestres e aquáticos (HEIDBREder et al., 2019). O mundo produz cerca de 300 milhões de toneladas de resíduos de plástico a cada ano, e até agora apenas 9% desses resíduos são reciclados (ONU, 2019a). A cada ano, pelo menos 8 milhões de toneladas de plástico vão para os mares e oceanos, muitas vezes se decompondo em pequenos micro plásticos que acabam chegando até a nossa cadeia alimentar (ONU, 2019b).

Com o objetivo de reduzir esse impacto ambiental, as maiores economias do mundo têm atuado em diversas políticas públicas (WAGNER, 2017). Essas estratégias incentivam a reciclagem, o uso restritivo de plásticos, e até mesmo o banimento total foi implementado em

alguns locais (XANTHOS; WALKER, 2017). Além disso, a substituição de polímeros convencionais por materiais biodegradáveis tem sido utilizada como alternativa para reduzir o acúmulo desses resíduos no meio ambiente (MIR et al., 2018; SANGRONIZ et al., 2019; SAROJINI et al., 2019).

Os polímeros biodegradáveis oferecem uma alternativa para os problemas associados aos resíduos descartados; eles se degradam rapidamente pela ação de microorganismos que estão naturalmente presentes no ambiente (SINTIM et al., 2019). Esses polímeros podem ser produzidos a partir de fontes renováveis, como polissacarídeos (amido, carragenina, pectina, alginato, carboximetilcelulose e quitosana), proteínas (glúten de trigo, proteína isolada de soro de leite, caseinato e proteína de soja) e lipídios (ceras e ácidos graxos) (ENUJIUGHA; OYINLOYE, 2019; LEAL FILHO et al., 2019).

Entretanto, a maioria dos filmes produzidos a partir desses materiais tem propriedades mecânicas e de barreira inferiores quando comparados aos filmes sintéticos. Portanto, a busca por tecnologias ou novos materiais que possam ser utilizados no desenvolvimento desses filmes é de grande interesse.

Nos últimos anos, as farinhas em particular, têm atraído muita atenção dos pesquisadores de embalagens de alimentos porque essas matrizes de biopolímeros podem produzir filmes com melhores propriedades físico-químicas do que aqueles preparados a partir de amido ou proteínas isoladas (PELLISSARI et al., 2013; GUTIÉRREZ, 2018; SALVUCCI et al., 2019). O interesse em combinar polissacarídeos, proteínas, lipídeos e fibras deve-se principalmente às interações químicas que podem ocorrer entre esses componentes (GUTIÉRREZ et al., 2016a, 2016b). O uso de blendas naturais obtidas diretamente de fontes agrícolas aproveita cada componente do sistema original e parece ser uma nova fonte de material na área de filmes biodegradáveis (TAPIA-BLÁCIDO et al., 2013; GUTIÉRREZ; ALVAREZ, 2017).

Recentemente, diferentes farinhas têm sido utilizadas na produção de filmes, como farinha de abóbora e ameixa (GUTIÉRREZ, 2018), farinha de trigo (BORNEO; ALBA; AGUIRRE, 2016; SALVUCCI et al., 2019), farinha de banana (PELLISSARI et al., 2013), farinha de beterraba (GUTIÉRREZ et al., 2016a), farinha de berinjela (NOURADDINI; ESMAILI; MOHTARAMI, 2018b), farinha de resíduos de frutas e vegetais (BRITO et al., 2019), farinha de casca de pomelo (WU et al., 2019), farinha de amaranto (DIÉGUEZ et al., 2015; TAPIA-BLÁCIDO et al., 2011), farinha de pinhão (DAUDT et al., 2016), farinha de casca de banana (ARQUELAU et al., 2019), farinha de achira (ANDRADE-MAHECHA;

TAPIA-BLÁCIDO; MENEGALLI, 2012) e farinha de arroz vermelho (VARGAS et al., 2017), entre outros.

Neste contexto, uma interessante fonte renovável com potencial para a produção de materiais biodegradáveis é o feijão. Os grãos de feijão preto e vermelho comuns estão entre as leguminosas mais consumidas em todo o mundo devido ao seu alto valor nutricional e nutracêutico (LUNA-VITAL et al., 2015; PITURA; ARNTFIELD, 2019). Eles têm como principais constituintes amido (60-70%) e proteínas (17-28%) (LOS et al., 2018b), além de fibras, minerais, vitaminas e compostos bioativos, como os compostos fenólicos (FERREIRA et al., 2018a; VALENCIA-MEJÍA et al., 2019).

O Brasil é o terceiro maior produtor de feijão do mundo e a perda dessa safra no processo de produção é bastante elevada. Ferreira et al. (2018a) estimam que, nos países em desenvolvimento, 40% das perdas de alimentos ocorrem nas fases de pós-colheita e processamento. Durante o beneficiamento do feijão, os pedaços de grãos resultam da ação mecânica ou do manuseio do produto, sendo separados e comercializados com valor reduzido ou descartados. Esses grãos quebrados poderiam ser utilizados para produção de farinha destinada a elaboração de filmes biodegradáveis.

Este estudo teve como objetivo a obtenção e aplicação de farinha de feijão preto e vermelho como matriz para o desenvolvimento de biopolímeros utilizados como embalagem de biscoitos salgados. Até onde se sabe, não há registro na literatura do uso de farinha de feijão no desenvolvimento de filmes.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 MATERIAL

O feijão (*Phaseolus vulgaris*) preto e vermelho e biscoitos água e sal foram adquiridos no mercado local. Como plastificante foi utilizado o glicerol e outros reagentes de grau analítico.

2.2 MÉTODOS

2.2.1 Obtenção e caracterização das farinhas de feijão

Para obtenção das farinhas, os grãos foram triturados em moinho (Tecnal). Em seguida, as farinhas foram peneiradas para padronizar o tamanho das partículas em 42 mesh.

As farinhas de feijão foram avaliadas quanto à sua composição proximal pelos métodos da AOAC (AOAC, 2000), umidade por massa constante a 105 °C (método 950,46), proteína bruta pelo método micro-Kjeldahl (fator de conversão 6,25) (método 928,08), lipídios totais por extração em Soxhlet (método 960.39) e matéria mineral por incineração em mufla a 550 °C (método 920.153). Os carboidratos foram determinados por diferença. Todas as determinações foram realizadas em triplicata.

2.2.2 Elaboração dos filmes de farinha de feijão

Os filmes de farinha de feijão foram obtidos pelo método de fundição (*casting*). Os filmes de farinha de feijão vermelho e preto foram elaborados individualmente na concentração de 5% (m / v) de farinha e 30% de glicerol sobre o peso da farinha (m / m), onde 5 g de farinha e 1,5 g de glicerol foram adicionados a 100 mL de água destilada. Inicialmente, as farinhas e o glicerol foram dissolvidos em água destilada e homogeneizadas (15 min) em banho termostático (temperatura ambiente 20 °C) (Brookfield, modelo TC-102, EUA) acoplado a um reator de vidro encamisado, e mantidas sob agitação (700 rpm) com um agitador mecânico (Fisatom modelo 712, Brasil). Em seguida, o pH das soluções foi ajustado para 9,0 com NaOH 1 mol/L para abrir a parede para expor as cadeias das proteínas e facilitar a interação (DU et al., 2018b; FERREIRA et al., 2018a) e a temperatura elevada para 85 °C para promover a gelatinização do amido presente (ROMPOTHI et al., 2017). As soluções foram mantidas sob agitação durante 30 min. Após o resfriamento, as soluções filmogênicas foram vertidas nas placas de Petri (8,7 cm). Para obtenção de filmes com diferentes espessuras, 10 e 25 g de solução filmogênica foram vertidas e, ao final, foram secos em estufa com circulação forçada de ar (Quimis modelo 314D, Brasil) por 18 h a 30 °C. Após a secagem, todos os filmes foram armazenados em dessecadores com 55 ± 2% de umidade relativa controlada com brometo de sódio (NaBr), a 25 ± 2 °C, por pelo menos 48 h, para posterior análise.

2.2.3 Caracterização dos filmes

2.2.3.1 Espessura

A espessura (mm) dos filmes foi determinada utilizando um micrômetro digital (INSIZE IP54, Brasil) em dez pontos diferentes do filme.

2.2.3.2 Solubilidade em água

A solubilidade em água dos filmes foi realizada segundo o método descrito por Gontard et al. (1994). Os filmes foram cortados em discos de 2 cm de diâmetro e levados à estufa (DELEO, A15E, Brasil) a 105 °C para determinação da matéria seca inicial. Após, estes foram imersos em 50 mL de água destilada e mantidos sob agitação de 175 rpm a 25 °C por 24 h. Decorrido esse período, as amostras foram removidas e secas a 105 °C para determinação da matéria seca não dissolvida. Para o cálculo dos valores de solubilidade S (%) foi utilizada a Equação 1. Onde m_i corresponde a massa seca inicial (g) e m_f corresponde a massa seca final (g).

$$S = \frac{m_i - m_f}{m_i} \times 100 \quad (1)$$

2.2.3.3 Ângulo de contato com a água

A hidrofobicidade e a hidrofiliabilidade dos filmes foram realizadas por meio de um goniômetro de fabricação própria, medindo o ângulo de contato (AC) da água na superfície em temperatura ambiente (22 ± 1 °C). Resumidamente, uma gota de água destilada (6 µL) foi cuidadosamente depositada na superfície do filme. Com um software de imagem, os ângulos foram medidos em sete regiões de cada superfície e uma média foi calculada para verificar se os filmes eram mais hidrofóbicos ou hidrofílicos.

2.2.3.4 Permeabilidade ao vapor d'água

A permeabilidade ao vapor d'água (PVA) dos filmes foi determinada gravimetricamente segundo o método E96-00 da ASTM (ASTM, 2000), que consiste na pesagem de uma cápsula fechada, contendo o filme na superfície e a substância dessecante (sílica) no interior. A cápsula foi colocada em ambiente com umidade controlada, utilizando solução de cloreto de sódio para manter o ambiente externo a 75 % de umidade relativa. A célula de permeação contendo o filme foi pesada a cada 24 h por 7 dias. Para o cálculo dos valores foi utilizada a Equação 2, em que M é o ganho de massa do CaCl_2 (g); E é a espessura

do filme (mm); A é a área de permeação (m²), t é o tempo (horas) e ΔP é o diferencial de pressão de vapor (kPa).

$$PVA = \frac{M.E}{A.t.\Delta P} \quad (2)$$

2.2.3.5 Propriedades óticas

A cor foi mensurada usando um colorímetro (Minolta, CR-400, Japão) e o espaço de cores CIELab foi usado. Os filmes foram removidos das placas e as medições foram feitas na superfície exposta (topo) das mesmas. Os parâmetros analisados neste sistema de cores são L* (claridade/brilho), a* (vermelhidão/verde) e b* (amarelo/azul). A diferença de cor total (ΔE*) foi obtida usando o iluminante D65 e foi calculada conforme a Equação 3, onde L*, a* e b* são os valores dos parâmetros de cor padrão (L= 97,39, a*= 0,14, b*= 1,94) e L, a e b são os valores dos parâmetros de cor de amostra.

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L)^2 + (a^* - a)^2 + (b^* - b)^2} \quad (3)$$

A transparência dos filmes foi medida usando um espectrofotômetro UV-vis (Shimadzu, UVPC 2401, Milão, Itália) e calculado pela Equação 4, onde T é a transmitância em 600 nm e d é a espessura do filme (mm).

$$\text{Transparência (\%)} = (-\log T) / d \quad (4)$$

2.2.3.6 Propriedades mecânicas

As propriedades mecânicas foram determinadas usando um analisador de textura (TA.XTplus, Stable Micro Systems, England) baseado no método ASTM D-882-02 (ASTM, 2002). Os filmes foram cortados em tiras de 25 × 85 mm². A separação inicial da garra e a velocidade da cruzeta foram fixadas em 50 mm e 1 mm/s, respectivamente. Para a determinação dos valores de resistência à tração (MPa) foi utilizada a Equação 5, em que F é a força no momento da ruptura do filme (N) e A a área da secção transversal do filme (m²). Foram avaliadas 10 tiras de cada filme.

$$RT = \frac{F}{A} \quad (5)$$

O alongamento na ruptura foi calculado dividindo o alongamento do filme na ruptura pelo comprimento de referência inicial da amostra, seguindo a Equação 6, em que df (mm) corresponde a distância final de alongamento do filme, e di (mm) é a distância inicial entre as garras (50 mm).

$$E (\%) = \frac{df}{di} \times 100 \quad (6)$$

2.2.3.7 Propriedades microestruturais

A microscopia eletrônica de varredura (MEV) dos filmes foi realizada no Centro de Microscopia Eletrônica do Sul (CEME-SUL), da Universidade Federal do Rio Grande (FURG), em microscópio eletrônico de varredura (Jeol, JSM – 6610LV, Tóquio, Japão) operando a 10 kV. As amostras foram depositadas em suportes de alumínio (*stubs*), revestidos com uma fita condutora de carbono. Em seguida, os mesmos foram recobertos com uma fina camada de ouro em *Sputtering* (Desk, Deton Vacuum, Estados Unidos) durante 120 s. Observou-se a morfologia da superfície dos filmes com uma ampliação de 500x.

A análise de difração de raios X (DRX) também foi realizada no CEME-SUL – FURG, utilizando-se um difratômetro (BRUKER, D8 Advance, Estados Unidos) com radiação de cobre, operando a 40 kV e 40 mA. As medidas foram obtidas com comprimento de onda (λ) de 1,5418Å, incremento de 0,0025 e com intervalos de medida em 2θ de 5 a 40°.

2.2.3.8 Biodegradabilidade dos filmes em solo e água do mar

A avaliação da degradação dos filmes no solo foi realizada de acordo com o método descrito por Maran et al. (2014) com modificações. Os filmes foram cortados em pedaços retangulares de 2×3 cm², obtendo-se um rendimento de quatro tiras para cada filme. Destas quatro faixas, uma foi utilizada para a determinação da umidade (AOAC, 2000) e as demais foram pesadas em balança analítica (Marte modelo AY220, Minas Gerais, Brasil) para determinação da massa inicial. Esses filmes foram acondicionados em cartuchos de tela e colocados a uma profundidade de aproximadamente 8 cm da superfície do solo. O cartucho de

tela de náilon perfurado foi desenvolvido em nosso laboratório. A tela foi dobrada e grampeada, formando uma bolsa para facilitar a retirada do filme do solo. O solo utilizado neste ensaio foi proveniente do campus Carreiros da FURG na cidade de Rio Grande, RS. Aproximadamente 5 kg de solo foram colocados em caixas plásticas ($25 \times 40 \times 13 \text{ cm}^3$) nas quais foram enterrados os cartuchos contendo os filmes. Essas caixas foram incubadas a $22 \pm 3 \text{ }^\circ \text{C}$ por 14 dias e a umidade do solo foi mantida a $32 \pm 3 \%$ em um ambiente com $67 \pm 6 \%$ de umidade relativa por pulverização de água em intervalos regulares. A cada 7 dias, amostras eram retiradas do solo, limpas com pincel para retirar o excesso de areia, e fotografadas para identificação visual da degradação do filme. A biodegradabilidade do solo dos filmes foi avaliada em triplicata.

A umidade do solo foi monitorada a cada 5 dias durante o experimento segundo o método descrito pela AOAC (2000). Além disso, as análises microbiológicas da contagem total de bactérias mesofílicas e da contagem total de fungos filamentosos e leveduras foram realizadas de acordo com o método descrito por Silva et al. (2017) antes de iniciar o experimento.

A água do mar para avaliação da biodegradabilidade dos filmes foi coletada em um recipiente plástico a 25 m da orla da praia do Cassino, localizada na cidade de Rio Grande (RS, Brasil), e transportada para o laboratório para análise. Os filmes foram cortados em pedaços retangulares de $2 \times 3 \text{ cm}$ e a análise foi realizada em quadruplicata. Esses filmes foram acondicionados em cartuchos de tela de náilon perfurada e acondicionados em recipientes plásticos contendo 50 mL de água do mar. Cada contêiner acomodava três amostras embaladas individualmente nos cartuchos. Os recipientes plásticos contendo os filmes foram colocados em um agitador (Tecnal, TE 420, Brasil) e mantidos sob agitação a 100 rpm e a $25 \pm 3 \text{ }^\circ \text{C}$ por 20 dias. A cada 10 dias, era realizada uma avaliação visual dos filmes para verificar se estavam degradados. A avaliação visual foi realizada até que os filmes se degradassem e os cartuchos estivessem vazios.

A água do mar foi caracterizada por sua porcentagem de salinidade em refratômetro digital (Atago, H510254, Japão) e pH em pHmetro (Quimis, Q400AS, SP, Brasil). As avaliações foram realizadas em triplicata.

2.2.4 Aplicação dos filmes como embalagens para biscoitos

Os filmes foram termo selados em selador (Tecmaq modelo AP450, Brasil) para obtenção de embalagens retangulares ($5,5 \times 6 \text{ cm}$). Em cada uma das embalagens foram colocados três biscoitos salgados e acondicionados a temperatura ambiente ($22 \pm 3 \text{ }^\circ \text{C}$) e

umidade relativa de $65 \pm 10\%$ por 20 dias. As avaliações de cor, umidade, ganho de massa (GM) e textura dos biscoitos foram realizadas nos tempos 0 (controle), 2, 6, 12 e 20 dias de armazenamento.

2.2.4.1 Avaliação dos biscoitos

A cor dos biscoitos foi mensurada usando um medidor CR-400 Minolta Chroma, e o espaço de cores CIELab foi usado. Em cada biscoito foi realizada uma leitura, na presença de luz ambiente. Três pacotes foram usados para a avaliação. Os parâmetros analisados neste sistema de cores são L^* (clareza/brilho), a^* (vermelhidão/verde) e b^* (amarelo/azul). A diferença total de cor (ΔE^*) dos biscoitos armazenados em relação aos biscoitos controle foi obtida com o iluminante D65. O ΔE^* foi calculado de acordo com a Equação 7, onde L^* , a^* e b^* são os valores dos parâmetros de cor padrão ($L=97,39$, $a^*=0,14$, $b^*=1,94$) e L , a e b são os valores dos parâmetros de cor de amostra.

$$\Delta E^* = \sqrt{(L^* - L)^2 + (a^* - a)^2 + (b^* - b)^2} \quad (7)$$

A umidade dos biscoitos foi determinada nos dias 0, 2, 6, 12, 20 dias de armazenamento, de acordo com a metodologia AOAC (AOAC, 2000). O ganho de massa (GM) dos biscoitos embalados foi determinado com o auxílio de uma balança analítica em triplicata para obtenção da massa das embalagens no tempo 0 e nos demais pontos de avaliação. Os resultados foram expressos em porcentagem, usando a Equação 8, onde M_1 é a massa da embalagem de biscoitos armazenada e M_0 é a massa da embalagem de biscoitos no tempo zero.

$$GM (\%) = \frac{M_1 - M_0}{M_1} \times 100 \quad (8)$$

O parâmetro textural de firmeza foi determinado por meio de um analisador de textura (TA.XTplus, Stable Micro Systems, England), equipado com uma plataforma de flexão de três pontos (HDP/3PB), e com uma célula de carga de 5 kg. As configurações do analisador de textura usadas foram: modo-medir força na compressão; velocidade de pré-teste: 1,0 mm/s; velocidade de teste: 3,0 mm/s; velocidade pós-teste: 10,0 mm/s; distância: 5,0 mm; força de gatilho: 50 g. A firmeza foi determinada, expressa como o pico de força (F) no momento da

interrupção (o ponto de quebra). Em cada biscoito foi realizada a análise em triplicata, totalizando nove medidas para cada embalagem. As avaliações foram realizadas em temperatura ambiente de 18 °C e umidade relativa de aproximadamente 70%. Os biscoitos foram expostos a temperatura e umidade relativa de 18 °C e 70%, respectivamente, por aproximadamente 20 min antes de sua avaliação de textura, uma vez que os mesmos biscoitos foram utilizados para a avaliação de cor.

2.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados de espessura, solubilidade em água, umidade, AC, PVA, propriedades ópticas e propriedades mecânicas dos filmes e a cor, umidade, GM e textura dos biscoitos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 COMPOSIÇÃO PROXIMAL DAS FARINHAS DE FEIJÃO

A composição proximal das farinhas de feijão preto e vermelho apresentou valores semelhantes para os teores de umidade, cinzas, lipídios, proteínas e carboidratos. Os carboidratos foram encontrados em concentrações mais altas, seguidos pelas proteínas (Tabela 1).

Tabela 1 - Composição proximal da farinha de feijão vermelho (FFV) e da farinha de feijão preto (FFP)

	Umidade (%)	Cinzas (%)	Lipídios (%)	Proteínas (%)	Carboidratos (%)*
FFV	10,0 ± 0,1	3,6 ± 0,1	2,0 ± 0,3	22,1 ± 0,7	62,3 ± 0,4
FFP	12,6 ± 0,1	3,4 ± 0,2	1,4 ± 0,0	19,9 ± 0,2	62,6 ± 0,3

* Carboidratos determinados por diferença; ± desvio padrão; Determinações realizadas em triplicata.

Todos os valores encontrados no presente estudo são semelhantes aos relatados por (CAPPA; KELLY; NG, 2018) que avaliou a composição proximal de 25 variedades de feijão. As diferenças nos constituintes podem ocorrer devido ao genótipo, condições ambientais,

práticas agrônômicas durante o período de pré-colheita e condições de processamento pós-colheita (SIDDIQ et al., 2010).

3.2 CARACTERIZAÇÃO DOS FILMES

3.2.1 Espessura e propriedades mecânicas

As espessuras dos filmes de farinha de feijão vermelho (FFFV10) e preto (FFFP10) com 10 g de solução formadora de filme (SFF) nas placas não apresentaram diferença significativa, e são menos espessos quando comparados aos filmes com 25 g de SFF nas placas (Tabela 2). O filme de farinha de feijão preto com 25 g de solução nas placas (FFFP25) apresentou maior espessura quando comparado aos demais, seguido do filme de farinha de feijão vermelho com 25 g de SFF nas placas (FFFV25).

Tabela 2 - Resultados de espessura, resistência a tração (RT), alongação (E), L, a*, b*, transparência (T), diferença total de cor (ΔE), solubilidade em água (SA) e permeabilidade ao vapor d'água (PVA) dos filmes.

Avaliações	Filmes			
	FFFV10	FFFP10	FFFV25	FFFP25
Espessura (mm)	0,11 ± 0,00 ^c	0,11 ± 0,00 ^c	0,19 ± 0,00 ^b	0,27 ± 0,01 ^a
RT (MPa)	3,0 ± 0,5 ^b	2,4 ± 0,4 ^b	9,5 ± 0,6 ^a	2,8 ± 0,2 ^b
E (%)	32,0 ± 2,7 ^b	30,9 ± 1,1 ^b	34,7 ± 2,1 ^b	45,5 ± 1,2 ^a
L	57,6 ± 0,4 ^a	47,5 ± 2,7 ^b	37,6 ± 2,1 ^c	37,5 ± 1,5 ^c
a*	30,4 ± 0,1 ^b	19,1 ± 0,4 ^c	36,9 ± 0,4 ^a	30,8 ± 1,0 ^b
b*	31,4 ± 0,5 ^{bc}	32,8 ± 1,2 ^{ab}	27,3 ± 1,9 ^d	28,1 ± 1,1 ^{cd}
T (%)	5,9 ± 0,4 ^b	7,6 ± 0,4 ^a	3,9 ± 0,1 ^c	4,3 ± 0,0 ^c
ΔE	58,2 ± 0,1 ^c	61,8 ± 1,6 ^b	74,7 ± 0,7 ^a	62,3 ± 0,7 ^b
SA (%)	32,0 ± 1,1 ^b	43,3 ± 2,3 ^a	32,9 ± 2,6 ^b	42,4 ± 1,3 ^a
PVA (g.mm/h.m ² .kPa)	1,3 ± 0,0 ^c	1,4 ± 0,2 ^c	2,3 ± 0,2 ^b	2,8 ± 0,0 ^a

SFF: solução formadora de filme; FFFV10: filme de farinha de feijão vermelho com 10g de SFF na placa; FFFP10: filme de farinha de feijão preto com 10g de SFF na placa; FFFV25: filme de farinha de feijão vermelho com 25g de SFF na placa; FFFP25: filme de farinha de feijão preto com 25g de SFF na placa, Letras diferentes na mesma linha indicam diferença significativa (p<0.05).

De acordo com Rao et al. (2010), para que os filmes sejam utilizados como embalagens de alimentos, eles devem ter resistência mecânica e flexibilidade para proteger o alimento do ambiente externo, mantendo sua integridade e segurança. As propriedades mecânicas de um filme podem ser afetadas pela interação entre as proteínas e os polissacarídeos presentes nos polímeros em diferentes proporções (CARISSIMI; FLÔRES; RECH, 2018; RAO et al., 2010).

A resistência à tração (RT) não diferiu significativamente para FFFV10, FFFP10 e FFFP25, que apresentaram valores entre 2,4 e 3,0 MPa (Tabela 2). O FFFV25 apresentou RT de 9,5 MPa, sendo significativamente maior quando comparado aos demais filmes. Assim, pode-se afirmar que os filmes de farinha de feijão vermelho foram positivamente afetados com a maior quantidade de solução nas placas, apresentando maior RT e não reduzindo seu alongamento (E), que foi significativamente igual ao FFFV10 e FFFP10. A RT do FFFP25 não foi influenciada pela quantidade de SFF na placa, no entanto, a E deste filme foi maior quando comparada ao FFFP10, que apresentou 45,5 e 30,9%, respectivamente.

O FFFV25 apresentou RT na mesma faixa do polímero sintético polietileno de baixa densidade (PEBD), que pode apresentar RT entre 7,6 e 17,3 MPa (WOGGUM; SIRIVONGPAISAL; WITTAYA, 2015), no entanto, a E do FFFV25 ainda foi menor quando comparado ao PEBD.

Borneo et al. (2016) desenvolveram filmes a partir de farinha de trigo e obtiveram RT de 2,81 MPa e E de 34,63 %. Tapia-Blácido et al. (2011) encontraram valores de RT de 2,1 MPa e E de 51,9 % ao avaliar as propriedades mecânicas de filmes preparados a partir de farinha de amaranto plastificada com glicerol. Brito et al. (2019) desenvolveram filmes biodegradáveis utilizando farinha de frutas e resíduos vegetais que apresentaram RT de 1,2 MPa e E de 51 %. Estes estudos que avaliaram filmes elaborados com farinhas obtidas de diferentes fontes, apresentam resultados próximos ou inferiores aos encontrados para os filmes de farinha de feijão desenvolvidos no presente estudo.

Segundo Mariniello et al. (2003), a presença de proteínas e lipídios na farinha interfere na formação da rede de amido, conferindo maior plasticidade em toda a rede. Além disso, a forte associação da fase lipídica com a fase proteica e a distribuição homogênea dessas interações dentro da rede de amido podem conferir propriedades mecânicas interessantes aos filmes.

Assim, pode-se afirmar que as propriedades mecânicas dos filmes de farinha de feijão não foram uma consequência apenas de interações proteína-proteína, mas também de

interações proteína-lipídio, amido-amido e proteína-proteína em um sistema naturalmente misturado. O mesmo foi relatado por Tapia-Blácido et al. (2007).

3.2.2 Propriedades ópticas

Em geral, os filmes elaborados com maior quantidade de solução filmogênica nas placas tenderam a ser mais escuros e menos transparentes. Os atributos de cor dos filmes são importantes porque influenciam a aceitação do consumidor, entretanto, eles não são um fator limitante para sua aplicação como embalagem. O FFFV10 apresentou maior luminosidade quando comparado aos outros filmes (Tabela 2). Os resultados mostraram que os filmes elaborados com farinha de feijão vermelho tenderam a ser mais vermelhos (a^* +), o FFFV25 apresentou cor mais intensa, seguido pelo FFFV10 e FFFP25, enquanto o FFFP10 apresentou cor mais amarelada (b^* +).

A transmissão de luz através da embalagem afeta a taxa de oxidação dos lipídios e, portanto, a qualidade do alimento (RAO et al., 2010). O FFFV25 apresentou uma variação de cor mais intensa (ΔE 74,7), indicando que este filme era mais escuro quando comparado com os demais, o que foi evidenciado pela menor transparência apresentada por este.

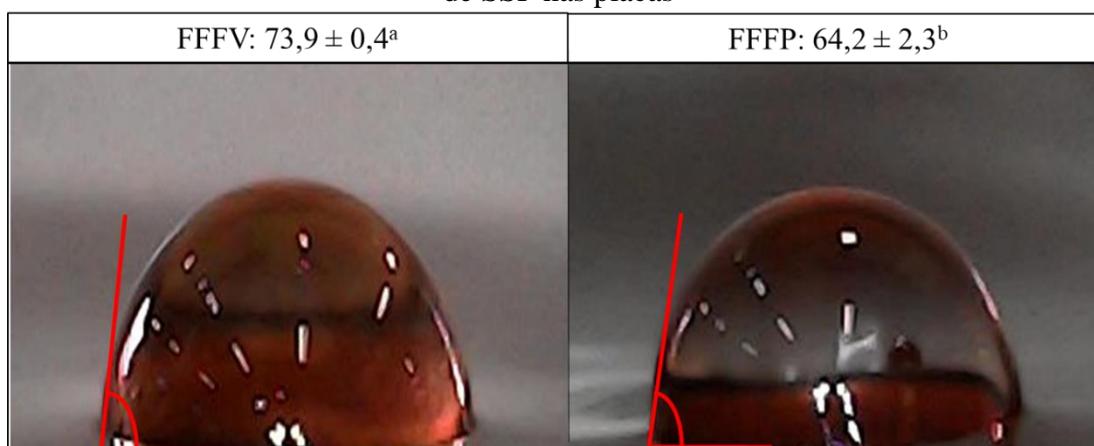
Segundo Rao et al. (2010) os efeitos deletérios mais pronunciados da luz sobre os alimentos são causados pela luz ultravioleta. Desta forma, os baixos valores de transparência apresentados pelos filmes FFFV25 e FFFP25 sugerem que estes podem ser usados como embalagens de alimentos com potencial para retardar a oxidação lipídica induzida pela luz UV em sistemas alimentares.

3.2.3 Ângulo de contato, solubilidade em água, e permeabilidade ao vapor d'água

A hidrofobicidade superficial dos filmes foi examinada pela análise do ângulo de contato com água (ACA). Uma superfície é definida como hidrofóbica quando o valor de ACA é $\theta > 65^\circ$, e hidrofílica quando $\theta < 65^\circ$ (KARBOWIAK et al., 2006). No entanto, esses valores ainda são amplamente discutidos na literatura. Franeker e Law (2015) realizaram um estudo e concluíram que, com base nas interações de umidificação e adesão medidas entre a água e uma variedade de superfícies, uma superfície é hidrofílica quando $\theta_R < 90^\circ$ e que é hidrofóbica quando $\theta_R > 90^\circ$.

Neste estudo, levando em consideração a hidrofobicidade e a classificação de hidrofiliidade relatada por Karbowski et al. (2006), o filme de farinha de feijão preto, que apresentou um ACA de $64,2^\circ$, é classificado como hidrofílico, enquanto o filme de farinha de feijão vermelho pode ser classificado como hidrofóbico, pois apresentou um ACA de $73,9^\circ$ (Figura 1). Porém, de acordo com as conclusões da Law (2014) e levando em consideração os resultados obtidos nas avaliações de solubilidade em água e PVA, acredita-se que ambos os filmes desenvolvidos neste estudo tenham características hidrofílicas.

Figura 1 - Ângulo de contato em água (ACA) dos filmes elaborados com farinha de feijão vermelho (FFFV) e dos filmes elaboradas com farinha de feijão preto (FFFP), ambos com 10g de SSF nas placas



De acordo com a avaliação da composição proximal das farinhas (Tabela 1), a FFV possui maior conteúdo lipídico que a FFP, e isso pode ter influenciado a solubilidade do filme elaborado com esta farinha (FFV), que foi significativamente menor quando comparado com os filmes preparados com FFP. A presença de compostos hidrofóbicos como lipídios na matriz do filme também pode ser responsável pela redução da PVA em filmes (HASSAN et al., 2018).

A FFV possui maior conteúdo proteico e lipídico quando comparada a FFP. Segundo Enujiugha e Oyinoeye (2019), no processo de elaboração do filme, as proteínas passam por um tratamento térmico que leva a uma mudança em sua estrutura tridimensional e à exposição dos grupos sulfidril e das cadeias laterais hidrofóbicas. Durante esse processo, o lipídio age como um surfactante que se move na interface ar/água e interage com as proteínas através de interações hidrofóbicas. As proteínas criam uma estrutura de rede contínua em que os lipídios são dispersos como gotículas. A ligação covalente de lipídios e proteínas através de lipolização pode promover a formação de filmes com propriedades melhoradas e reduzir significativamente a PVA dos filmes.

Tapia-Blácido et al. (2007) atribuíram a baixa permeabilidade ao vapor de água de seus filmes de farinha de amaranto ($0,3 \text{ g.mm/h.m}^2.\text{kPa}$) à forte associação de lipídios com proteínas e à distribuição homogênea dessas interações dentro da matriz do filme, formado principalmente pelo amido, criando zonas mais hidrofóbicas que impedem a difusão do vapor d'água. Vargas et al. (2017) avaliaram filmes de farinha de arroz vermelho e encontraram valores de PVA de $1,56 \text{ g.mm/h.m}^2.\text{kPa}$. Filmes de farinha de pinhão desenvolvidos por Daudt et al. (2016) apresentou PVA de $1,89 \text{ g.mm/h.m}^2.\text{kPa}$. Esses valores estão próximos aos obtidos no presente estudo. Valores mais altos de PVA foram encontrados por Orsuwan e Sothornvit (2017), que desenvolveram e avaliaram filmes de farinha de banana e observaram PVA de $3,79 \text{ g.mm/h.m}^2.\text{kPa}$.

3.2.4 Propriedades microestruturais

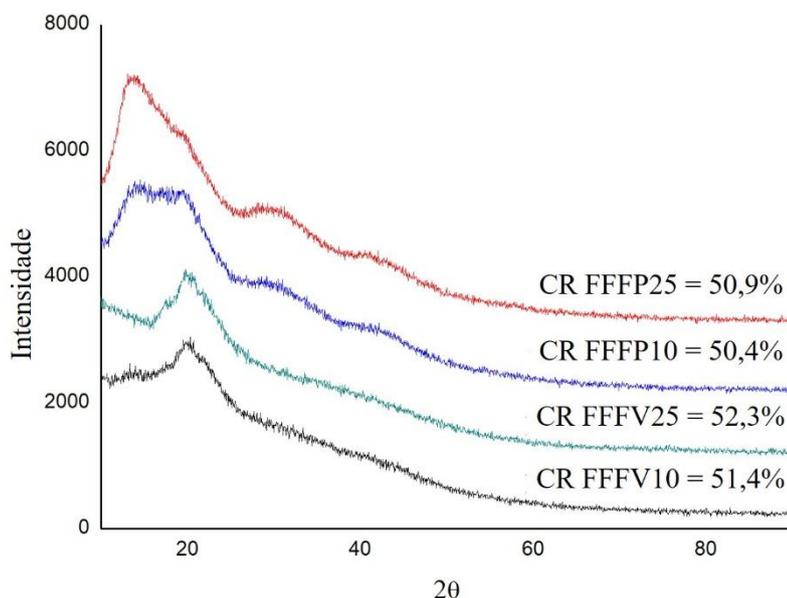
Segundo Enujiugha e Oyinloye (2019), a microscopia eletrônica de varredura (MEV) é frequentemente usada para avaliar a homogeneidade do filme, estrutura da camada, poros e rachaduras, contudo, a difração de raios X (DRX) é usada principalmente para avaliar o grau de cristalinidade dos filmes.

Ao observar os resultados de DRX na Figura 2, é possível visualizar picos cristalográficos com a base mais ampla para filmes de farinha de feijão preto a $2\theta = 10^\circ$, compatível com materiais mais amorfos (DIÉGUEZ et al., 2015). Os filmes preparados com farinha de feijão vermelho apresentaram picos em $2\theta = 20^\circ$. Segundo Leblanc et al. (2008), os padrões de difração obtidos para valores de 2θ entre 10° e 30° indicam que estes materiais apresentam uma estrutura do tipo A, característica dos amidos de cereais.

Os filmes apresentaram cristalinidade relativa (CR) semelhante, $50,4\%$ (FFFP10), $50,9\%$ (FFFP25), $51,4\%$ (FFFV10) e $52,3\%$ (FFFV25). Estes resultados sugerem que não houve influência da espessura do filme nesta avaliação. No entanto, é possível observar um pequeno aumento na RC dos filmes elaborados com farinha de feijão vermelho.

As micrografias dos filmes (Figura 3) mostraram uma área de superfície compacta e homogênea, indicando que uma estrutura ordenada foi formada, no entanto, os filmes também apresentaram uma certa rugosidade superficial.

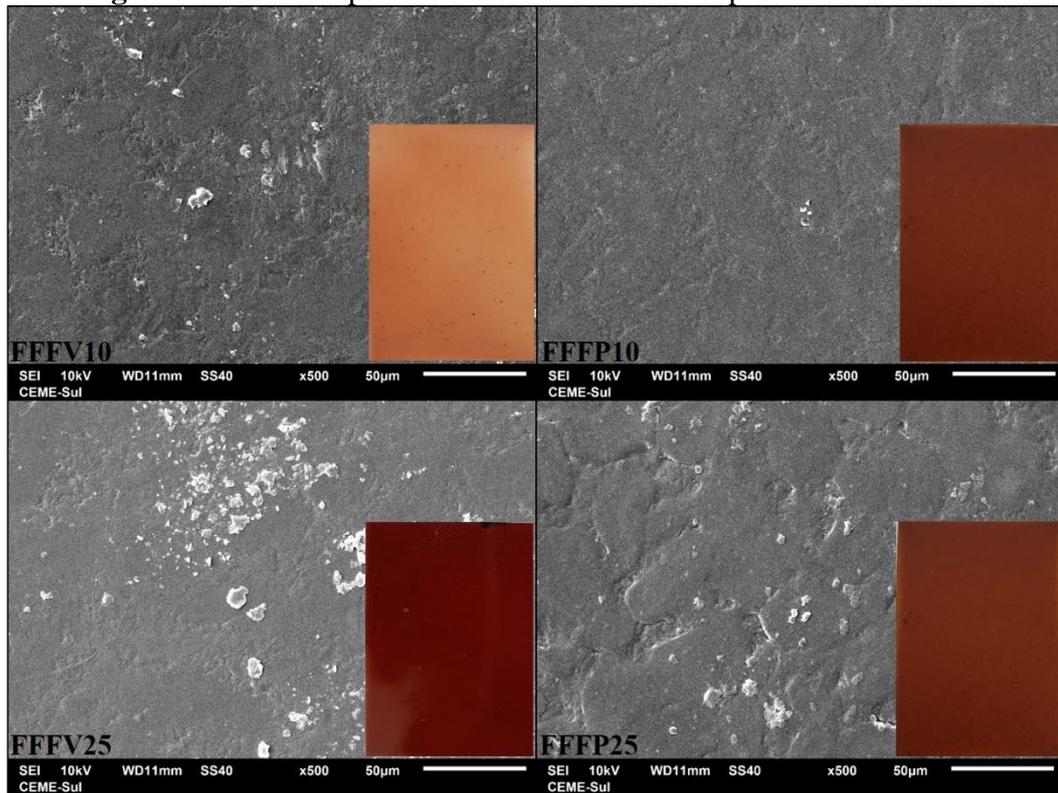
Figura 2 - Difração de raios X e cristalinidade relativa (CR) dos filmes obtidos das farinhas de feijões



FFFV10: filme de farinha de feijão vermelho com 10 g de SSF na placa; FFFP10: filme de farinha de feijão preto com 10 g de SSF na placa; FFFV25: filme de farinha de feijão vermelho com 25 g de SSF na placa; FFFP25 filme de farinha de feijão preto com 25 g de SSF na placa.

Os filmes com menor espessura apresentaram uma superfície mais homogênea quando comparados com os demais. No entanto, em todos os filmes é possível observar grânulos de amido que não foram adequadamente gelatinizados e seus fragmentos depositados na superfície dos filmes. Esse fato também foi relatado por Drakos et al. (2018) ao avaliar as micrografias de filmes preparados a partir de farinha de trigo, e por Sucheta et al. (2019) que desenvolveram um filme comestível funcional usando pectina, farinha de milho, pó de beterraba, pó de casca de laranja + alginato de sódio, pó de raiz de muesli e farinha de arroz. A matriz homogênea dos filmes pode ser um bom indicador da integridade estrutural e, conseqüentemente, boas propriedades mecânicas e de barreira (SUCHETA et al., 2019). Essa afirmação pôde ser relacionada com outros resultados no presente estudo, como o FFFP25 que apresentou superfície com mais irregularidades e, conseqüentemente, os resultados de PVA foram maiores para este filme. O FFFV25, apesar de apresentar os grânulos de amido em sua superfície exibiu maior homogeneidade, levando à produção de um filme menos permeável ao vapor de água e com maior RT, o que nos mostra que a FFV é mais promissora para a produção de filmes.

Figura 3 - Microscopia eletrônica de varredura superficial dos filmes

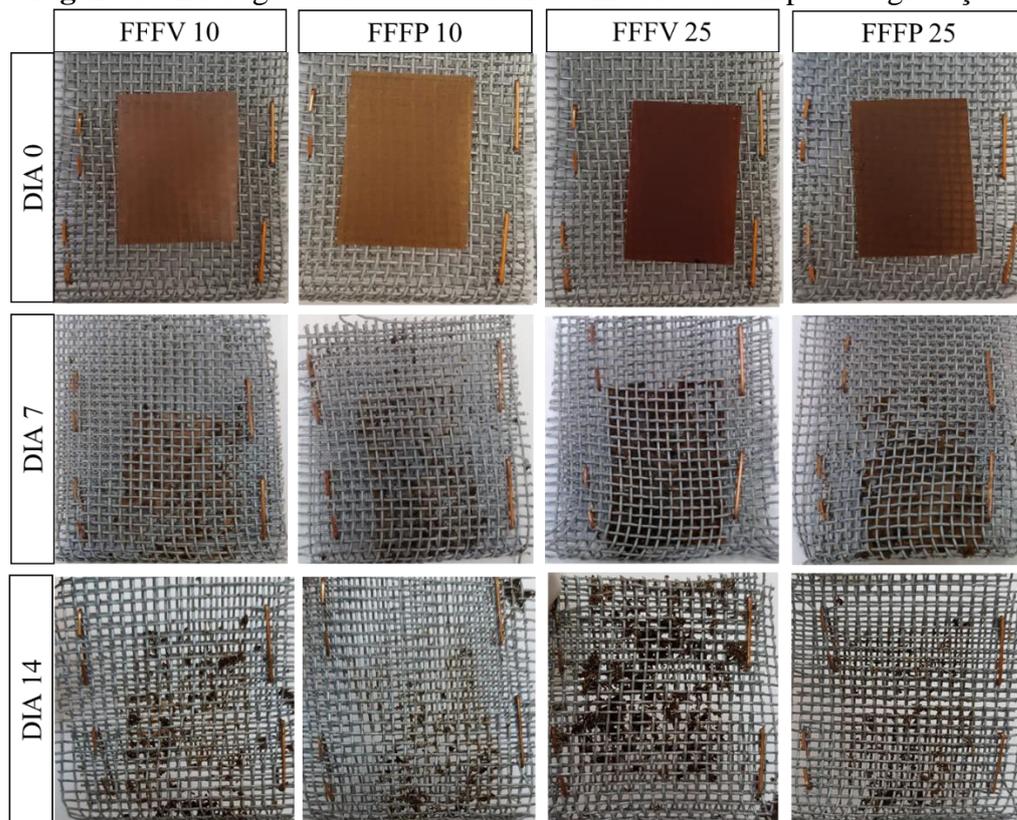


FFFV10: filme de farinha de feijão vermelho com 10g de SSF na placa; FFFP10: filme de farinha de feijão preto com 10g de SSF na placa; FFFV25: filme de farinha de feijão vermelho com 25g de SSF na placa; FFFP25 filme de farinha de feijão preto com 25g de SSF na placa.

3.2.5 Biodegradabilidade dos filmes em solo e água do mar

A biodegradação é a transformação bioquímica de um material em suas moléculas constituintes pela ação de micro-organismos e enzimas, resultando em água, CO_2/CH_4 e biomassa (CARISSIMI; FLÔRES; RECH, 2018). Entre os vários métodos de degradação, o método de biodegradação em solo é frequentemente usado para determinar a biodegradabilidade de filmes poliméricos (MARAN et al., 2014).

A Figura 4 apresenta que em apenas sete dias após serem enterrados no solo, todos os filmes apresentavam um estado de degradação avançado. Portanto, não foi possível avaliar a perda de massa dos filmes, desta forma, avaliações visuais macroscópicas foram realizadas e, registros fotográficos foram feitos para observar a degradação dos filmes. Em 14 dias sob o solo, os filmes estavam totalmente degradados. Acredita-se que a composição química das farinhas e a solubilidade dos filmes favoreceram essa rápida degradação, uma vez que os filmes apresentaram ser um material nutricionalmente rico e de fácil acesso à microbiota do solo.

Figura 4 - Biodegradabilidade dos filmes em solo até completa degradação

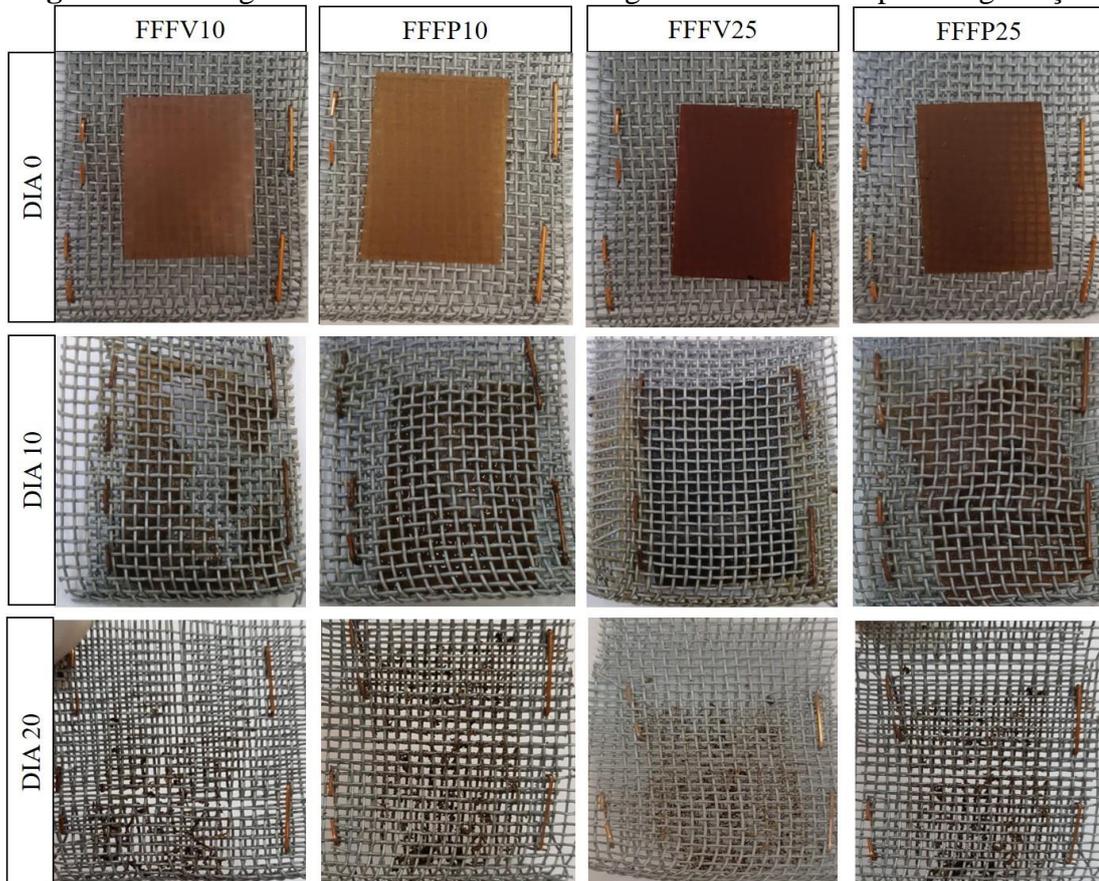
FFFV10: filme de farinha de feijão vermelho com 10g de SSF na placa; FFFP10: filme de farinha de feijão preto com 10g de SSF na placa; FFFV25: filme de farinha de feijão vermelho com 25g de SSF na placa; FFFP25 filme de farinha de feijão preto com 25g de SSF na placa.

Segundo Maran et al. (2014) a absorção de água pela matriz polimérica facilita a instabilidade das interações intermoleculares, causando sua desintegração e, conseqüentemente, aumentando sua solubilidade no solo. Maran et al. (2014) avaliaram a biodegradação de filmes de fécula de mandioca e verificaram rápida degradação. Segundo os autores, o amido e o glicerol são materiais hidrofílicos que favorecem a absorção de água, aumentando a atividade de água dos filmes e promovendo o crescimento de micro-organismos. Os micro-organismos presentes no solo utilizam o amido como única fonte de carbono, resultando em degradação parcial dos filmes.

Essa explicação pode ser aplicada aos filmes de farinha de feijão avaliados neste estudo, uma vez que o amido é o maior constituinte dessas farinhas, variando de 22 a 45% segundo Ferreira et al. (2018b). Além disso, essas farinhas também apresentam alta concentração proteica (17,9 - 31,1%) (FERREIRA et al., 2018a), que também pode ser utilizada como fonte de nutrientes pelos micro-organismos presentes do solo, acelerando a degradação dos filmes. No início do experimento, o solo utilizado teve uma contagem estimada de bactérias mesófilas de 7×10^9 UFC/g e bolores e leveduras de 9×10^5 UFC/g. A umidade do solo estava entre 55 e 56% durante todo o período do experimento.

A Figura 5 apresenta as fotografias dos filmes no processo de degradação em água do mar (30 ppm de salinidade e pH 6,8). Realizando uma avaliação macroscópica das amostras foi possível observar que após 10 dias submersos, os filmes apresentavam decomposição parcial, e em 20 dias em água do mar, não havia mais nenhum pedaço de filme dentro dos cartuchos de tela, confirmando assim sua degradação total. González et al. (2011) verificaram que todos os materiais absorvem água (em maior ou menor grau), perdendo assim sua forma inicial e integridade estrutural, favorecendo assim o processo de biodegradação das matrizes.

Figura 5 - Biodegradabilidade dos filmes em água do mar até completa degradação



FFFV10: filme de farinha de feijão vermelho com 10g de SSF na placa; FFFP10: filme de farinha de feijão preto com 10g de SSF na placa; FFFV25: filme de farinha de feijão vermelho com 25g de SSF na placa; FFFP25 filme de farinha de feijão preto com 25g de SSF na placa.

Diante dos resultados obtidos, podemos afirmar que os filmes foram degradados rapidamente tanto no solo quanto na água do mar e, portanto, podem ser considerados materiais biodegradáveis.

3.3 DESENVOLVIMENTO DAS EMBALAGENS E AVALIAÇÃO DOS BISCOITOS

As principais funções da embalagem são proteger o produto do meio ambiente e manter a qualidade dos alimentos ao longo da vida útil do produto, além de atender às demandas legais e de comunicação comercial (ROBERTSON, 2018; TRINETTA, 2016). Devido às propriedades mecânicas e de barreira superiores, os filmes elaborados a partir de farinha de feijão vermelho (nas duas concentrações de SFF) foram selecionados para o desenvolvimento e aplicação de embalagens de biscoitos. Os filmes selecionados foram facilmente selados à quente e foi possível realizar a impressão na superfície de ambos (Figura 6). A selabilidade e a capacidade de receber impressões são características importantes para que filmes possam ser considerados para aplicação em embalagens.

Figura 6 - Embalagem de filme de farinha de feijão vermelho selada e com impressão



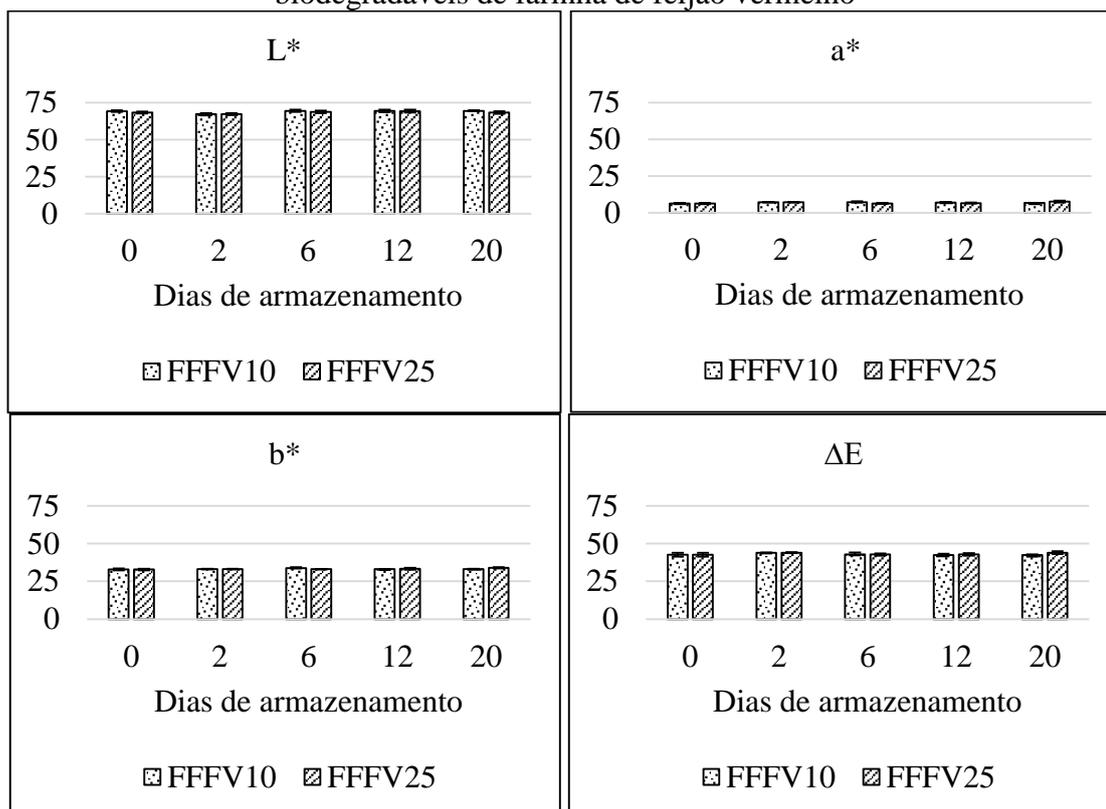
Algumas alterações indesejáveis podem ocorrer durante o armazenamento de alimentos, afetando a textura, sabor, cor, aparência geral, valor nutricional e segurança alimentar (PETERSEN et al., 1999). No entanto, essas mudanças de qualidade podem ser minimizadas com sistemas de embalagem apropriados (ANGIOLILLO; CONTE; DEL NOBILE, 2016).

3.3.1 Cor

A Figura 7 apresenta os parâmetros de cor dos biscoitos avaliados em diferentes tempos de armazenamento. Em relação à amostra controle (Tempo 0), as demais amostras não sofreram muita variação em nenhum dos parâmetros avaliados. A luminosidade (L^*) dos biscoitos apresentou valores entre 67,2 e 69,5. As coordenadas a^* e b^* indicaram que os biscoitos apresentaram cor tendendo a amarelo ($b^* +$) um pouco avermelhado ($a^* +$),

característico do produto. A variação total da cor (ΔE) apresentou valores entre 42,3 e 43,9. Os resultados indicam que as embalagens de farinha de feijão vermelho com 10 e 25 g de solução nas placas não interferiram nas características de cor dos biscoitos durante o período de armazenamento.

Figura 7 - Parâmetros de cor dos biscoitos armazenados por 20 dias em embalagens biodegradáveis de farinha de feijão vermelho



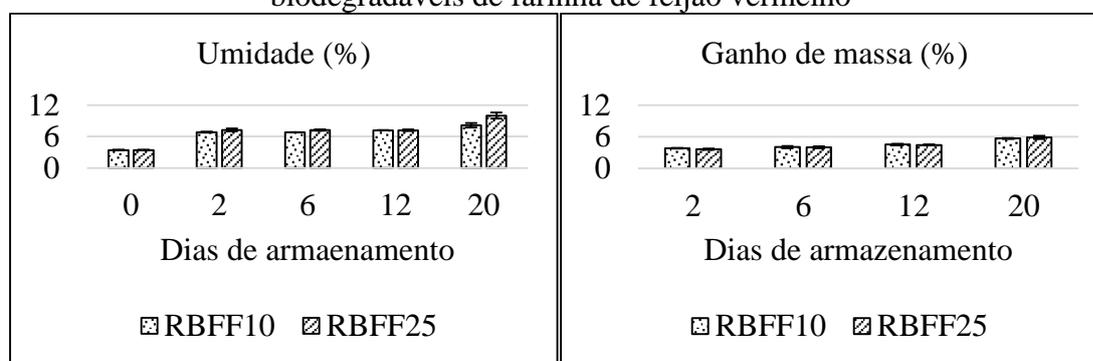
FFFV10: filme de farinha de feijão vermelho com 10g de SSF na placa; FFFV25: filme de farinha de feijão vermelho com 25g de SSF na placa

3.3.2 Umidade e ganho de massa dos biscoitos

Os valores da avaliação de umidade dos biscoitos (Figura 8) apresentaram comportamento linear, tendendo a aumentar durante o período de armazenamento, sendo estes um pouco mais pronunciados para os biscoitos armazenados na embalagem FFFV25. O fato de os filmes FFFV25 apresentarem PVA significativamente maior que o FFFV10 pode ter influenciado diretamente nestes resultados. De acordo com Del Nobile e Conte (2013), o desempenho da embalagem pode geralmente ser agrupado em propriedades mecânicas, térmicas, ópticas e de transporte de massa, mas a extensão em que uma embalagem atua para preservar um alimento depende muito de suas propriedades de barreira.

Na avaliação do ganho de massa dos biscoitos, observou-se aumento linear de massa, atingindo 5,8% ao 20º dia de armazenamento, independentemente da embalagem utilizada. A principal função de uma embalagem de alimentos é muitas vezes evitar ou diminuir a transferência de umidade entre os alimentos e a atmosfera circundante (Mir et al., 2018). Neste caso as embalagens preparadas a partir da farinha de feijão não apresentaram uma boa barreira à transferência de umidade do ambiente para os biscoitos, uma vez que a absorção de umidade afetou a qualidade do produto. No entanto, acredita-se que a adição de uma fina camada de um material de barreira nos filmes de farinha de feijão pode reduzir ou impedir a passagem de umidade através dele.

Figura 8 - Umidade e ganho de massa dos biscoitos armazenados por 20 dias em embalagens biodegradáveis de farinha de feijão vermelho

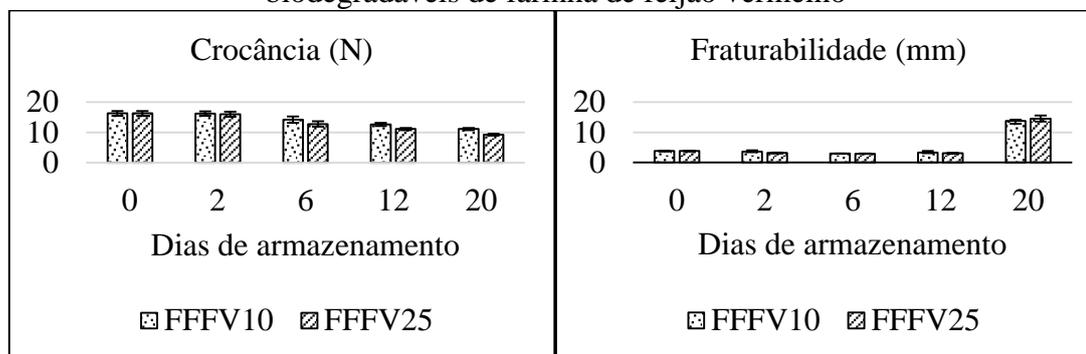


FFFV10: filme de farinha de feijão vermelho com 10g de SSF na placa; FFFV25: filme de farinha de feijão vermelho com 25g de SSF na placa

3.3.3 Textura dos biscoitos

Através da Figura 9 é possível observar que, durante o período de armazenamento, a dureza dos biscoitos foi reduzida, enquanto a fraturabilidade aumentou, independente da embalagem utilizada. Os resultados para avaliação da umidade e ganho de massa dos biscoitos estão de acordo com a avaliação da textura, uma vez que a absorção de umidade pelos biscoitos os torna mais macios, reduzindo sua dureza e aumentando sua fraturabilidade. Se um biscoito ainda estiver estaladiço, a quebra ocorrerá assim que a lâmina o tocar; entretanto, para um biscoito mais macio, menos força de lâmina (<dureza) será exercida, aumentando a distância até que o produto se quebre (> fraturabilidade). A PVA dos filmes desenvolvidos neste estudo pode ter sido o principal fator responsável pela perda da qualidade sensorial dos biscoitos, pois permitiu a passagem do vapor d'água pela embalagem, afetando diretamente essas características.

Figura 9 - Parâmetros de textura dos biscoitos armazenados por 20 dias em embalagens biodegradáveis de farinha de feijão vermelho



FFFV10: filme de farinha de feijão vermelho com 10g de SSF na placa; FFFV25: filme de farinha de feijão vermelho com 25 g de SSF na placa

4 CONCLUSÃO

As duas farinhas produziram filmes biodegradáveis fáceis manuseáveis, coesos e com superfície homogênea. Os filmes produzidos com a farinha de feijão vermelho apresentaram características mecânicas superiores aos elaborados com a farinha de feijão preto. Os filmes de farinha de feijão vermelho também foram menos solúveis e menos permeáveis ao vapor de água. Todos os filmes desenvolvidos apresentaram caráter hidrofílico e se degradaram rapidamente no solo e na água em menos de 20 dias.

Devido às suas propriedades mecânicas e de barreira superiores, os filmes elaborados com farinha de feijão vermelho com 10 e 2 g de solução filmogênica nas placas foram selecionados para a preparação de embalagens para o armazenamento dos biscoitos. As duas embalagens apresentaram comportamento semelhante, portanto, a embalagem de filme de farinha de feijão vermelho com 10 g de solução filmogênica nas placas poderia ser a escolhida, pois necessita de uma quantidade menor de matéria-prima para a produção do filme. As embalagens não proporcionaram uma boa barreira à umidade durante o período de armazenamento, o que afetou a qualidade dos biscoitos. No entanto, acredita-se que a adição de uma camada fina de um material de barreira ao filme de farinha de feijão pode reduzir ou impedir a passagem de umidade através dele. Além disso, um sistema de embalagem secundária (polietileno, por exemplo) poderia oferecer uma barreira maior ao vapor de água. Essa aplicação ainda reduziria o uso de polímeros sintéticos, uma vez que muitos biscoitos utilizam sistemas com embalagem primária e secundária sintética.

Acredita-se que essa embalagem poderia ser utilizada para acondicionar outros produtos como o óleo, pois além de conter o produto, sua baixa transparência poderia evitar processos oxidativos causados pela incidência de luz.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDRADE-MAHECHA, M. M.; TAPIA-BLÁCIDO, D. R.; MENEGALLI, F. C. Development and optimization of biodegradable films based on achira flour. **Carbohydrate Polymers**, v. 88, p. 449–458, 2012.
- AOAC. Official Methods of Analysis.** 17th. ed. Washington, D. C.: [s.n.].
- ARQUELAU, P. B. DE F.; SILVA, V. D. M.; GARCIA, M. A. V. T.; ARAÚJO, R. L. B. DE; FANTE, C. A. Characterization of edible coatings based on ripe “Prata” banana peel flour. **Food Hydrocolloids**, v. 89, p. 570–578, abr. 2019.
- ASTM. Standard test methods for tensile properties of thin plastic sheeting, D882-02. In: Annual Book of ASTM Standards. American Society for Testing and Materials.** Philadelphia: [s.n.].
- ASTM. Standard test methods for water vapor transmission of material, E96-00. In: Annual Book of ASTM Standards. American Society for Testing and Materials.** Philadelphia: [s.n.].
- BORNEO, R.; ALBA, N.; AGUIRRE, A. New films based on triticale flour: Properties and effects of storage time. **Journal of Cereal Science**, v. 68, p. 82–87, mar. 2016.
- BRITO, T. B.; CARRAJOLA, J. F.; GONÇALVES, E. C. B. A.; MARTELLI-TOSI, M.; FERREIRA, M. S. L. Fruit and vegetable residues flours with different granulometry range as raw material for pectin-enriched biodegradable film preparation. **Food Research International**, v. 121, p. 412–421, jul. 2019.
- CAPPA, C.; KELLY, J. D.; NG, P. K. W. Seed characteristics and physicochemical properties of powders of 25 edible dry bean varieties. **Food Chemistry**, v. 253, p. 305–313, jul. 2018.
- CARISSIMI, M.; FLÔRES, S. H.; RECH, R. Effect of microalgae addition on active biodegradable starch film. **Algal Research**, v. 32, p. 201–209, jun. 2018.
- DAUDT, R. M. .; AVENA-BUSTILLOS, R. J. .; WILLIAMS, T.; WOOD, D. F. .; KÜLKAMP-GUERREIRO, I. C. .; MARCZAK, L. D. F. .; MCHUGH, T. H. Comparative study on properties of edible films based on pinhão (*Araucaria angustifolia*) starch and flour. **Food Hydrocolloids**, v. 60, p. 279–287, out. 2016.
- DEL NOBILE, M. A.; CONTE, A. **Packaging for Food Preservation.** New York, NY: Springer New York, 2013.
- DIÉGUEZ, M. C. V.; PELISSARI, F. M.; SOBRAL, P. J. DO A.; MENEGALLI, F. C. Effect of process conditions on the production of nanocomposite films based on amaranth flour and

montmorillonite. **LWT - Food Science and Technology**, v. 61, n. 1, p. 70–79, abr. 2015.

DRAKOS, A.; PELAVA, E.; EVAGELIOU, V. Properties of flour films as affected by the flour's source and particle size. **Food Research International**, v. 107, p. 551–558, maio 2018.

DU, M.; XIE, J.; GONG, B.; XU, X.; TANG, W.; LI, X.; LI, C.; XIE, M. Extraction, physicochemical characteristics and functional properties of Mung bean protein. **Food Hydrocolloids**, v. 76, p. 131–140, mar. 2018.

ENUJIUGHA, V. N.; OYINLOYE, A. M. Protein-Lipid Interactions and the Formation of Edible Films and Coatings. In: **Encyclopedia of Food Chemistry**. Elsevier I ed. Akure: Elsevier, 2019. v. 2p. 478–482.

FERREIRA, C. D.; ZIEGLER, V.; LINDEMANN, I. DA S.; HOFFMANN, J. F.; VANIER, N. L.; OLIVEIRA, M. DE. Quality of black beans as a function of long-term storage and moldy development: Chemical and functional properties of flour and isolated protein. **Food Chemistry**, v. 246, p. 473–480, abr. 2018a.

FRANEKER, J. A. VA.; LAW, K. L. Seabirds, gyres and global trends in plastic pollution. **Environmental Pollution**, v. 203, p. 89–96, ago. 2015.

GONTARD, N.; DUCHEZ, C.; CUQ, J. L.; GILBERT, S. Edible composite films of wheat and lipids: water vapor permeability and other physical properties. **International Journal of Food Science Technology**, v. 29, p. 39–50, 1994.

GONZÁLEZ, A.; STRUMIA, M. C.; ALVAREZ IGARZABAL, C. I. Cross-linked soy protein as material for biodegradable films: Synthesis, characterization and biodegradation. **Journal of Food Engineering**, v. 106, n. 4, p. 331–338, out. 2011.

GUTIÉRREZ, T. J.; GUZMÁN, R.; MEDINA JARAMILLO, C.; FAMÁ, L. Effect of beet flour on films made from biological macromolecules: Native and modified plantain flour. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 82, p. 395–403, jan. 2016a.

GUTIÉRREZ, T. J.; SUNIAGA, J.; MONSALVE, A.; GARCÍA, N. L. Influence of beet flour on the relationship surface-properties of edible and intelligent films made from native and modified plantain flour. **Food Hydrocolloids**, v. 54, p. 234–244, mar. 2016b.

GUTIÉRREZ, T. J. Are modified pumpkin flour/plum flour nanocomposite films biodegradable and compostable? **Food Hydrocolloids**, v. 83, n. January, p. 397–410, 2018.

GUTIÉRREZ, T. J.; ALVAREZ, V. A. Eco-friendly films prepared from plantain flour/PCL blends under reactive extrusion conditions using zirconium octanoate as a catalyst. **Carbohydrate Polymers**, v. 178, p. 260–269, dez. 2017.

HASSAN, B.; CHATHA, S. A. S.; HUSSAIN, A. I.; ZIA, K. M.; AKHTAR, N. Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: A review. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 109, p. 1095–1107, abr. 2018.

HEIDBREder, L. M.; BABLOK, I.; DREWS, S.; MENZEL, C. Tackling the plastic problem: A review on perceptions, behaviors, and interventions. **Science of The Total**

Environment, v. 668, p. 1077–1093, jun. 2019.

HORTON, A. A.; WALTON, A.; SPURGEON, D. J.; LAHIVE, E.; SVENDSEN, C. Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities. **Science of The Total Environment**, v. 586, p. 127–141, maio 2017.

KARBOWIAK, T.; DEBEAUFORT, F.; CHAMPION, D.; VOILLEY, A. Wetting properties at the surface of iota-carrageenan-based edible films. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 294, n. 2, p. 400–410, fev. 2006.

LAW, K.-Y. Definitions for hydrophilicity, hydrophobicity, and superhydrophobicity: getting the basics right. **The Journal of Physical Chemistry Letters**, v. 5, n. 4, p. 686–688, 20 fev. 2014.

LEAL FILHO, W.; SAARI, U.; FEDORUK, M.; IITAL, A.; MOORA, H.; KLÖGA, M.; VORONOVA, V. An overview of the problems posed by plastic products and the role of extended producer responsibility in Europe. **Journal of Cleaner Production**, v. 214, p. 550–558, mar. 2019.

LEBLANC, N.; SAIHAH, R.; BEUCHER, E.; GATTIN, R.; CASTANDET, M.; SAITER, J. Structural investigation and thermal stability of new extruded wheat flour based polymeric materials. **Carbohydrate Polymers**, v. 73, n. 4, p. 548–557, set. 2008.

LOS, F. G. B.; ZIELINSKI, A. A. F.; WOJEICCHOWSKI, J. P.; NOGUEIRA, A.; DEMIATE, I. M. Beans (*Phaseolus vulgaris* L.): whole seeds with complex chemical composition. **Current Opinion in Food Science**, v. 19, p. 63–71, fev. 2018.

LUNA-VITAL, D. A.; MOJICA, L.; GONZÁLEZ DE MEJÍA, E.; MENDOZA, S.; LOARCA-PIÑA, G. Biological potential of protein hydrolysates and peptides from common bean (*Phaseolus vulgaris* L.): A review. **Food Research International**, v. 76, p. 39–50, out. 2015.

MALIZIA, A.; MONMANY-GARZIA, A. C. Terrestrial ecologists should stop ignoring plastic pollution in the Anthropocene time. **Science of The Total Environment**, v. 668, p. 1025–1029, jun. 2019.

MARAN, J. P.; SIVAKUMAR, V.; THIRUGNANASAMBANDHAM, K.; SRIDHAR, R. Degradation behavior of biocomposites based on cassava starch buried under indoor soil conditions. **Carbohydrate Polymers**, v. 101, p. 20–28, jan. 2014.

MARINIELLO, L.; DI PIERRO, P.; ESPOSITO, C.; SORRENTINO, A.; MASI, P.; PORTA, R. Preparation and mechanical properties of edible pectin–soy flour films obtained in the absence or presence of transglutaminase. **Journal of Biotechnology**, v. 102, n. 2, p. 191–198, abr. 2003.

MIR, S. A.; DAR, B. .; WANI, A. A.; SHAH, M. A. Effect of plant extracts on the techno-functional properties of biodegradable packaging films. **Trends in Food Science & Technology**, v. 80, p. 141–154, out. 2018.

NOURADDINI, M.; ESMAILI, M.; MOHTARAMI, F. Development and characterization of edible films based on eggplant flour and corn starch. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 120, p. 1639–1645, dez. 2018.

ONU. **Fungos podem ajudar no combate à poluição por plásticos, diz ONU Meio Ambiente**. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/fungos-podem-ajudar-no-combate-a-poluicao-por-plasticos-diz-onu-meio-ambiente/>>. Acesso em: 25 maio. 2019a.

ONU. **ONU Meio Ambiente aponta lacunas na reciclagem global de plástico**. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/onu-meio-ambiente-aponta-lacunas-na-reciclagem-global-de-plastico/>>. Acesso em: 25 maio. 2019b.

ORSUWAN, A.; SOTHORNVIT, R. Development and characterization of banana flour film incorporated with montmorillonite and banana starch nanoparticles. **Carbohydrate Polymers**, v. 174, p. 235–242, out. 2017.

PELLISSARI, F. M.; ANDRADE-MAHECHA, M. M.; SOBRAL, P. J. DO A.; MENEGALLI, F. C. Comparative study on the properties of flour and starch films of plantain bananas (*Musa paradisiaca*). **Food Hydrocolloids**, v. 30, n. 2, p. 681–690, mar. 2013.

PESTORIĆ, M.; ŠIMURINA, O.; FILIPČEV, B.; JAMBREC, D.; BELOVIĆ, M.; MIŠAN, A.; NEDELJKOVIĆ, N. Relationship of physicochemical characteristics with sensory profile of cookies enriched with medicinal herbs. **International Journal of Food Properties**, v. 18, n. 12, p. 2699–2712, 2 dez. 2015.

PITURA, K.; ARNTFIELD, S. D. Characteristics of flavonol glycosides in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seed coats. **Food Chemistry**, v. 272, p. 26–32, jan. 2019.

RAO, M. S.; KANATT, S. R.; CHAWLA, S. P.; SHARMA, A. Chitosan and guar gum composite films: Preparation, physical, mechanical and antimicrobial properties. **Carbohydrate Polymers**, v. 82, n. 4, p. 1243–1247, nov. 2010.

ROBERTSON, G. L. Definitions, Functions, Attributes and Environments of Food Packaging. In: Brisbane, QLD, Australia: Elsevier Inc, 2018. p. 1–5.

ROCHMAN, C. M.; BROWNE, M. A.; BENJAMIN, S.; HALPERN, B. T.; HENTSCHEL, E. H.; HRISSI, K.; KARAPANAGIOTI, LORENA M RIOS-MENDOZA, H. T.; TEH, S.; THOMPSON, R. C. Classify plastic waste as hazardous. **Nature**, v. 494, p. 6–8, 2013.

ROMPOTHI, O.; PRADIPASENA, P.; TANANUWONG, K.; SOMWANGTHANAROJ, A.; JANJARASSKUL, T. Development of non-water soluble, ductile mung bean starch based edible film with oxygen barrier and heat sealability. **Carbohydrate Polymers**, v. 157, p. 748–756, fev. 2017.

SALVUCCI, E.; ROSSI, M.; COLOMBO, A.; PÉREZ, G.; BORNEO, R.; AGUIRRE, A. Triticale flour films added with bacteriocin-like substance (BLIS) for active food packaging applications. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 19, p. 193–199, mar. 2019.

SANGRONIZ, A.; SANGRONIZ, L.; GONZALEZ, A.; SANTAMARIA, A.; DEL RIO, J.; IRIARTE, M.; ETXEBERRIA, A. Improving the barrier properties of a biodegradable

polyester for packaging applications. **European Polymer Journal**, v. 115, p. 76–85, jun. 2019.

SAROJINI, K. S.; INDUMATHI, M. P.; RAJARAJESWARI, G. R. International Journal of Biological Macromolecules Mahua oil-based polyurethane / chitosan / nano ZnO composite films for biodegradable food packaging applications. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 124, p. 163–174, 2019.

SIDDIQ, M.; RAVI, R.; HARTE, J. B.; DOLAN, K. D. Physical and functional characteristics of selected dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flours. **LWT - Food Science and Technology**, v. 43, n. 2, p. 232–237, 2010.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. São Paulo: Livraria Varela Ltda., 1997.

SINTIM, H. Y.; BANDOPADHYAY, S.; ENGLISH, M. E.; BARY, A. I.; DEBRUYN, J. M.; SCHAEFFER, S. M.; MILES, C. A.; REGANOLD, J. P.; FLURY, M. Impacts of biodegradable plastic mulches on soil health. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 273, p. 36–49, mar. 2019.

SUCHETA; RAI, S. K.; CHATURVEDI, K.; YADAV, S. K. Evaluation of structural integrity and functionality of commercial pectin based edible films incorporated with corn flour, beetroot, orange peel, muesli and rice flour. **Food Hydrocolloids**, v. 91, p. 127–135, jun. 2019.

TAPIA-BLÁCIDO, D.; MAURI, A. N. .; MENEGALLI, F. C. .; SOBRAL, P. J. A. .; AÑÓN, M. C. Contribution of the starch, protein, and lipid fractions to the physical, thermal, and structural properties of amaranth (*Amaranthus caudatus*) flour films. **Journal of Food Science**, v. 72, n. 5, p. 293–300, jun. 2007.

TAPIA-BLÁCIDO, D. R. .; SOBRAL, P. J. DO A.; MENEGALLI, F. C. Optimization of amaranth flour films plasticized with glycerol and sorbitol by multi-response analysis. **LWT - Food Science and Technology**, v. 44, n. 8, p. 1731–1738, out. 2011.

TAPIA-BLÁCIDO, D. R. .; SOBRAL, P. J. DO A.; MENEGALLI, F. C. Effect of drying conditions and plasticizer type on some physical and mechanical properties of amaranth flour films. **LWT - Food Science and Technology**, v. 50, n. 2, p. 392–400, mar. 2013.

TRINETTA, V. Biodegradable Packaging. In: **Reference Module in Food Science**. Elsevier I ed. Manhattan, KS, USA: Elsevier, 2016. p. 1–2.

VALENCIA-MEJÍA, E.; BATISTA, K. A.; FERNÁNDEZ, J. J. A.; FERNANDES, K. F. Antihyperglycemic and hypoglycemic activity of naturally occurring peptides and protein hydrolysates from easy-to-cook and hard-to-cook beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Food Research International**, v. 121, p. 238–246, jul. 2019.

VARGAS, C. G.; COSTA, T. M. H.; RIOS, A. D. O.; FLÔRES, S. H. Comparative study on the properties of films based on red rice (*Oryza glaberrima*) flour and starch. **Food Hydrocolloids**, v. 65, p. 96–106, abr. 2017.

WAGNER, T. P. Reducing single-use plastic shopping bags in the USA. **Waste Management**, v. 70, p. 3–12, 2017.

WAN, Y.; WU, C.; XUE, Q.; HUI, X. Effects of plastic contamination on water evaporation and desiccation cracking in soil. **Science of The Total Environment**, v. 654, p. 576–582, mar. 2019.

WARING, R. H.; HARRIS, R. M.; MITCHELL, S. C. Plastic contamination of the food chain: A threat to human health? **Maturitas**, v. 115, p. 64–68, set. 2018.

WOGGUM, T.; SIRIVONGPAISAL, P.; WITTAYA, T. Characteristics and properties of hydroxypropylated rice starch based biodegradable films. **Food Hydrocolloids**, v. 50, p. 54–64, ago. 2015.

WU, H.; LEI, Y.; ZHU, R.; ZHAO, M.; LU, J.; XIAO, D.; JIAO, C.; ZHANG, Z.; SHEN, G.; LI, S. Preparation and characterization of bioactive edible packaging films based on pomelo peel flours incorporating tea polyphenol. **Food Hydrocolloids**, v. 90, n. December 2018, p. 41–49, maio 2019.

XANTHOS, D.; WALKER, T. R. International policies to reduce plastic marine pollution from single-use plastics (plastic bags and microbeads): A review. **Marine Pollution Bulletin**, v. 118, n. 1–2, p. 17–26, 2017.

ARTIGO II

**EFEITO DE UMA EMBALAGEM BIODEGRADÁVEL ATIVA DE FARINHA DE
FEIJÃO E EXTRATO DE SEMENTE DE AÇAÍ NA QUALIDADE DO AZEITE DE
OLIVA**

RESUMO

A pandemia COVID-19 agravou os problemas existentes associados ao alto consumo de produtos plásticos e seu descarte incorreto, resultando no aumento dos problemas sociais, econômicos e ambientais. Com isso, novas combinações de materiais biodegradáveis para embalagens de alimentos têm se tornado alvo frequente de pesquisas. Desta forma, o presente estudo teve como objetivo produzir e avaliar filmes biodegradáveis ativos a base de farinha de feijão vermelho e extrato de semente de açaí, e também avaliar a qualidade do azeite de oliva virgem armazenado nas embalagens produzidas por um período de 16 dias a 60 °C. Então foram desenvolvidos filmes de farinha de feijão vermelho (*Phaseolus vulgaris*) com 0%, 5% e 10% de extrato de semente de açaí. A adição de 10% do extrato aos filmes aumentou sua resistência à tração em 100%, reduziu a solubilidade e a transparência, e aumentou a cristalinidade relativa dos mesmos. Além disso, quanto maior a concentração de extrato adicionado, maior foi a atividade antioxidante apresentada pelos filmes. O azeite de oliva virgem foi acondicionado nas embalagens produzidas a partir dos filmes de farinha de feijão com 10% de extrato e manteve seus parâmetros de qualidade dentro dos limites estabelecidos pela legislação. Estes resultados sugerem a descoberta de uma embalagem biodegradável e antioxidante que pode ser utilizada para o acondicionamento de azeite e outros produtos alimentícios gordurosos.

Palavras-chave: Atividade antioxidante. Oxidação. Sustentabilidade.

1 INTRODUÇÃO

Após um ano da pandemia de COVID-19, muitas mudanças sociais e de consumo foram observadas, com o incentivo à permanência da população em casa, ocorreu um aumento na utilização dos materiais plásticos em diversos setores (FAN et al., 2021; HAQUE et al., 2021). Os polímeros estão entre os materiais mais utilizados no mundo, estes filmes aplicados em embalagens representam um desafio para os fabricantes e para a sociedade, devido à grande quantidade de resíduos gerados (FERREIRA; SOUZA; ROSA, 2021). O alto consumo de matérias primas, água, energia e o grande volume de resíduos gerados, que geralmente são descartados de forma incorreta, resultam em problemas sociais, ambientais e econômicos, e são as principais preocupações relacionadas às embalagens sintéticas (GOULAS et al., 2019). A pandemia aumentou a produção, o uso e o descarte de equipamentos de proteção individual, como luvas, protetores faciais, seringas e embalagens para produtos biomédicos (KLEMEŠ et al., 2020). Além disso, há um aumento na demanda por embalagens de alimentos, utensílios descartáveis e embalagens para entrega (OLAIMAT et al., 2020).

Para minimizar os problemas ambientais, sociais e econômicos, empresas e governos têm incentivado novas tecnologias que minimizem os plásticos de commodities e seus derivados em embalagens de alimentos (SILVA et al., 2021). Com isso, novas combinações de materiais biodegradáveis para embalagens de alimentos têm se tornado alvo de frequentes

pesquisas, com o objetivo de reduzir o impacto do descarte de resíduos plásticos no meio ambiente, na conservação de produtos alimentícios e na segurança alimentar (MONTERO et al., 2021). O amido e a proteína de feijão (*Phaseolus vulgaris*) foram utilizados no desenvolvimento de filmes biodegradáveis (FAN et al., 2014; LIMA et al., 2017), porém, a extração desses constituintes demanda tempo e investimento financeiro. Desta forma, a utilização do feijão em forma de farinha integral se torna uma alternativa promissora, visto que o feijão é rico em carboidratos e proteínas, além de possuir lipídios e compostos fenólicos, e com isso, pode-se ter a formação de uma blenda natural em função da própria matéria-prima (KAN et al., 2017). O processo de industrialização do feijão gera um subproduto, que são os grãos partidos (TEIXEIRA et al., 2021), esses grãos apresentam baixo valor comercial, no entanto, seu valor nutricional não é afetado (CARVALHO et al., 2012). Desta forma, estes grãos partidos podem ser utilizados para a produção de farinha a partir de um simples processo de moagem, e com isso, obtém-se uma nova matéria prima para o desenvolvimento de filmes e embalagens biodegradáveis.

Para aumentar a aplicabilidade e funcionalidade das embalagens biodegradáveis de alimentos, alguns compostos ativos podem ser adicionados à matriz polimérica para produzir embalagens ativas (MONTERO et al., 2021). A embalagem ativa interage com o alimento ou com o espaço vazio da embalagem para reduzir, inibir ou retardar a multiplicação de microorganismos e reação oxidativas indesejáveis nas superfícies dos alimentos (OLIVEIRA et al., 2020). A semente de açaí (*Euterpe oleracea* Mart), um resíduo proveniente da industrialização do açaí, é rica em procianidinas B1 e B2, catequina e epicatequina, que são os responsáveis pelo elevado poder antioxidante destas sementes (MARTINS et al., 2021; MELO et al., 2021). A porção do fruto do açaí com maior teor de compostos bioativos é aquela que está sendo descartada como resíduo agroindustrial em toda a cadeia de processamento do açaí, as sementes (MELO et al., 2021). Uma vez que, somente a polpa do açaí possui comercialização lucrativa, o processamento do fruto acaba gerando uma grande quantidade de resíduos (sementes) (MARTINS et al., 2020, 2021), a utilização destas poderia aumentar a renda obtida a partir deste fruto, além de reduzir o impacto ambiental gerado pelo descarte inadequado dessas sementes. Os antioxidantes naturais, como os presentes nas sementes de açaí, têm potencial para prevenir a oxidação e são candidatos promissores para substituir antioxidantes sintéticos, uma vez que, os antioxidantes sintéticos têm seu uso limitado devido as suas doses de segurança e evidências de toxicidade, com possíveis efeitos adversos em humanos (MELO et al., 2016).

Avaliar a estabilidade da embalagem em diferentes condições (temperatura, luz e umidade) é de extrema importância, visto que, a embalagem tem sido um fator chave na

disseminação mundial do azeite de oliva virgem, principalmente por sua contribuição para a retenção da qualidade do azeite (ESPOSTO et al., 2021). A qualidade do azeite muda durante o armazenamento com base em sua composição inicial de antioxidantes e ácidos graxos e a exposição a fatores oxidativos, como luz e oxigênio (ESPOSTO et al., 2020). Estudos demonstraram que a exposição prolongada à luz e o armazenamento de longo prazo no escuro promovem processos foto-oxidativos e autoxidativos, respectivamente. Esses processos resultam na degradação de ácidos graxos e na produção de radicais livres, hidroperóxidos e produtos voláteis secundários responsáveis pelo aspecto 'rançoso', levando à perda da qualidade total do azeite (ESPOSTO et al., 2021). Portanto, uma embalagem adequada é essencial para fornecer uma barreira à transmissão de oxigênio e luz e retardar os processos de oxidação minimizando as alterações no perfil antioxidante do azeite (ESPOSTO et al., 2020). Desta forma, o uso de embalagens ativas produzidas com antioxidantes naturais é uma estratégia para minimizar essas reações (ASSIS et al., 2021).

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivo produzir e avaliar filmes biodegradáveis ativos à base de farinha de feijão vermelho e extrato de semente de açaí, e também avaliar a qualidade do azeite de oliva virgem armazenado nas embalagens produzidas por um período de 16 dias a 60 °C.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 MATERIAL

O feijão vermelho (*Phaseolus vulgaris*) e o azeite de oliva virgem foram adquiridos no comércio local. As sementes de açaí (*Euterpe oleracea*) foram doadas pelo Laboratório de Engenharia Bioquímica da Universidade Federal do Rio Grande, Rio Grande, Brasil, que obteve os mesmos do Arquipélago do Bailique – Amapá-Brasil. ABTS (2,2'-azinobis (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico) e DPPH (2,2-difenil-1-picrilhidrazila) foram adquiridos pela Sigma Aldrich. Os demais reagentes utilizados foram de grau analítico.

2.2 MÉTODOS

2.2.1 Obtenção da farinha de feijão vermelho

Para a obtenção da farinha, os grãos de feijão partidos foram triturados em moinho (TECNAL, TE - 650). Em seguida, as farinhas foram peneiradas para padronizar o tamanho das partículas em até 42 mesh. A composição proximal da farinha foi realizada em estudos

anteriores pelo nosso grupo de pesquisa de acordo com os métodos descritos pela AOAC (2000).

2.2.2 Obtenção e caracterização da atividade antioxidante do extrato de semente do açaí

As sementes de açaí foram secas em estufa a 55 °C por 12 h. Após, foram trituradas em moinho de facas (TECNAL, TE – 650) para obtenção de um pó fino, e sua granulometria foi padronizada (≤ 42 mesh). Os extratos etanólicos foram obtidos do pó da semente de açaí (BONILLA; SOBRAL, 2016). Para isso, 0,1 g de pó foi misturado com etanol P.A usando uma relação pó:solvente de 1:100 (m/v). As misturas foram agitadas em *Shaker* (CIENITEC CT – 712RNT), continuamente à temperatura ambiente (± 25 °C) por 12 h a 125 rpm em ausência de luz e, subsequentemente foram centrifugadas a 9000 g por 15 min a 20 °C. Os sobrenadantes foram filtrados em papel filtro, coletados e avaliados quanto à sua capacidade antioxidante pelos métodos DPPH e ABTS.

Para avaliação da capacidade de sequestro do radical livre DPPH foi utilizado o método descrito por Brand-Williams, Cubelier e Berset (1995), onde 280 μ L da solução de radical DPPH (0,06 mM) em álcool etílico foi adicionada em uma microplaca de 96 poços contendo 20 μ L de extrato (1:100). A placa foi mantida em repouso com ausência de luz durante 30 min e após, foi realizada a leitura da absorbância a 515 nm em leitora de microplacas (MARCONI, MA 616). Os resultados foram obtidos em percentual de inibição do radical DPPH (IR%), de acordo com a Equação 1, onde, A0 é a absorbância controle (sem extrato) e At a absorbância com extrato.

$$IR (\%) = (A0 - At / A0) \times 100 \quad (1)$$

Para avaliação da capacidade de sequestro do radical ABTS foi utilizado o método descrito por Rambabu et al. (2019), onde 280 μ L da solução de radical (7 mM) foi adicionada nos poços de uma microplaca contendo 20 μ L de extrato. A placa foi mantida no escuro por 6 min e após, foi realizada a leitura a 700 nm em leitora de microplacas (MARCONI, MA 616). Os resultados foram obtidos em percentual de inibição do radical (IR%), de acordo com a Equação 1.

A obtenção dos extratos foi realizada em triplicata. O extrato utilizado para elaboração dos filmes ativos foi obtido na proporção de pó:solvente de 1:10 (m/v) para que se obtivesse uma maior concentração dos compostos ativos na matriz polimérica.

2.2.3 Elaboração dos filmes

Os filmes de farinha de feijão foram obtidos pelo método de *casting*, a uma concentração de 5% (m/v) de farinha de feijão vermelho e 30% (m/m) de glicerol. Inicialmente, a farinha foi dissolvida em água destilada e homogeneizada (15 min) em banho termostático (BROOKFIELD, TC-102, EUA) acoplado a um reator encamisado, mantido sob agitação com auxílio de agitador mecânico a 500 rpm (FISATOM, 712, Brasil). Após, o pH da solução foi ajustado para 9,0 com NaOH 1 mol/L para que houvesse a solubilização das proteínas (DU et al., 2018) e a temperatura foi elevada para 85 °C para promover a gelatinização do amido presente (ROMPOTHI et al., 2017). A solução foi mantida sob agitação (500 rpm) por 30 min. Após, ainda sob agitação, esperou-se o arrefecimento da solução até 40 °C em banho termostático para então adicionar o extrato de semente de açaí. Os filmes foram elaborados com 0, 5 e 10% (v/v; extrato/solução filmogênica) de extrato, identificados como FC, FE5 e FE10, respectivamente. As soluções foram mantidas a 40 °C e sob agitação (500 rpm) por mais 30 min, e então foram filtradas em papel filtro e vertidas em placas de Petri de 15 cm de diâmetro para uma gramatura de 200 g/m². Ao final, a secagem dos filmes foi realizada em estufa com circulação forçada de ar (QUIMIS, 314D, Brasil), a 30 ± 2 °C por 16 h. Após a secagem, todos os filmes foram armazenados em dessecadores com 55 ± 2% de umidade relativa controlada com brometo de sódio (NaBr) e temperatura de 25 ± 2 °C, por pelo menos 48 h, para posteriores análises.

2.2.4 Caracterização dos filmes

2.2.4.1 Espessura

A espessura (mm) dos filmes foi determinada através de um micrômetro digital (INSIZE IP54, Brasil), com a medição aleatória de 10 pontos na superfície do filme.

2.2.4.2 Propriedades mecânicas

As propriedades mecânicas foram determinadas utilizando um texturômetro (TA.XTplus, Stable Micro Systems, Inglaterra) seguindo o método ASTM D-882-02 (ASTM, 2002). Os filmes foram cortados em tiras de 25 × 85 mm. A separação inicial da garra e a

velocidade da cruzeta foram fixadas em 50 mm e 1 mm/s, respectivamente. A resistência à tração (MPa) foi calculada dividindo a força máxima pela área da seção transversal inicial do filme. O alongamento (%) foi calculado dividindo a alongação do filme na ruptura pelo comprimento de referência inicial da amostra. Foram utilizados dez filmes para cada amostra, obtendo-se uma tira de cada, totalizando 10 tiras de cada filme para análise.

2.2.4.3 Propriedades óticas

A cor foi mensurada utilizando um colorímetro CR-400 Minolta Chroma Meter, e o espaço de cor CIELab foi usado. Os filmes foram removidos das placas e as medições foram realizadas na superfície exposta (topo) das mesmas. Os parâmetros analisados neste sistema de cores são L^* (clareza/brilho), a^* (vermelhidão/verde) e b^* (amarelo/azul). A diferença de cor total (ΔE^*) foi obtida usando o iluminante D65 e calculada de acordo com a Equação 2, onde L^* , a^* e b^* são os valores dos parâmetros de cor padrão ($L = 97.39$, $a^* = 0.14$, $b^* = 1.94$), e L , a e b são os valores dos parâmetros de cor da amostra.

$$\Delta E = \sqrt{(L^* - L)^2 + (a^* - a)^2 + (b^* - b)^2} \quad (2)$$

A transparência dos filmes foi medida usando um espectrofotômetro UV-vis (Shimadzu, UVPC 2401, Milan, Italy) e calculada de acordo com a Equação 3, onde T é o valor de transmitância a 600 nm e d é a espessura (mm) do filme.

$$\text{Transparência (\%)} = (-\log T) / d \quad (3)$$

2.2.4.4 Solubilidade em água

A solubilidade em água (%) dos filmes foi medida de acordo com o método descrito por Gontard et al. (1994), com algumas modificações. Amostras de 2 cm de diâmetro foram secas em estufa (DeLeo, A15E, Brasil) a 105 °C para determinação do peso seco inicial. Os filmes foram imersos em 50 mL de água destilada e as misturas foram agitadas continuamente em *Shaker* (CIENTEC, 712RNT) 175 rpm e 25 °C por 24 h. Após a imersão, os filmes foram secos a 105 °C para determinação do peso seco final. A solubilidade dos filmes (%) foi definida

como a relação entre a massa inicial (antes da imersão dos filmes em água) e final dos filmes (depois da imersão em água e secagem dos filmes).

2.2.4.5 Permeabilidade ao vapor d'água

A permeabilidade ao vapor de água (PVA) dos filmes foi determinada gravimetricamente de acordo com o método ASTM E96-00 (ASTM, 2000), que consiste na pesagem de uma cápsula fechada contendo o filme na superfície e a substância dessecante (sílica) em seu interior. A cápsula foi colocada em um ambiente de umidade controlada usando solução saturada de cloreto de sódio para manter o ambiente externo a 75% de umidade relativa. A cápsula de permeação contendo o filme foi pesada a cada 24 h por 7 dias. A PVA ($\text{g}\cdot\text{mm}/\text{h}\cdot\text{m}^2\cdot\text{kPa}$) foi calculada de acordo com a Equação 4, onde W é o ganho de peso da célula de permeação (g); L é a espessura do filme (mm); A é a área exposta do filme (m^2); t é o tempo de ganho de peso (h); e ΔP é a diferença de pressão de vapor no filme (kPa).

$$\text{PVA} = (W \cdot L) / (A \cdot t \cdot \Delta P) \quad (4)$$

2.2.4.6 Propriedades microestruturais

A morfologia dos filmes foi realizada por microscopia eletrônica de varredura (MEV), no Centro de Microscopia Eletrônica do Sul (CEME-SUL) da Universidade Federal do Rio Grande (FURG), usando um microscópio eletrônico de varredura (Jeol, JSM-6610LV, Tokyo, Japan) operando a 10 kV. As amostras foram depositadas em suportes de alumínio (*stubs*) revestidos com uma fita condutora de carbono. Depois, estes foram cobertos com uma fina camada de ouro por pulverização catódica (Desk, Deton Vacuum, USA) por 120 s. A morfologia da superfície dos filmes foi observada com ampliação de 1000 \times .

A cristalinidade dos filmes foi analisada por difração de raios X (XRD) através de um difratômetro de radiação de cobre (BRUKER, D8 Advance, USA), operando a 40 kV e 40 mA. As medidas de porcentagem de cristalinidade dos filmes foram obtidas com comprimento de onda (λ) of 1.5418Å, incremento de 0.0025 e com intervalos de medição em 2θ de 5 a 40°.

2.2.4.7 Atividade antioxidante dos filmes

Para avaliar a atividade antioxidante dos filmes seguiu-se a metodologia descrita por Neira et al. (2019), onde 0,1 g de filme previamente cortado em pequenos pedaços foi colocado em um tubo falcon. Adicionou-se 10 mL de água destilada a este tubo que foi submetido a uma agitação constante em *Shaker* (CIENITEC, 712RNT) a 125 rpm, por 12 h a 20 °C. Após este período, os tubos foram submetidos a uma centrifugação a 9000 rpm, por 15 min a 20 °C e o sobrenadante foi utilizado como extrato para as posteriores avaliações antioxidantes.

A avaliação da atividade antioxidante dos filmes foi realizada conforme descrito no item 2.2.2.1, diferindo nas proporções de extrato e radical utilizadas, onde, para avaliação da atividade do sequestro do radical livre DPPH, foram utilizados 50 µL de amostra para 250 µL de DPPH (0,06 mM). Para avaliação do sequestro do radical ABTS^{•+} manteve-se os 20 µL de amostra e 280 µL do radical. Ambos os resultados foram expressos em percentual, de acordo com a Equação 1.

2.2.5 Acondicionamento e avaliação da qualidade do azeite de oliva

Os filmes de farinha de feijão com 0 (controle) e 10 % de extrato de semente de açaí foram selados a quente em seladora (AP 450 – TecMiq) e utilizados como embalagem para acondicionamento de azeite de oliva. As embalagens (5 x 8 cm²) contendo aproximadamente 10 mL de azeite foram submetidas a teste de forno *Schadaal* onde foram mantidas em estufa a 60 °C por 16 dias. O teste de forno *Schadaal* utiliza temperaturas elevadas (≤ 60 °C) para avaliar a estabilidade oxidativa de óleos durante o seu armazenamento (TINELLO; LANTE, 2020). Devido à rápida degradação do hidroperóxido a altas temperaturas, este tempo poderia corresponder a 4 meses de armazenamento a temperatura ambiente (FRANCO et al., 2018). A cada 4 dias de armazenamento, embalagens foram retiradas da estufa para coleta e determinação de índices de qualidade do azeite. Para fins de comparação, uma alíquota de azeite em frasco âmbar também foi acondicionada sob as mesmas condições e avaliada. Os experimentos foram realizados em triplicata, sendo que em cada tempo de avaliação, as embalagens retiradas não retornavam para a estufa.

A qualidade do azeite foi avaliada através da determinação do índice de acidez, índice de peróxidos e índice de refração seguindo os métodos do Instituto Adolfo Lutz (2008). A acidez foi determinada por titulação com solução de éter etílico, álcool e indicador fenolftaleína e os resultados foram expressos em percentual de ácido oleico. O índice de peróxidos foi

determinado pela capacidade da amostra em oxidar o iodeto de potássio e os resultados expressos em $\text{mEq O}_2 \text{ Kg}^{-1}$. O índice de refração absoluta foi determinado através de refratômetro de Abbe, realizando-se a leitura na escala que resulta diretamente no índice de refração absoluto a 40 °C.

2.3 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os resultados de espessura, solubilidade em água, permeabilidade ao vapor de água, cristalinidade relativa, propriedades ópticas e mecânicas dos filmes e, índice de acidez, índice de peróxidos e índice de refração do azeite de oliva foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de significância.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 CARACTERIZAÇÃO DOS FILMES

3.1.1 Espessura e propriedades mecânicas

Os filmes com e sem adição de extrato apresentaram espessura significativamente iguais (Tabela 1). A adição do extrato aos filmes promoveu um aumento significativo na resistência a tração (RT) destes quando comparados ao filme sem extrato. A elongação (E) do filme com 10 % de extrato (FE10) foi significativamente superior ao filme com 5 % de extrato (FE5) e sem extrato (FC). É possível observar um incremento nas propriedades mecânicas dos filmes com a adição do extrato de açaí, sendo que a elongação foi maior para o filme com a maior concentração de extrato, o FE10, que apresentou RT de 4,7 MPa e E de 37,1 %.

O aumento nas propriedades mecânicas do filme de farinha de feijão com 10 % de extrato de semente de açaí (ESA) ocorre devido a uma possível ação de reticulação dos compostos fenólicos presentes no extrato com a proteína e o amido presente na farinha do feijão. A semente de açaí é um resíduo com alta concentração de compostos fenólicos (ROSSETTO et al., 2020), podendo desta forma ser utilizada como um agente reticulante de filmes. Diferentes compostos fenólicos foram utilizados como agentes reticulantes de filmes de gelatina (CHOI et al., 2018) e os resultados mostraram que o grau de reticulação das proteínas aumentou com a concentração dos compostos fenólicos, resultando em filmes com estruturas mais densas e rígidas, levando a uma maior resistência à tração. A utilização de compostos fenólicos (rutina e epicatequina) como agentes reticulantes de filmes biodegradáveis também foi estudada por Friesen, Chang e Nickerson (2015), que obtiveram melhorias nas propriedades de seus filmes.

Além disso, alguns compostos fenólicos encontrados nas sementes de açaí (polifenóis oligoméricos/poliméricos) são conhecidos por complexar com polissacarídeos por meio de ligações de hidrogênio entre os grupos hidroxila das procianidinas e o oxigênio dos polissacarídeos (MONTEIRO et al., 2019). Isso reforça a hipótese da interação das procianidinas da semente do açaí com os polissacarídeos da farinha de feijão, formando assim, uma matriz mais compacta e resistente. Os resultados obtidos no presente estudo e os demais estudos citados acima sobre os compostos fenólicos de diferentes matérias-primas, entre elas a semente de açaí, demonstram que o extrato da semente do açaí também pode ser utilizado para melhorar as propriedades mecânicas dos filmes, uma das principais propriedades que se busca melhorar quando tratamos de filmes biodegradáveis.

Tabela 1 - Propriedades dos filmes controle (FC), com 5 % (FE5) e 10 % (FE10) de extrato de semente de açaí

Avaliações	Filmes		
	FC	FE5	FE10
Espessura (mm)	0,14 ± 0,01 ^a	0,14 ± 0,01 ^a	0,14 ± 0,01 ^a
RT (MPa)	2,3 ± 0,1 ^b	4,3 ± 0,1 ^a	4,7 ± 0,4 ^a
E (%)	30,4 ± 0,3 ^c	34,4 ± 0,6 ^b	37,1 ± 0,4 ^a
L	40,5 ± 2,4 ^a	40,4 ± 1,0 ^a	38,4 ± 0,3 ^a
a*	40,7 ± 0,5 ^b	43,4 ± 0,6 ^a	42,7 ± 0,8 ^a
b*	27,5 ± 1,8 ^b	31,1 ± 0,3 ^a	30,1 ± 0,5 ^a
T (%)	6,5 ± 0,1 ^a	6,0 ± 0,1 ^b	5,8 ± 0,1 ^b
ΔE*	74,9 ± 1,2 ^b	78,1 ± 0,8 ^a	78,2 ± 0,4 ^a
SOL (%)	37,6 ± 1,3 ^a	33,4 ± 1,4 ^b	32,3 ± 1,3 ^b
PVA (g.mm/h.m ² .kPa)	0,3 ± 0,1 ^b	0,7 ± 0,1 ^a	0,7 ± 0,1 ^a
CR (%)	14,01 ± 0,65 ^c	17,69 ± 0,94 ^b	24,59 ± 1,23 ^a

RT: resistência a tração; E: alongamento; T: Transparência; ΔE*: diferença total de cor; SOL: solubilidade em água; PVA: permeabilidade ao vapor d'água; CR: cristalinidade relativa; Letras diferentes na mesma linha indicam que houve diferença significativa entre as amostras (p < 0,05).

3.1.2 Propriedades óticas

A cor e a transparência destacam-se dentre as propriedades óticas de filmes para aplicação em embalagens, porém estas não devem ser utilizadas como fator limitante de uso (NOGUEIRA; MARTINS, 2018). Os parâmetros de cor L (luminosidade), a* (+a vermelho e -

a verde) e b^* (+b amarelo e -b azul) demonstrados na Tabela 1, indicam que os filmes apresentaram uma luminosidade média, não diferindo entre si. Quanto às coordenadas a^* e b^* , é possível observar que os filmes com adição de extrato apresentaram valores significativamente maiores que o filme controle, indicando que a adição dos extratos acentuou a coloração vermelha e amarela dos filmes. A diferença total de cor (ΔE) demonstra que o FE5 e o FE10 apresentaram coloração mais escura quando comparado ao FC.

A transparência dos filmes com adição de extrato foi significativamente inferior àquela apresentada pelo filme controle, corroborando com as demais características ópticas dos filmes. Para uma boa apresentação visual do produto, é desejável que as embalagens apresentem elevado brilho e alta transparência. Entretanto, muitas vezes a proteção contra a incidência de luz se faz necessária (transparência baixa ou nula), como no acondicionamento de produtos sensíveis a reações de deterioração catalisadas pela luz, como um exemplo de produto sensível a luz, temos o azeite de oliva. O grau de transparência do filme dependerá de sua espessura e da estrutura do polímero utilizado, se mais amorfo, o filme será mais transparente, se mais cristalino, o filme será mais opaco (CARISSIMI; FLÔRES; RECH, 2018).

O açaí é um fruto globoso, que mede de 0,9 a 1,3 cm de diâmetro, possui polpa de cor roxa escura (fração comercializada) que representa cerca de 15 % do peso do fruto, sendo os outros 85 % correspondentes a sua semente (resíduo sólido resultante da despolpa do fruto) (MARTINS et al., 2020; YAMAGUCHI et al., 2015). Apesar da semente apresentar cor marrom clara, o seu extrato apresenta coloração roxa escura devido a elevada presença de antocianinas (BURATTO et al., 2019) e proantocianidinas, os principais compostos fenólicos presentes no extrato, que apresentam os pigmentos responsáveis pela cor do açaí (Barros et al., 2015). Esta coloração escura do extrato (BURATTO et al., 2021) é a responsável pela menor transparência do FE10 e, maior ΔE do FE5 e FE10, quando comparados ao filme sem adição de extrato.

As características óticas apresentadas pelos FE5 e FE10 são desejáveis para que estes possam ser aplicados no desenvolvimento de embalagens de produtos sensíveis a luz como o azeite, uma vez que a embalagem pode influenciar diretamente na qualidade do azeite, protegendo o produto do oxigênio e da luz.

3.1.3 Solubilidade em água e permeabilidade ao vapor d'água

O filme controle apresentou solubilidade em água significativamente maior (37,6 %), quando comparado aos filmes FE5 e FE10 que apresentaram 33,4 % e 32,3 %, respectivamente.

respectivamente. A adição do extrato reduziu a solubilidade dos filmes, entretanto, aumentou a permeabilidade ao vapor d'água (PVA) dos mesmos. Como é possível observar na Tabela 1, o filme controle apresentou PVA significativamente menor quando comparado aos filmes com extrato, entretanto, a PVA de 0,7 (g.mm/hm².kPa) dos filmes com extrato ainda pode ser considerada baixa.

As proantocianidinas são os principais compostos fenólicos presentes no extrato de semente de açaí (Barros et al., 2015). Segundo Aron e Kennedy (2008), essa classe de compostos fenólicos pode formar complexos com carboidratos e proteínas. A formação de tais complexos, de elevada massa molar, poderia explicar a redução da solubilidade dos filmes com o extrato de semente de açaí. O acréscimo da PVA do FE5 e FE10 pode ter sido ocasionado pela forma em que esses complexos formados se organizam durante a evaporação do solvente e formação dos filmes, que podem ter gerado caminhos favoráveis a permeação do vapor d'água.

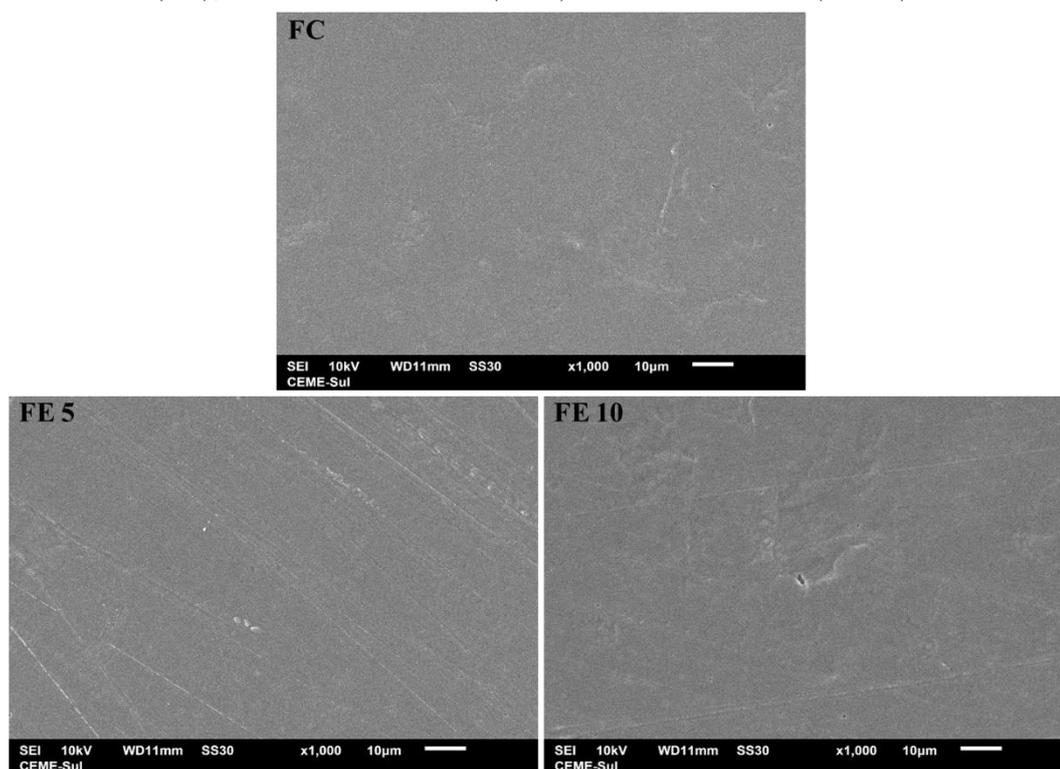
3.1.4 Propriedades microestruturais

A orientação das cadeias poliméricas exerce um forte efeito sobre as propriedades do polímero (BARROS; BRANCIFORTI, 2018). A partir da análise de difratometria de raios-X (DRX) foi possível calcular a cristalinidade relativa (CR) dos filmes (Tabela 1). Os resultados obtidos revelaram que ambos os filmes são predominantemente amorfos, pois a CR destes foi $\leq 24,59$ %, entretanto, a adição do extrato ao filme de farinha de feijão aumentou significativamente a CR dos filmes. O FE10 apresentou CR de 24,59 %, enquanto o FC apresentou CR de 14,01 %. A cristalinidade dos polímeros se deve ao empacotamento que apresentam as cadeias moleculares destes para produzir um arranjo atômico ordenado. Devido à complexidade das moléculas e os tamanhos que estas podem apresentar, os polímeros em geral, são parcialmente cristalinos, possuindo regiões cristalinas dispersas numa matriz amorfa. Essas regiões cristalinas nos polímeros são chamadas cristalitos, os quais se formam quando moléculas grandes se dispõem de forma ordenada. O aumento da cristalinidade nos filmes adicionados de extrato pode ter ocorrido devido a interação entre as proteínas e amido presentes na farinha de feijão e os compostos fenólicos presentes no extrato de semente de açaí. Esta interação gerou complexos de alta massa molar, que possivelmente se dispuseram de forma mais ordenada na matriz, aumentando assim, a sua cristalinidade relativa. Esse aumento é positivo pois quanto mais cristalino for o filme, maior será sua resistência mecânica.

Neste estudo, o filme que apresentou maior CR também apresentou maior resistência à tração. Além disso, os materiais mais amorfos também tendem a ser mais transparentes (PRITCHARD, 1964), corroborando mais uma vez com os resultados encontrados no presente estudo, onde o FC que apresentou ser mais amorfo, também demonstrou maior transparência, como demonstrado na Tabela 1.

A partir das imagens obtidas através do microscópio eletrônico de varredura (MEV), é possível observar (Figura 1) que os filmes com a adição de extrato apresentaram superfície mais irregular quando comparado ao filme controle. Os filmes FE5 e FE10 apresentam o que parecem ser micro poros em sua superfície, o que explicaria o aumento na permeabilidade ao vapor de água observado anteriormente.

Figura 1 - Micrografia do filme de farinha de feijão vermelho sem extrato de semente de açaí (FC), com 5 % de extrato (FE 5) e 10 % de extrato (FE 10)



3.1.5 Atividade antioxidante

A inibição dos radicais DPPH e ABTS foi maior para o extrato de semente de açaí (Tabela 2) quando comparada aos filmes. Os filmes com adição de extrato tiveram um aumento na inibição dos radicais, sendo que, o filme com maior concentração de extrato (FE10) apresentou maior atividade antioxidante quando comparado aos demais.

Melo et al. (2021) identificaram e quantificaram os compostos fenólicos procianidina B1 e B2, catequina e epicatequina no extrato de semente de açaí. O principal composto fenólico encontrado no extrato foi a procianidina B1 (16,08 mg/g), seguida pela catequina (15,66 mg/g), epicatequina (5,32 mg/g) e procianidina B2 (1,49 mg/g). Através de uma comparação com dados da literatura, os autores afirmaram que as sementes de açaí têm um teor mais alto de procianidinas (B1 e B2), catequina e epicatequina do que o cacau, chocolate e casca e sementes de uva. A elevada capacidade de sequestro do radical DPPH e desativação do radical ABTS, foram atribuídas ao alto teor de compostos fenólicos presentes no extrato da semente de açaí, uma vez que a presença de compostos fenólicos está diretamente correlacionada com a atividade antioxidante de uma determinada amostra.

Tabela 2 - Resultados de inibição do radical DPPH e ABTS pelo extrato de semente de açaí, filme controle (FC), filme com 5 % de extrato (FE5) e filme com 10 % de extrato (FE10)

	DPPH (%)	ABTS (%)
Extrato de semente de açaí	73,4 ± 0,5 ^a	83,5 ± 0,6 ^a
FC	24,1 ± 0,1 ^c	33,0 ± 0,8 ^d
FE5	25,8 ± 0,8 ^c	52,2 ± 0,7 ^c
FE10	30,8 ± 0,7 ^b	57,9 ± 0,7 ^b

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

Por se tratar de um composto natural, obtido de resíduos, ser de fácil obtenção, baixo custo e de elevada atividade antioxidante, o extrato de semente de açaí se torna um material atrativo, pois, os filmes adicionados deste extrato podem ser considerados filmes ativos, que, ao entrar em contato com o alimento, vão desenvolver uma interação capaz de reduzir ou evitar alterações oxidativas, aumentando assim, sua vida útil.

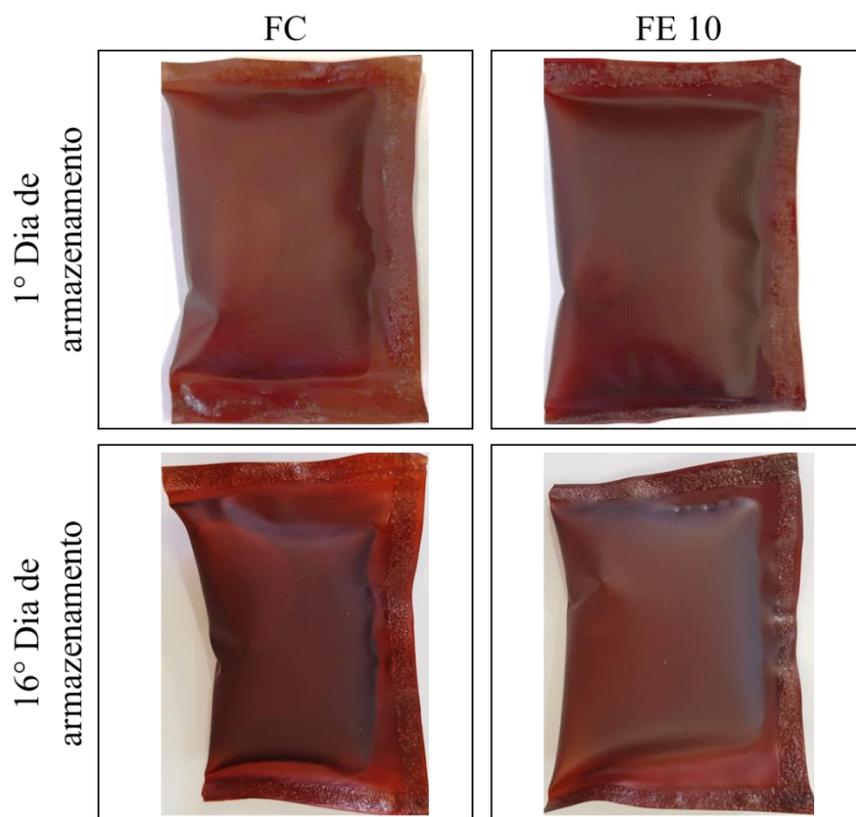
O filme controle também apresentou inibição dos radicais, apesar de ter sido baixa. Essa inibição pode ter ocorrido em função dos compostos fenólicos presentes no feijão vermelho, pois essa atividade foi relada por Telles, Kupski e Furlong (2017), que verificaram que o feijão vermelho possui maior atividade antioxidante quando comparado aos feijões de outras variedades. Como o processo de obtenção do filme utiliza temperaturas elevadas, grande parte dessa atividade é perdida, entretanto, uma parte foi mantida, como demonstram os resultados.

3.2 DESENVOLVIMENTO DA EMBALAGEM E AVALIAÇÃO QUÍMICA DO AZEITE

De acordo com a Legislação brasileira (RDC n° 270, 2005) (BRASIL, 2005), que é baseada no *Codex Alimentarius Commission* – FAO/ WHO (CODEX STAN 33-1981, 2015), os azeites virgens são os óleos obtidos do fruto da oliveira por processos mecânicos ou outros meios físicos sob condições que não levem a alterações no óleo, e que não tenham sido submetidos a nenhum tratamento diferente de lavagem, decantação, centrifugação e filtração. Os parâmetros de qualidade preconizados pelas legislações acima citadas definem os requisitos específicos para o azeite de oliva virgem: acidez máxima de 2,0 g/100 g em ácido oleico, índice de peróxidos máximo de 20 meq O₂/kg azeite e índice de refração de 1.4677 a 1.4705.

Com base na Figura 2 e nos resultados da avaliação química do azeite, é possível afirmar que as embalagens termo seladas acondicionaram o azeite de forma satisfatória durante o período de teste de forno *Schadaal*, demonstrando boa estabilidade a 60 °C.

Figura 2 - Imagens das embalagens de farinha de feijão vermelho sem extrato (FC) e com extrato (FE 10) no início e fim do armazenamento



A principal forma de deterioração dos óleos consiste na oxidação, que ocorre quando o oxigênio atmosférico é dissolvido no óleo e reage com os ácidos graxos insaturados,

que são mais reativos quanto maior for o número de insaturações em suas cadeias. Este é um processo natural (autooxidação) e a taxa de deterioração dependerá da quantidade de antioxidantes presentes (LOLIS; BADEKA; KONTOMINAS, 2020). Além de interferir na deterioração do sabor e odor do azeite e/ou de alimentos que contenham gorduras, os compostos formados durante o processo de oxidação são altamente reativos e, ao ser ingeridos, podem interagir com proteínas, membranas e enzimas, podendo afetar funções celulares vitais, sendo associados a doenças como câncer, derrames, arteriosclerose, inflamação e o processo de envelhecimento. O uso de antioxidantes pode retardar esses processos e, conseqüentemente seus possíveis danos à saúde (FRANKEL, 1984, 1991, 2009).

Os valores dos parâmetros de qualidade do azeite são dados em função do tempo de armazenamento e da embalagem utilizada. Os resultados (Tabela 3) apresentam que, ao final do teste de forno *Schadaal*, o azeite armazenado na embalagem controle excedeu o limite máximo de acidez ($\leq 2,0$ %) permitido pela legislação. As amostras embaladas nos sachês de farinha de feijão com e sem extrato de semente de açaí, apresentaram valores dentro do limite permitido, porém, não houve diferença estatística entre as embalagens. Um elevado índice de acidez indica que está ocorrendo quebra nas cadeias dos triacilgliceróis do azeite, liberando seus constituintes principais, os ácidos graxos livres, e por esse motivo, estes valores são de extrema importância na avaliação da qualidade do produto (SAGLAM et al., 2014). Uma vez que a amostra de azeite armazenada na embalagem FE 10 apresentou valores de acidez dentro do permitido pela legislação, pode-se afirmar que a embalagem manteve a qualidade do azeite.

O índice de peróxido (IP) é o método que expressa o estado inicial de oxidação do azeite (MELLO; PINHEIRO, 2012). Em nenhuma das amostras analisadas excedeu o valor máximo de peróxido ao final do teste de forno *Schadaal* (16 dias a 60 °C), entretanto, houve um aumento significativo dos valores do dia zero para o quarto dia de armazenamento, de 5,2 mEq O₂ kg⁻¹ para 13 mEq O₂ kg⁻¹ de azeite. Do oitavo ao décimo sexto dia, o aumento nos valores de IP foi menor, sendo que, a amostra acondicionada no sachê de farinha de feijão com extrato de semente de açaí apresentou o menor IP (17 mEq O₂ kg⁻¹) quando comparada as demais amostras. Esses dados mostram que o extrato de semente de açaí presente na embalagem de farinha de feijão promoveu uma redução na velocidade de oxidação do azeite, mantendo o IP abaixo do limite, enquanto a amostra armazenada no frasco âmbar chegou ao limite de IP no final do período de avaliação.

O índice de refração apresenta valores característicos para cada tipo de óleo e está relacionado com o grau de saturação das ligações, compostos de oxidação e tratamento térmico. Este índice aumenta com o aumento do número de duplas ligações conjugadas e com o tamanho

da cadeia hidrocarbonada. Além disso, valores altos do índice de refração podem indicar a presença de possíveis impurezas no óleo (MELLO; PINHEIRO, 2012).

Tabela 3 - Parâmetros de qualidade do azeite de oliva acondicionado em frascos âmbar (controle), sachês de filmes de farinha de feijão vermelho (FC) e sachês de filmes de farinha de feijão vermelho com 10 % de extrato de açaí (FE 10) armazenados em estufa por 16 dias

Índice de acidez % (ácido oleico)					
Tratamentos	Dia 0	Dia 4	Dia 8	Dia 12	Dia 16
Controle	0,45 ± 0,01 ^{Ab}	2,37 ± 0,19 ^{Aa}	2,12 ± 0,24 ^{Aa}	2,06 ± 0,24 ^{Aa}	2,31 ± 0,09 ^{Aa}
FC	0,45 ± 0,01 ^{Ac}	1,58 ± 0,04 ^{Bb}	1,81 ± 0,06 ^{ABb}	1,63 ± 0,04 ^{Bb}	1,97 ± 0,38 ^{Aa}
FE 10	0,45 ± 0,01 ^{Ac}	1,68 ± 0,01 ^{Bb}	1,69 ± 0,04 ^{Bb}	1,67 ± 0,13 ^{Bb}	2,00 ± 0,05 ^{Aa}
Índice de peróxidos (mEq O₂ kg⁻¹)					
Controle	5,18 ± 0,01 ^{Ad}	15,55 ± 0,18 ^{Ac}	18,13 ± 0,14 ^{Ab}	18,12 ± 0,14 ^{Ab}	19,33 ± 0,71 ^{Aa}
FC	5,18 ± 0,01 ^{Ac}	14,00 ± 0,47 ^{Bb}	17,15 ± 0,22 ^{Ba}	17,42 ± 0,61 ^{Aa}	18,42 ± 0,68 ^{ABa}
FE 10	5,18 ± 0,01 ^{Ac}	12,98 ± 0,15 ^{Cb}	17,08 ± 0,15 ^{Ba}	17,40 ± 0,12 ^{Aa}	17,11 ± 0,12 ^{Ba}
Índice de refração					
Controle	1,4679 ± 0,0001 ^{Aa}	1,4681 ± 0,0001 ^{Aa}	1,4678 ± 0,0001 ^{Ba}	1,4674 ± 0,0001 ^{Bb}	1,4667 ± 0,0001 ^{Bc}
FC	1,4679 ± 0,0001 ^{Ab}	1,4680 ± 0,0001 ^{Aab}	1,4681 ± 0,0001 ^{Aa}	1,4681 ± 0,0001 ^{Aa}	1,4679 ± 0,0001 ^{Ab}
FE 10	1,4679 ± 0,0001 ^{Ab}	1,4681 ± 0,0001 ^{Aa}	1,4681 ± 0,0001 ^{Aa}	1,4681 ± 0,0001 ^{Aa}	1,4681 ± 0,0001 ^{Aa}

Letras maiúsculas diferentes nas mesmas colunas indicam diferença estatística ($p < 0,05$) entre os tratamentos; Letras minúsculas diferentes nas mesmas linhas indicam diferença estatística ($p < 0,05$) entre os dias de armazenamento (linhas).

De acordo com o *Codex Alimentarius Commission* o índice de refração do azeite virgem deve estar entre 1.4677 e 1.4705. Apesar de ter ocorrido um leve aumento nos valores deste índice no final do período de armazenamento nas embalagens FC e FE 10, todas as amostras ficaram dentro dos limites preconizados pela legislação.

Diante dos resultados obtidos neste estudo, é possível afirmar que as embalagens biodegradáveis conservaram a qualidade do azeite de oliva, pois todos os valores obtidos nas avaliações realizadas ficaram dentro da faixa de valores exigidas pela legislação. Além disso, a embalagem com extrato de semente de açaí apresentou maior proteção da qualidade do azeite, desta forma, a semente de açaí se torna um potencial antioxidante natural que poderia ser utilizado na conservação de óleos e/ou produtos alimentares gordurosos. Com isso, além de agregar valor a um resíduo agroindustrial ainda inexplorado, pode-se reduzir o impacto ambiental causado pelo processamento industrial do açaí.

4 CONCLUSÃO

Com base nos dados obtidos neste estudo, pode-se afirmar que é possível o desenvolvimento de filmes biodegradáveis ativos a partir da farinha de feijão vermelho. O extrato de semente de açaí apresentou elevada atividade antioxidante, tanto para o radical DPPH (73 %) quanto para o radical ABTS (83 %). A adição do extrato de semente de açaí aos filmes melhorou suas propriedades mecânicas, reduziu a solubilidade, aumentou a cristalinidade relativa e reduziu a transparência. Além disso, os filmes apresentaram atividade antioxidante maior quanto maior foi a concentração de extrato adicionada aos mesmos. Essa influência positiva do extrato nas propriedades dos filmes possibilitou o acondicionamento de azeite de oliva virgem em embalagens produzidas a partir do filme de farinha de feijão vermelho com 10 % de extrato de semente de açaí e sem extrato de açaí. As embalagens biodegradáveis apresentaram um efeito protetivo do azeite, uma vez que, ao final do tempo de armazenamento, o azeite acondicionado na embalagem controle apresentou características que indicavam um processo de oxidação mais avançado, quando comparado com o azeite acondicionado nas embalagens de farinha de feijão vermelho.

Os resultados obtidos até aqui sugerem a descoberta de uma embalagem biodegradável e antioxidante que pode ser utilizada para o acondicionamento de azeite, mantendo a qualidade do produto embalado, entretanto, mais estudos devem ser realizados para assegurar a qualidade do azeite em função do tempo de armazenamento, visto que, o azeite de oliva possui uma vida útil média de dois anos.

5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOSTA, S.; CHIRALT, A.; SANTAMARINA, P.; ROSELLO, J.; GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, C.; CHÁFER, M. Antifungal films based on starch-gelatin blend, containing essential oils. **Food Hydrocolloids**, v. 61, p. 233–240, dez. 2016.
- ALTAN, A.; AYTAC, Z.; UYAR, T. Carvacrol loaded electrospun fibrous films from zein and poly(lactic acid) for active food packaging. **Food Hydrocolloids**, v. 81, p. 48–59, ago. 2018.
- ALVES-SILVA, J. M.; DIAS DOS SANTOS, S. M.; PINTADO, M. E.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J. A.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; VIUDA-MARTOS, M. Chemical composition and in vitro antimicrobial, antifungal and antioxidant properties of essential oils obtained from some herbs widely used in Portugal. **Food Control**, v. 32, n. 2, p. 371–378, 2013.
- AMIN, U.; KHAN, M. U.; MAJEED, Y.; REBEZOV, M.; KHAYRULLIN, M.; BOBKOVA, E.; SHARIATI, M. A.; CHUNG, I. M.; THIRUVENGADAM, M. Potentials of polysaccharides, lipids and proteins in biodegradable food packaging applications. **International Journal of Biological Macromolecules**, maio 2021.
- ANDRADE-MAHECHA, M. M.; TAPIA-BLÁCIDO, D. R.; MENEGALLI, F. C. Development and optimization of biodegradable films based on achira flour. **Carbohydrate Polymers**, v. 88, p. 449–458, 2012.
- ANDRADE-MOLINA, T. P. DE C.; SHIRAI, M. A.; GROSSMANN, M. V. E.; YAMASHITA, F. Active biodegradable packaging for fresh pasta. **LWT - Food Science and Technology**, v. 54, n. 1, p. 25–29, nov. 2013.
- ANGIOLILLO, L.; CONTE, A.; DEL NOBILE, M. A. Packaging and Shelf Life of Produce. In: **Reference Module in Food Science**. [s.l.] Elsevier, 2016. p. 1–9.
- AOAC. Official Methods of Analysis**. 17th. ed. Washington, D. C.: [s.n.].
- ARON, P. M.; KENNEDY, J. A. Flavan-3-ols: Nature, occurrence and biological activity. **Molecular Nutrition & Food Research**, v. 52, p. 79–104, jan. 2008.
- ARQUELAU, P. B. DE F.; SILVA, V. D. M.; GARCIA, M. A. V. T.; ARAÚJO, R. L. B. DE; FANTE, C. A. Characterization of edible coatings based on ripe “Prata” banana peel flour. **Food Hydrocolloids**, v. 89, p. 570–578, abr. 2019.
- ASHRAFI, A.; JOKAR, M.; MOHAMMADI NAFCHI, A. Preparation and characterization of biocomposite film based on chitosan and kombucha tea as active food packaging. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 108, p. 444–454, mar. 2018.
- ASSIS, R. Q.; PAGNO, C. H.; STOLL, L.; RIOS, P. D.; RIOS, A. DE O.; OLIVERA, F. C. Active food packaging of cellulose acetate: Storage stability, protective effect on oxidation of riboflavin and release in food simulants. **Food Chemistry**, v. 349, n. February, p. 129140, jul. 2021.

ASTM. Standard test methods for tensile properties of thin plastic sheeting, D882-02. In: Annual Book of ASTM Standards. American Society for Testing and Materials. Philadelphia: [s.n.].

ASTM. Standard test methods for water vapor transmission of material, E96-00. In: Annual Book of ASTM Standards. American Society for Testing and Materials. Philadelphia: [s.n.].

BARROS, L.; CALHELHA, R. C.; QUEIROZ, M. J. R. P.; SANTOS-BUELGA, C.; SANTOS, E. A.; REGIS, W. C. B.; FERREIRA, I. C. F. R. The powerful in vitro bioactivity of *Euterpe oleracea* Mart. seeds and related phenolic compounds. **Industrial Crops and Products**, v. 76, p. 318–322, dez. 2015.

BARROS, R. M.; BRANCIFORTI, M. C. Correlação entre orientação molecular, cristalinidade e permeabilidade de filmes biaxialmente orientados de polietileno linear de baixa densidade. **Revista Matéria**, v. 23, n. 1, 5 mar. 2018.

BASHIR, A.; JABEEN, S.; GULL, N.; ISLAM, A.; SULTAN, M.; GHAFAR, A.; KHAN, S. M.; IQBAL, S. S.; JAMIL, T. Co-concentration effect of silane with natural extract on biodegradable polymeric films for food packaging. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 106, p. 351–359, 2017.

BEM, G. F. DE; DA COSTA, C. A.; DA SILVA CRISTINO CORDEIRO, V.; SANTOS, I. B.; DE CARVALHO, L. C. R. M.; DE ANDRADE SOARES, R.; RIBEIRO, J. H.; DE SOUZA, M. A. V.; DA CUNHA SOUSA, P. J.; OGNIBENE, D. T.; RESENDE, A. C.; DE MOURA, R. S. *Euterpe oleracea* Mart. (açai) seed extract associated with exercise training reduces hepatic steatosis in type 2 diabetic male rats. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 52, p. 70–81, fev. 2018.

BENBETTAÏEB, N.; GAY, J. P.; KARBOWIAK, T.; DEBEAUFORT, F. Tuning the Functional Properties of Polysaccharide–Protein Bio-Based Edible Films by Chemical, Enzymatic, and Physical Cross-Linking. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 15, n. 4, p. 739–752, 2016.

BHARGAVA, N.; SHARANAGAT, V. S.; MOR, R. S.; KUMAR, K. Active and intelligent biodegradable packaging films using food and food waste-derived bioactive compounds: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 105, n. July, p. 385–401, nov. 2020.

BONILLA, J.; SOBRAL, P. J. A. Investigation of the physicochemical, antimicrobial and antioxidant properties of gelatin-chitosan edible film mixed with plant ethanolic extracts. **Food Bioscience**, v. 16, p. 17–25, dez. 2016.

BORNEO, R.; ALBA, N.; AGUIRRE, A. New films based on triticale flour: Properties and effects of storage time. **Journal of Cereal Science**, v. 68, p. 82–87, 2016a.

BRASIL. ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 270, de 22 de setembro de 2005. Regulamento Técnico para Óleos Vegetais, Gorduras Vegetais e Creme Vegetal D.O.U. - Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 23 de setembro de 2005, 2005.

BRITO, T. B.; CARRAJOLA, J. F.; GONÇALVES, E. C. B. A.; MARTELLI-TOSI, M.; FERREIRA, M. S. L. Fruit and vegetable residues flours with different granulometry range as raw material for pectin-enriched biodegradable film preparation. **Food Research International**, v. 121, p. 412–421, jul. 2019.

BUJOK, S.; PETER, J.; HALECKÝ, M.; ECORCHARD, P.; MACHÁLKOVÁ, A.; SANTOS MEDEIROS, G.; HODAN, J.; PAVLOVA, E.; BENEŠ, H. Sustainable microwave synthesis of biodegradable active packaging films based on polycaprolactone and layered ZnO nanoparticles. **Polymer Degradation and Stability**, v. 190, p. 109625, ago. 2021.

BURATTO, R. T.; HOYOS, E. G.; COCERO, M. J.; MARTÍN, Á. Impregnation of açai residue extracts in silica-aerogel. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 146, p. 120–127, abr. 2019.

BURATTO, R. T.; CHINCHILLA, M. I. .; COCERO, M. J.; MARTÍN, Á. Formulation of açai (*E. oleracea Mart.*) Pulp and seeds extracts by co-precipitation in Supercritical Antisolvent (SAS) technology. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 169, p. 105090, fev. 2021.

CAMPOS-REQUENA, V. H.; RIVAS, B. L.; PÉREZ, M. A.; GARRIDO-MIRANDA, K. A.; PEREIRA, E. D. Polymer / clay nanocomposite films as active packaging material : Modeling of antimicrobial release. **European Polymer Journal**, v. 71, p. 461–475, 2015.

CAPPA, C.; KELLY, J. D.; NG, P. K. W. Seed characteristics and physicochemical properties of powders of 25 edible dry bean varieties. **Food Chemistry**, v. 253, p. 305–313, jul. 2018.

CARISSIMI, M.; FLÔRES, S. H.; RECH, R. Effect of microalgae addition on active biodegradable starch film. **Algal Research**, v. 32, p. 201–209, jun. 2018.

CARVALHO, A. V.; BASSINELLO, P. Z.; MATTIETTO, R. DE A.; CARVALHO, R. N.; RIOS, A. DE O.; SECCADIO, L. L. Processamento e caracterização de snack extrudado a partir de farinhas de quirera de arroz e de bandinha de feijão. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 15, n. 1, p. 72–83, mar. 2012.

CHENG, J.; WANG, H.; KANG, S.; XIA, L.; JIANG, S.; CHEN, M.; JIANG, S. An active packaging film based on yam starch with eugenol and its application for pork preservation. **Food Hydrocolloids**, v. 96, n. March, p. 546–554, nov. 2019.

CHOI, I.; LEE, S. E.; CHANG, Y.; LACROIX, M.; HAN, J. Effect of oxidized phenolic compounds on cross-linking and properties of biodegradable active packaging film composed of turmeric and gelatin. **LWT - Food Science and Technology**, v. 93, n. March, p. 427–433, jul. 2018.

CHOI, W.-S.; LEE, S.-E.; LEE, H.-S.; LEE, Y.-H.; PARK, B.-S. Antioxidative activities of methanol extraxvts of tropical and oriental medicinal plants. **Agricultural Chemistry and Biotechnology**, v. 41, n. 7, p. 556–559, 1998.

CODEX STAN 33-1981. **Standard for Olive Oils and Olive Pomace Oils** CODEX ALIMENTARIUS - INTERNATIONAL FOOD STANDARDS, 2015. Disponível em:

<http://www.oliva.org.br/wp-content/uploads/2016/11/codex-stan-33-1981.pdf>. Acesso: 13 de abril de 2021, 13h 59 min.

CONAB. Açai (fruto). Análise Mensal Março 2019. **Análise Mensal**, 2019.

CONAB, 2018. Perspectivas para a agropecuária / Companhia Nacional de Abastecimento – v.1– Brasília : Conab, 2018- Disponível em: <http://www.conab.gov.br>

CUI, H.; SURENDRHIRAN, D.; LI, C.; LIN, L. Biodegradable zein active film containing chitosan nanoparticle encapsulated with pomegranate peel extract for food packaging. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 24, n. April, p. 100511, jun. 2020.

DAUDT, R. M. .; AVENA-BUSTILLOS, R. J. .; WILLIAMS, T.; WOOD, D. F. .; KÜLKAMP-GUERREIRO, I. C. .; MARCZAK, L. D. F. .; MCHUGH, T. H. Comparative study on properties of edible films based on pinhão (*Araucaria angustifolia*) starch and flour. **Food Hydrocolloids**, v. 60, p. 279–287, out. 2016.

DEL NOBILE, M. A.; CONTE, A. **Packaging for Food Preservation**. New York, NY: Springer New York, 2013.

DIÉGUEZ, M. C. V.; PELISSARI, F. M.; SOBRAL, P. J. DO A.; MENEGALLI, F. C. Effect of process conditions on the production of nanocomposite films based on amaranth flour and montmorillonite. **LWT - Food Science and Technology**, v. 61, n. 1, p. 70–79, abr. 2015.

DRAKOS, A.; PELAVA, E.; EVAGELIOU, V. Properties of flour films as affected by the flour's source and particle size. **Food Research International**, v. 107, p. 551–558, maio 2018.

DU, M.; XIE, J.; GONG, B.; XU, X.; TANG, W.; LI, X.; LI, C.; XIE, M. Extraction, physicochemical characteristics and functional properties of Mung bean protein. **Food Hydrocolloids**, v. 76, p. 131–140, mar. 2018.

EHSANI, A.; HASHEMI, M.; AFSHARI, A.; AMINZARE, M.; RAEISI, M.; ZEINALI, T. Effect of different types of active biodegradable films containing lactoperoxidase system or sage essential oil on the shelf life of fish burger during refrigerated storage. **LWT - Food Science and Technology**, v. 117, n. September, p. 108633, jan. 2020.

ENUJIUGHA, V. N.; OYINLOYE, A. M. Protein-Lipid Interactions and the Formation of Edible Films and Coatings. In: **Encyclopedia of Food Chemistry**. Elsevier I ed. Akure: Elsevier, 2019. v. 2p. 478–482.

ESPOSTO, S.; SELVAGGINI, R.; TATICCHI, A.; VENEZIANI, G.; SORDINI, B.; SERVILI, M. Quality evolution of extra-virgin olive oils according to their chemical composition during 22 months of storage under dark conditions. **Food Chemistry**, v. 311, n. December 2019, p. 126044, maio 2020.

ESPOSTO, S.; TATICCHI, A.; SERVILI, M.; URBANI, S.; SORDINI, B.; VENEZIANI, G.; DAIDONE, L.; SELVAGGINI, R. Overall quality evolution of extra virgin olive oil exposed to light for 10 months in different containers. **Food Chemistry**, v. 351, n. December 2020, p. 129297, jul. 2021.

EUROPE, P. **Plastics – the Facts 2020**. Disponível em:

<<https://www.plasticseurope.org/en/resources/publications/4312-plastics-facts-2020>>.

FAN, J.-M.; MA, W.; LIU, G.-Q.; YIN, S.-W.; TANG, C.-H.; YANG, X.-Q. Preparation and characterization of kidney bean protein isolate (KPI)–chitosan (CH) composite films prepared by ultrasonic pretreatment. **Food Hydrocolloids**, v. 36, p. 60–69, maio 2014.

FAN, Y. VAN; JIANG, P.; HEMZAL, M.; KLEMESŠ, J. J. An update of COVID-19 influence on waste management. **Science of The Total Environment**, v. 754, n. January, p. 142014, fev. 2021.

FARIAS, P. M. DE; VASCONCELOS, L. B. DE; FERREIRA, M. E. S.; PASCALL, M.; TAPIA-BLÁCIDO, D. R. Nopal cladode (*Opuntia ficus-indica*) flour: Production, characterization, and evaluation for producing bioactive film. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 29, n. June, p. 100703, set. 2021.

FERREIRA, C. D.; ZIEGLER, V.; LINDEMANN, I. DA S.; HOFFMANN, J. F.; VANIER, N. L.; OLIVEIRA, M. DE. Quality of black beans as a function of long-term storage and moldy development: Chemical and functional properties of flour and isolated protein. **Food Chemistry**, v. 246, p. 473–480, abr. 2018a.

FERREIRA, R. R.; SOUZA, A. G.; ROSA, D. S. Essential oil-loaded nanocapsules and their application on PBAT biodegradable films. **Journal of Molecular Liquids**, v. 337, p. 116488, set. 2021.

FERREIRA, A. R. V; BANDARRA, N. M.; MOLDÃO-MARTINS, M.; COELHO, I. M.; ALVES, V. D. FucoPol and chitosan bilayer films for walnut kernels and oil preservation. **LWT - Food Science and Technology**, 2018b.

FILIPINI, G. DA S.; ROMANI, V. P.; MARTINS, V. G. Biodegradable and active-intelligent films based on methylcellulose and jambolão (*Syzygium cumini*) skins extract for food packaging. **Food Hydrocolloids**, v. 109, n. May, p. 106139, dez. 2020.

FRANCO, D.; RODRÍGUEZ-AMADO, I.; AGREGÁN, R.; MUNEKATA, P. E. S.; VÁZQUEZ, J. A.; BARBA, F. J.; LORENZO, J. M. Optimization of antioxidants extraction from peanut skin to prevent oxidative processes during soybean oil storage. **LWT - Food Science and Technology**, v. 88, p. 1–8, fev. 2018.

FRANEKER, J. A. VA.; LAW, K. L. Seabirds, gyres and global trends in plastic pollution. **Environmental Pollution**, v. 203, p. 89–96, ago. 2015.

FRANKEL, E. N. Lipid oxidation: Mechanisms, products and biological significance. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 61, n. 12, p. 1908–1917, dez. 1984.

FRANKEL, E. N. Review. Recent advances in lipid oxidation. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 54, n. 4, p. 495–511, 1991.

FRANKEL, E. N. Lipid Oxidation. In: **Advanced Dairy Chemistry Volume 2 Lipids**. Boston, MA: Springer US, 2009. v. 2p. 557–600.

FRIESEN, K.; CHANG, C.; NICKERSON, M. Incorporation of phenolic compounds, rutin and epicatechin, into soy protein isolate films: Mechanical, barrier and cross-linking properties. **Food Chemistry**, v. 172, p. 18–23, abr. 2015.

GALARZA, C.; MARIA, T.; COSTA, H.; OLIVEIRA, A. DE; HICKMANN, S. Comparative study on the properties of films based on red rice (*Oryza glaberrima*) flour and starch. **Food Hydrocolloids**, v. 65, p. 96–106, 2017.

GHADERI, J.; HOSSEINI, S. F.; KEYVANI, N.; GÓMEZ-GUILLÉN, M. C. Polymer blending effects on the physicochemical and structural features of the chitosan/poly(vinyl alcohol)/fish gelatin ternary biodegradable films. **Food Hydrocolloids**, v. 95, p. 122–132, out. 2019.

GONTARD, N.; DUCHEZ, C.; CUQ, J. L.; GILBERT, S. Edible composite films of wheat and lipids: water vapor permeability and other physical properties. **International Journal of Food Science Technology**, v. 29, p. 39–50, 1994.

GONZÁLEZ, A.; STRUMIA, M. C.; ALVAREZ IGARZABAL, C. I. Cross-linked soy protein as material for biodegradable films: Synthesis, characterization and biodegradation. **Journal of Food Engineering**, v. 106, n. 4, p. 331–338, out. 2011.

GOULAS, V.; HADJIVASILEIOU, L.; PRIMIKYRI, A.; MICHAEL, C.; BOTSARIS, G.; TZAKOS, A. G.; GEROTHANASSIS, I. P. Valorization of carob fruit residues for the preparation of novel bi-functional polyphenolic coating for food packaging applications. **Molecules**, v. 24, n. 17, p. 3162, 30 ago. 2019.

GUTIÉRREZ, T. J.; GUZMÁN, R.; MEDINA JARAMILLO, C.; FAMÁ, L. Effect of beet flour on films made from biological macromolecules: Native and modified plantain flour. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 82, p. 395–403, jan. 2016a.

GUTIÉRREZ, T. J.; SUNIAGA, J.; MONSALVE, A.; GARCÍA, N. L. Influence of beet flour on the relationship surface-properties of edible and intelligent films made from native and modified plantain flour. **Food Hydrocolloids**, v. 54, p. 234–244, mar. 2016b.

GUTIÉRREZ, T. J. Are modified pumpkin flour/plum flour nanocomposite films biodegradable and compostable? **Food Hydrocolloids**, v. 83, p. 397–410, out. 2018.

GUTIÉRREZ, T. J.; ALVAREZ, V. A. Eco-friendly films prepared from plantain flour/PCL blends under reactive extrusion conditions using zirconium octanoate as a catalyst. **Carbohydrate Polymers**, v. 178, p. 260–269, dez. 2017.

HAQUE, M. S.; UDDIN, S.; SAYEM, S. M.; MOHIB, K. M. Coronavirus disease 2019 (COVID-19) induced waste scenario: A short overview. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 9, n. 1, p. 104660, fev. 2021.

HASSAN, B.; CHATHA, S. A. S.; HUSSAIN, A. I.; ZIA, K. M.; AKHTAR, N. Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: A review. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 109, p. 1095–1107, abr. 2018.

HE, D.; LUO, Y.; LU, S.; LIU, M.; SONG, Y.; LEI, L. Microplastics in soils : Analytical

methods , pollution characteristics and ecological risks. **Trends in Analytical Chemistry**, v. 109, p. 163-172, 2018.

HEIDBREDER, L. M.; BABLOK, I.; DREWS, S.; MENZEL, C. Tackling the plastic problem: A review on perceptions, behaviors, and interventions. **Science of The Total Environment**, v. 668, p. 1077–1093, jun. 2019.

HORTON, A. A.; WALTON, A.; SPURGEON, D. J.; LAHIVE, E.; SVENDSEN, C. Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities. **Science of The Total Environment**, v. 586, p. 127–141, maio 2017.

JARAMILLO, C. M.; GUTIÉRREZ, T. J.; GOYANES, S.; BERNAL, C.; FAMÁ, L. Biodegradability and plasticizing effect of yerba mate extract on cassava starch edible films. **Carbohydrate Polymers**, v. 151, p. 150–159, 2016.

KABIR, E.; KAUR, R.; LEE, J.; KIM, K.-H.; KWON, E. E. Prospects of biopolymer technology as an alternative option for non-degradable plastics and sustainable management of plastic wastes. **Journal of Cleaner Production**, v. 258, p. 120536, jun. 2020.

KALPANA, S.; PRIYADARSHINI, S. R.; MARIA LEENA, M.; MOSES, J. A.; ANANDHARAMAKRISHNAN, C. Intelligent packaging: Trends and applications in food systems. **Trends in Food Science & Technology**, v. 93, n. September, p. 145–157, nov. 2019.

KAN, L.; NIE, S.; HU, J.; WANG, S.; CUI, S. W.; LI, Y.; XU, S.; WU, Y.; WANG, J.; BAI, Z.; XIE, M. Nutrients, phytochemicals and antioxidant activities of 26 kidney bean cultivars. **Food and Chemical Toxicology**, v. 108, p. 467–477, out. 2017.

KARBOWIAK, T.; DEBEAUFORT, F.; CHAMPION, D.; VOILLEY, A. Wetting properties at the surface of iota-carrageenan-based edible films. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 294, n. 2, p. 400–410, fev. 2006.

KLEMEŠ, J. J.; FAN, Y. VAN; TAN, R. R.; JIANG, P. Minimising the present and future plastic waste, energy and environmental footprints related to COVID-19. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 127, n. January, p. 109883, jul. 2020.

KRSTIĆ, M.; RADOJEVIĆ, M.; STOJANOVIĆ, D.; RADOJEVIĆ, V.; USKOKOVIĆ, P.; IBRIĆ, S. Formulation and characterization of nanofibers and films with carvedilol prepared by electrospinning and solution casting method. **European Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 101, p. 160–166, 2017.

KUMAR, S.; CHATURVEDI, K.; KUMAR, S. Evaluation of structural integrity and functionality of commercial pectin based edible films incorporated with corn flour, beetroot, orange peel, muesli and rice flour. **Food Hydrocolloids**, v. 91, p. 127–135, 2019.

LAORENZA, Y.; HARNKARNSUJARIT, N. Carvacrol, citral and α -terpineol essential oil incorporated biodegradable films for functional active packaging of Pacific white shrimp. **Food Chemistry**, p. 130252, maio 2021.

LAW, K.-Y. Definitions for hydrophilicity, hydrophobicity, and superhydrophobicity: getting the basics right. **The Journal of Physical Chemistry Letters**, v. 5, n. 4, p. 686–688, 20 fev. 2014.

LEAL FILHO, W.; SAARI, U.; FEDORUK, M.; IITAL, A.; MOORA, H.; KLÖGA, M.; VORONOVA, V. An overview of the problems posed by plastic products and the role of extended producer responsibility in Europe. **Journal of Cleaner Production**, v. 214, p. 550–558, mar. 2019.

LEBLANC, N.; SAIHAH, R.; BEUCHER, E.; GATTIN, R.; CASTANDET, M.; SAITER, J. Structural investigation and thermal stability of new extruded wheat flour based polymeric materials. **Carbohydrate Polymers**, v. 73, n. 4, p. 548–557, set. 2008.

LIAN, H.; SHI, J.; ZHANG, X.; PENG, Y. Effect of the added polysaccharide on the release of thyme essential oil and structure properties of chitosan based film. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 23, n. 61, p. 100467, mar. 2020.

LIMA, K. O.; BIDUSKI, B.; SILVA, W. M. F. DA; FERREIRA, S. M.; MONTENEGRO, L. M. P.; DIAS, A. R. G.; BIANCHINI, D. Incorporation of tetraethylorthosilicate (TEOS) in biodegradable films based on bean starch (*Phaseolus vulgaris*). **European Polymer Journal**, v. 89, p. 162–173, abr. 2017.

LOLIS, A.; BADEKA, A. V.; KONTOMINAS, M. G. Quality retention of extra virgin olive oil, Koroneiki cv. packaged in bag-in-box containers under long term storage: A comparison to packaging in dark glass bottles. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 26, p. 100549, dez. 2020.

LONG, N. N. VAN; JOLY, C.; DANTIGNY, P. International Journal of Food Microbiology Active packaging with antifungal activities. **International Journal of Food Microbiology**, v. 220, p. 73–90, 2016.

LOS, F. G. B.; ZIELINSKI, A. A. F.; WOJEICCHOWSKI, J. P.; NOGUEIRA, A.; DEMIATE, I. M. Beans (*Phaseolus vulgaris* L.): whole seeds with complex chemical composition. **Current Opinion in Food Science**, v. 19, p. 63–71, fev. 2018.

LUNA-VITAL, D. A.; MOJICA, L.; GONZÁLEZ DE MEJÍA, E.; MENDOZA, S.; LOARCA-PIÑA, G. Biological potential of protein hydrolysates and peptides from common bean (*Phaseolus vulgaris* L.): A review. **Food Research International**, v. 76, p. 39–50, out. 2015.

MA, W.; TANG, C.-H.; YANG, X.-Q.; YIN, S.-W. Fabrication and characterization of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) protein isolate–chitosan composite films at acidic pH. **Food Hydrocolloids**, v. 31, p. 237–247, jun. 2013.

MALIZIA, A.; MONMANY-GARZIA, A. C. Terrestrial ecologists should stop ignoring plastic pollution in the Anthropocene time. **Science of The Total Environment**, v. 668, p. 1025–1029, jun. 2019.

MANGARAJ, S.; YADAV, A.; BAL, L. M.; DASH, S. K.; MAHANTI, N. K. Application of biodegradable polymers in food packaging industry: a comprehensive review. **Journal of**

Packaging Technology and Research, v. 3, n. 1, p. 77–96, 29 mar. 2019.

MARAN, J. P.; SIVAKUMAR, V.; THIRUGNANASAMBANDHAM, K.; SRIDHAR, R. Degradation behavior of biocomposites based on cassava starch buried under indoor soil conditions. **Carbohydrate Polymers**, v. 101, p. 20–28, jan. 2014.

MARES, E. K. L.; GONÇALVES, M. A.; DA LUZ, P. T. S.; DA ROCHA FILHO, G. N.; ZAMIAN, J. R.; DA CONCEIÇÃO, L. R. V. Acai seed ash as a novel basic heterogeneous catalyst for biodiesel synthesis: Optimization of the biodiesel production process. **Fuel**, v. 299, n. April, p. 120887, set. 2021.

MARIA, F.; CRISTINA, M.; CECILIA, F.; JOS, P. LWT - Effect of process conditions on the production of nanocomposite films based on amaranth flour and montmorillonite. **Food Science and Technology**, v. 61, p. 70–79, 2015.

MARINIELLO, L.; DI PIERRO, P.; ESPOSITO, C.; SORRENTINO, A.; MASI, P.; PORTA, R. Preparation and mechanical properties of edible pectin–soy flour films obtained in the absence or presence of transglutaminase. **Journal of Biotechnology**, v. 102, n. 2, p. 191–198, abr. 2003.

MARK, R.; LYU, X.; LEE, J. J. L.; PARRA-SALDÍVAR, R.; CHEN, W. N. Sustainable production of natural phenolics for functional food applications. **Journal of Functional Foods journal**, v. 57, n. April, p. 233–254, 2019.

MARTINS, G. R.; DO AMARAL, F. R. L.; BRUM, F. L.; MOHANA-BORGES, R.; DE MOURA, S. S. T.; FERREIRA, F. A.; SANGENITO, L. S.; SANTOS, A. L. S.; FIGUEIREDO, N. G.; SILVA, A. S. DA. Chemical characterization, antioxidant and antimicrobial activities of açai seed (*Euterpe oleracea* Mart.) extracts containing A- and B-type procyanidins. **LWT - Food Science and Technology**, v. 132, p. 109830, out. 2020.

MARTINS, L. S.; SILVA, N. G. S.; CLARO, A. M.; AMARAL, N. C.; BARUD, H. S.; MULINARI, D. R. Insight on açai seed biomass economy and waste cooking oil: Eco-sorbent castor oil-based. **Journal of Environmental Management**, v. 293, n. May, p. 112803, set. 2021.

MATTA, E.; TAVERA-QUIROZ, M. J.; BERTOLA, N. Active edible films of methylcellulose with extracts of green apple (*Granny Smith*) skin. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 124, p. 1292–1298, mar. 2019.

MEHDIZADEH, T.; TAJIK, H.; LANGROODI, A. M.; MOLAEI, R.; MAHMOUDIAN, A. Chitosan-starch film containing pomegranate peel extract and *Thymus kotschyianus* essential oil can prolong the shelf life of beef. **Meat Science**, v. 163, p. 108073, maio 2020.

MELLO, L. D.; PINHEIRO, M. F. ASPECTOS FÍSICO-QUÍMICOS DE AZEITES DE OLIVA E DE FOLHAS DE OLIVEIRA PROVENIENTES DE CULTIVARES DO RS, BRASIL Physico-chemical characterization of monovarietal olive oil and olive leaves of cultivars introduced in the RS State, Brazil. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 23, n. 4, p. 548, 2012.

MELO, P. S.; ARRIVETTI, L. DE O. R.; ALENCAR, S. M. DE; SKIBSTED, L. H.

Antioxidative and prooxidative effects in food lipids and synergism with α -tocopherol of açai seed extracts and grape rachis extracts. **Food Chemistry**, v. 213, p. 440–449, dez. 2016.

MELO, P. S.; SELANI, M. M.; GONÇALVES, R. H.; PAULINO, J. DE O.; MASSARIOLI, A. P.; ALENCAR, S. M. DE. Açai seeds: An unexplored agro-industrial residue as a potential source of lipids, fibers, and antioxidant phenolic compounds. **Industrial Crops and Products**, v. 161, p. 113204, mar. 2021.

MIR, S. A.; DAR, B. .; WANI, A. A.; SHAH, M. A. Effect of plant extracts on the techno-functional properties of biodegradable packaging films. **Trends in Food Science & Technology**, v. 80, p. 141–154, out. 2018.

MOALLA, S.; AMMAR, I.; FAUCONNIER, M.-L.; DANTHINE, S.; BLECKER, C.; BESBES, S.; ATTIA, H. Development and characterization of chitosan films carrying *Artemisia campestris* antioxidants for potential use as active food packaging materials. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 183, p. 254–266, jul. 2021.

MOGHADAM, M.; SALAMI, M.; MOHAMMADIAN, M.; KHODADADI, M.; EMAM-DJOMEH, Z. Development of antioxidant edible films based on mung bean protein enriched with pomegranate peel. **Food Hydrocolloids**, v. 104, p. 105735, jul. 2020.

MONTEIRO, A. F.; MIGUEZ, I. S.; SILVA, J. P. R. B.; SILVA, A. S. DA. High concentration and yield production of mannose from açai (*Euterpe oleracea* Mart.) seeds via mannanase-catalyzed hydrolysis. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 10939, 29 dez. 2019.

MONTERO, Y.; SOUZA, A. G.; OLIVEIRA, É. R.; ROSA, D. DOS S. Nanocellulose functionalized with cinnamon essential oil: A potential application in active biodegradable packaging for strawberry. **Sustainable Materials and Technologies**, v. 29, p. e00289, set. 2021.

MOUSTAFA, H.; YOUSSEF, A. M.; DARWISH, N. A.; ABOU-KANDIL, A. I. Eco-friendly polymer composites for green packaging : Future vision and challenges. **Composites Part B**, v. 172, n. May, p. 16–25, 2019.

MURRIETA-MARTÍNEZ, C. L.; SOTO-VALDEZ, H.; PACHECO-AGUILAR, R.; TORRES-ARREOLA, W.; RODRÍGUEZ-FELIX, F.; MÁRQUEZ RÍOS, E. Edible protein films: Sources and behavior. **Packaging Technology and Science**, v. 31, n. 3, p. 113–122, 2018.

NEIRA, L. M.; MARTUCCI, J. F.; STEJSKAL, N.; RUSECKAITE, R. A. Time-dependent evolution of properties of fish gelatin edible films enriched with carvacrol during storage. **Food Hydrocolloids**, v. 94, p. 304–310, set. 2019.

NOGUEIRA, D.; MARTINS, V. G. Biodegradable bilayer films prepared from individual films of different proteins. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 135, n. 45, p. 46721, 5 dez. 2018.

NOGUEIRA, D.; MARTINS, V. G. Use of different proteins to produce biodegradable films and blends. **Journal of Polymers and the Environment**, v. 21, n. 3, 13 jun. 2019.

NOURADDINI, M.; ESMAILI, M.; MOHTARAMI, F. Development and characterization of edible films based on eggplant flour and corn starch. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 120, p. 1639–1645, dez. 2018.

OLAIMAT, A. N.; SHAHBAZ, H. M.; FATIMA, N.; MUNIR, S.; HOLLEY, R. A. Food safety during and after the era of COVID-19 pandemic. **Frontiers in Microbiology**, v. 11, n. August, p. 1854, 4 ago. 2020.

OLIVEIRA, T. V. DE; FREITAS, P. A. V. DE; POLA, C. C.; DA SILVA, J. O. R.; DIAZ, L. D. A.; FERREIRA, S. O.; SOARES, N. DE F. F. Development and optimization of antimicrobial active films produced with a reinforced and compatibilized biodegradable polymers. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 24, n. January, p. 100459, jun. 2020.

ONU. **Fungos podem ajudar no combate à poluição por plásticos, diz ONU Meio Ambiente**. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/fungos-podem-ajudar-no-combate-a-poluicao-por-plasticos-diz-onu-meio-ambiente/>>. Acesso em: 25 maio. 2019a.

ONU. **ONU Meio Ambiente aponta lacunas na reciclagem global de plástico**. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/onu-meio-ambiente-aponta-lacunas-na-reciclagem-global-de-plastico/>>. Acesso em: 25 maio. 2019b.

ORSUWAN, A.; SOTHORNVIT, R. Development and characterization of banana flour film incorporated with montmorillonite and banana starch nanoparticles. **Carbohydrate Polymers**, v. 174, p. 235–242, out. 2017.

PANSERI, S.; MARTINO, P. A.; CAGNARDI, P.; CELANO, G.; TEDESCO, D.; CASTRICA, M.; BALZARETTI, C.; CHIESA, L. M. Feasibility of biodegradable based packaging used for red meat storage during shelf-life: A pilot study. **Food Chemistry**, v. 249, n. Novembe, p. 22–29, maio 2018.

PEELMAN, N.; RAGAERT, P.; MEULENAER, B. DE; ADONS, D.; PEETERS, R.; CARDON, L.; IMPE, F. VAN. Application of bioplastics for food packaging. v. 32, 2013.

PELISSARI, F. M.; ANDRADE-MAHECHA, M. M.; SOBRAL, P. J. DO A.; MENEGALLI, F. C. Comparative study on the properties of flour and starch films of plantain bananas (*Musa paradisiaca*). **Food Hydrocolloids**, v. 30, n. 2, p. 681–690, mar. 2013.

PESSÔA, T. S.; LIMA FERREIRA, L. E. DE; DA SILVA, M. P.; PEREIRA NETO, L. M.; NASCIMENTO, B. F. DO; FRAGA, T. J. M.; JAGUARIBE, E. F.; CAVALCANTI, J. V.; DA MOTTA SOBRINHO, M. A. Açai waste benefiting by gasification process and its employment in the treatment of synthetic and raw textile wastewater. **Journal of Cleaner Production**, v. 240, p. 118047, dez. 2019.

PETERSEN, K.; BERTELSEN, G.; LAWTHORP, M.; OLSEN, M. B.; NILSSON, N. H. Potential of biobased materials for food packaging. **Trends in Food Science & Technology**, v. 10, p. 52-68, 1999.

PITURA, K.; ARNTFIELD, S. D. Characteristics of flavonol glycosides in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seed coats. **Food Chemistry**, v. 272, p. 26–32, jan. 2019.

PRITCHARD, R. The transparency of crystalline polymers. **Polymer Engineering and Science**, v. 4, n. 1, p. 66–71, jan. 1964.

QIN, Y.; ZHUANG, Y.; WU, Y.; LI, L. Quality evaluation of hot peppers stored in biodegradable poly(lactic acid)-based active packaging. **Scientia Horticulturae**, v. 202, p. 1–8, abr. 2016.

QUEIROZ, L. S.; DE SOUZA, L. K. C.; THOMAZ, K. T. C.; LEITE LIMA, E. T.; DA ROCHA FILHO, G. N.; DO NASCIMENTO, L. A. S.; DE OLIVEIRA PIRES, L. H.; FAIAL, K. DO C. F.; DA COSTA, C. E. F. Activated carbon obtained from amazonian biomass tailings (acai seed): Modification, characterization, and use for removal of metal ions from water. **Journal of Environmental Management**, v. 270, p. 110868, set. 2020.

RAHMANIAN, N.; AHMED, T. Bioactive profile , dehydration , extraction and application of the bioactive components of olive leaves. **Trends in Food Science & Technology**, v. 42, p. 150–172, 2015.

RAMBABU, K.; BHARATH, G.; BANAT, F.; LOKE, P.; HERNÁNDEZ, H. Mango leaf extract incorporated chitosan antioxidant film for active food packaging. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 126, p. 1234–1243, 2019.

RAO, M. S.; KANATT, S. R.; CHAWLA, S. P.; SHARMA, A. Chitosan and guar gum composite films: Preparation, physical, mechanical and antimicrobial properties. **Carbohydrate Polymers**, v. 82, n. 4, p. 1243–1247, 2010.

RIAZ, A.; LAGNIKA, C.; LUO, H.; DAI, Z.; NIE, M.; HASHIM, M. M.; LIU, C.; SONG, J.; LI, D. Chitosan-based biodegradable active food packaging film containing Chinese chive (*Allium tuberosum*) root extract for food application. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 150, p. 595–604, 2020.

ROBERTSON, G. L. Definitions , Functions , Attributes and Environments of Food Packaging. In: Brisbane, QLD, Australia: Elsevier Inc, 2018. p. 1–5.

ROCHA, M. DA; ALEMÁN, A.; ROMANI, V. P.; LÓPEZ-CABALLERO, M. E.; GÓMEZ-GUILLÉN, M. C.; MONTERO, P.; PRENTICE, C. Effects of agar films incorporated with fish protein hydrolysate or clove essential oil on flounder (*Paralichthys orbignyanus*) fillets shelf-life. **Food Hydrocolloids**, v. 81, p. 351–363, ago. 2018.

ROCHMAN, C. M.; BROWNE, M. A. Classify plastic waste as hazardous. **Nature**, v. 494, p. 6–8, 2013.

RODRIGUES, R. B.; LICHTENTHÄLER, R.; ZIMMERMANN, B. F.; PAPAGIANNPOULOS, M.; FABRICIUS, H.; MARX, F.; MAIA, J. G. S.; ALMEIDA, O. Total oxidant scavenging capacity of *Euterpe oleracea* Mart. (Açaí) seeds and identification of their polyphenolic compounds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, n. 12, p. 4162–4167, jun. 2006.

ROMANI, V. P.; HERNÁNDEZ, C. P.; MARTINS, V. G. Pink pepper phenolic compounds incorporation in starch/protein blends and its potential to inhibit apple browning. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 15, n. February 2017, p. 151–158, mar. 2018.

ROMÃO, M. H.; DE BEM, G. F.; SANTOS, I. B.; DE ANDRADE SOARES, R.; OGNIBENE, D. T.; DE MOURA, R. S.; DA COSTA, C. A.; RESENDE, Â. C. Açai (*Euterpe oleracea* Mart.) seed extract protects against hepatic steatosis and fibrosis in high-fat diet-fed mice: Role of local renin-angiotensin system, oxidative stress and inflammation. **Journal of Functional Foods**, v. 65, p. 103726, fev. 2020.

ROMPOTHI, O.; PRADIPASENA, P.; TANANUWONG, K.; SOMWANGTHANAROJ, A.; JANJARASSKUL, T. Development of non-water soluble, ductile mung bean starch based edible film with oxygen barrier and heat sealability. **Carbohydrate Polymers**, v. 157, p. 748–756, fev. 2017.

ROSSETTO, R.; MACIEL, G. M.; BORTOLINI, D. G.; RIBEIRO, V. R.; HAMINIUK, C. W. I. Acai pulp and seeds as emerging sources of phenolic compounds for enrichment of residual yeasts (*Saccharomyces cerevisiae*) through biosorption process. **LWT - Food Science and Technology**, v. 128, p. 109447, 2020.

ROY, K.; THORY, R.; SINHMAR, A.; PATHERA, A. K.; NAIN, V. Development and characterization of nano starch-based composite films from mung bean (*Vigna radiata*). **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 144, p. 242–251, fev. 2020.

ROY, S.; RHIM, J.-W. Preparation of antimicrobial and antioxidant gelatin/curcumin composite films for active food packaging application. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 188, n. December 2019, p. 110761, abr. 2020.

SAGLAM, C.; TUNA, Y. T.; GECGEL, U.; ATAR, E. S. Effects of Olive Harvesting Methods on Oil Quality. **APCBEE Procedia**, v. 8, p. 334–342, 2014.

SALGADO, P. R.; ORTIZ, C. M.; MUSSO, Y. S.; DI GIORGIO, L.; MAURI, A. N. Edible films and coatings containing bioactives. **Current Opinion in Food Science**, v. 5, p. 86–92, out. 2015.

SALVUCCI, E.; ROSSI, M.; COLOMBO, A.; PÉREZ, G.; BORNEO, R.; AGUIRRE, A. Triticale flour films added with bacteriocin-like substance (BLIS) for active food packaging applications. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 19, p. 193–199, mar. 2019.

SANGRONIZ, A.; SANGRONIZ, L.; GONZALEZ, A.; SANTAMARIA, A.; DEL RIO, J.; IRIARTE, M.; ETXEBERRIA, A. Improving the barrier properties of a biodegradable polyester for packaging applications. **European Polymer Journal**, v. 115, p. 76–85, jun. 2019.

SANTOS, I. B.; DE BEM, G. F.; DA COSTA, C. A.; DE CARVALHO, L. C. R. M.; DE MEDEIROS, A. F.; SILVA, D. L. B.; ROMÃO, M. H.; DE ANDRADE SOARES, R.; OGNIBENE, D. T.; DE MOURA, R. S.; RESENDE, A. C. Açai seed extract prevents the renin-angiotensin system activation, oxidative stress and inflammation in white adipose tissue of high-fat diet-fed mice. **Nutrition Research**, v. 79, p. 35–49, jul. 2020.

SAROJINI, K. S.; INDUMATHI, M. P.; RAJARAJESWARI, G. R. Mahua oil-based polyurethane/chitosan/nano ZnO composite films for biodegradable food packaging applications. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 124, p. 163–174, 2019.

SATHE, S. K. Beans , Overview. **Reference Module in Food Science**, p. 1–10, 2016.

SEDAP, S. DE D. A. E DA P. Dados Estaduais - Brasil. **Panorama Agrícola do Pará 2015/2019 - Açaí**, 2020.

SHARMA, V.; KAUR, M.; SANDHU, K. S.; GODARA, S. K. Effect of cross-linking on physico-chemical, thermal, pasting, in vitro digestibility and film forming properties of Faba bean (*Vicia faba* L.) starch. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 159, p. 243–249, set. 2020.

SIDDIQ, M.; RAVI, R.; HARTE, J. B.; DOLAN, K. D. Physical and functional characteristics of selected dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flours. **LWT - Food Science and Technology**, v. 43, n. 2, p. 232–237, 2010.

SILVA, A. L. P.; PRATA, J. C.; WALKER, T. R.; DUARTE, A. C.; OUYANG, W.; BARCELÒ, D.; ROCHA-SANTOS, T. Increased plastic pollution due to COVID-19 pandemic: Challenges and recommendations. **Chemical Engineering Journal**, v. 405, p. 126683, fev. 2021.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. São Paulo: Livraria Varela Ltda., 1997.

SINGH, N.; BELTON, P. S.; GEORGET, D. M. R. The effects of iodine on kidney bean starch: Films and pasting properties. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 45, p. 116–119, 2009.

SINTIM, H. Y.; BANDOPADHYAY, S.; ENGLISH, M. E.; BARY, A. I.; DEBRUYN, J. M.; SCHAEFFER, S. M.; MILES, C. A.; REGANOLD, J. P.; FLURY, M. Impacts of biodegradable plastic mulches on soil health. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 273, p. 36–49, 2019.

SOARES, E. R.; MONTEIRO, E. B.; DE BEM, G. F.; INADA, K. O. P.; TORRES, A. G.; PERRONE, D.; SOULAGE, C. O.; MONTEIRO, M. C.; RESENDE, A. C.; MOURA-NUNES, N.; COSTA, C. A.; DALEPRANE, J. B. Up-regulation of Nrf2-antioxidant signaling by Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) extract prevents oxidative stress in human endothelial cells. **Journal of Functional Foods**, v. 37, p. 107–115, 2017.

SOARES, R. DE A.; DE OLIVEIRA, B. C.; DE BEM, G. F.; DE MENEZES, M. P.; ROMÃO, M. H.; SANTOS, I. B.; DA COSTA, C. A.; DE CARVALHO, L. C. DOS R. M.; NASCIMENTO, A. L. R.; DE CARVALHO, J. J.; OGNIBENE, D. T.; DE MOURA, R. S.; RESENDE, A. C. Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) seed extract improves aerobic exercise performance in rats. **Food Research International**, v. 136, p. 109549, 2020.

STARLING, C. A.; SOUZA, F. G. DE; CARVALHO, A. A. DE. Efeito da extrusão nas propriedades bioquímicas e tecnológicas da farinha bandinha de feijão. **Revista Processos Bioquímicos**, p. 39–49, 2016.

STOLL, L.; SILVA, A. M. DA; IAHNKE, A. O. E S.; COSTA, T. M. H.; FLÔRES, S. H.; RIOS, A. DE O. Active biodegradable film with encapsulated anthocyanins: Effect on the quality attributes of extra-virgin olive oil during storage. **Journal of Food Processing and**

Preservation, v. 41, n. 6, p. e13218, dez. 2017.

STOLL, L.; RECH, R.; FLÔRES, S. H.; NACHTIGALL, S. M. B.; DE OLIVEIRA RIOS, A. Poly(acid lactic) films with carotenoids extracts: Release study and effect on sunflower oil preservation. **Food Chemistry**, v. 281, n. November, p. 213–221, maio 2019.

SUCHETA; RAI, S. K.; CHATURVEDI, K.; YADAV, S. K. Evaluation of structural integrity and functionality of commercial pectin based edible films incorporated with corn flour, beetroot, orange peel, muesli and rice flour. **Food Hydrocolloids**, v. 91, p. 127–135, jun. 2019.

TALÓN, E.; VARGAS, M.; CHIRALT, A.; GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, C. Antioxidant starch-based films with encapsulated eugenol. Application to sunflower oil preservation. **LWT - Food Science and Technology**, v. 113, p. 108290, out. 2019.

TAPIA-BLÁCIDO, D.; MAURI, A. N. .; MENEGALLI, F. C. .; SOBRAL, P. J. A. .; AÑÓN, M. C. Contribution of the starch, protein, and lipid fractions to the physical, thermal, and structural properties of amaranth (*Amaranthus caudatus*) flour films. **Journal of Food Science**, v. 72, n. 5, p. 293–300, jun. 2007.

TAPIA-BLÁCIDO, D. R. .; SOBRAL, P. J. DO A.; MENEGALLI, F. C. Optimization of amaranth flour films plasticized with glycerol and sorbitol by multi-response analysis. **LWT - Food Science and Technology**, v. 44, n. 8, p. 1731–1738, out. 2011.

TAPIA-BLÁCIDO, D. R. .; SOBRAL, P. J. DO A.; MENEGALLI, F. C. Effect of drying conditions and plasticizer type on some physical and mechanical properties of amaranth flour films. **LWT - Food Science and Technology**, v. 50, n. 2, p. 392–400, mar. 2013.

TAVASSOLI-KAFRANI, E.; SHEKARCHIZADEH, H.; MASOUDPOUR-BEHABADI, M. Development of edible films and coatings from alginates and carrageenans. **Carbohydrate Polymers**, v. 137, p. 360–374, fev. 2016.

TEIXEIRA, R. F.; BENVENUTTI, L.; BURIN, V. M.; GOMES, T. M.; FERREIRA, S. R. S.; ZIELINSKI, A. A. F. An eco-friendly pressure liquid extraction method to recover anthocyanins from broken black bean hulls. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 67, p. 102587, jan. 2021.

TELLES, A. C.; KUPSKI, L.; FURLONG, E. B. Phenolic compound in beans as protection against mycotoxins. **Food Chemistry**, v. 214, p. 293–299, jan. 2017.

TINELLO, F.; LANTE, A. Accelerated storage conditions effect on ginger- and turmeric-enriched soybean oils with comparing a synthetic antioxidant BHT. **LWT - Food Science and Technology**, v. 131, p. 109797, set. 2020.

TRINDADE, P. L.; SOARES, E. DOS R.; MONTEIRO, E. B.; RESENDE, Â. C.; MOURA-NUNES, N.; SOUZA-MELLO, V.; FERRAZ, D. C.; DALEPRANE, J. B. Antiadipogenic effects of açai seed extract on high fat diet-fed mice and 3T3-L1 adipocytes: A potential mechanism of action. **Life Sciences**, v. 228, n. April, p. 316–322, jul. 2019.

TRINETTA, V. Biodegradable Packaging. In: **Reference Module in Food Science**. Elsevier I

ed. Manhattan, KS, USA: Elsevier, 2016. p. 1–2.

VALENCIA-MEJÍA, E.; BATISTA, K. A.; FERNÁNDEZ, J. J. A.; FERNANDES, K. F. Antihyperglycemic and hypoglycemic activity of naturally occurring peptides and protein hydrolysates from easy-to-cook and hard-to-cook beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Food Research International**, v. 121, p. 238–246, jul. 2019.

VARGAS, C. G.; COSTA, T. M. H.; RIOS, A. D. O.; FLÔRES, S. H. Comparative study on the properties of films based on red rice (*Oryza glaberrima*) flour and starch. **Food Hydrocolloids**, v. 65, p. 96–106, abr. 2017.

VISHNU, P. N.; VINITHA, U. G.; MEENAKSHI, S. M. Preparation of chitosan-based antimicrobial active food packaging film incorporated with *Plectranthus amboinicus* essential oil. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 34, p. 102021, jul. 2021.

WAGNER, T. P. Reducing single-use plastic shopping bags in the USA. **Waste Management**, v. 70, p. 3–12, 2017.

WAN, Y.; WU, C.; XUE, Q.; HUI, X. Effects of plastic contamination on water evaporation and desiccation cracking in soil. **Science of The Total Environment**, v. 654, p. 576–582, mar. 2019.

WANG, H.; GUO, L.; LIU, L.; HAN, B.; NIU, X. Composite chitosan films prepared using nisin and *Perilla frutescens* essential oil and their use to extend strawberry shelf life. **Food Bioscience**, v. 41, p. 101037, jun. 2021.

WERNER, B. G.; KOONTZ, J. L.; GODDARD, J. M. Hurdles to commercial translation of next generation active food packaging technologies. **Current Opinion in Food Science**, v. 16, p. 40–48, 2017.

WOGGUM, T.; SIRIVONGPAISAL, P.; WITTAYA, T. Characteristics and properties of hydroxypropylated rice starch based biodegradable films. **Food Hydrocolloids**, v. 50, p. 54–64, ago. 2015.

WU, H.; LEI, Y.; ZHU, R.; ZHAO, M.; LU, J.; XIAO, D.; JIAO, C.; ZHANG, Z.; SHEN, G.; LI, S. Preparation and characterization of bioactive edible packaging films based on pomelo peel flours incorporating tea polyphenol. **Food Hydrocolloids**, v. 90, n. December 2018, p. 41–49, maio 2019.

XANTHOS, D.; WALKER, T. R. International policies to reduce plastic marine pollution from single-use plastics (plastic bags and microbeads): A review. **Marine Pollution Bulletin**, v. 118, n. 1–2, p. 17–26, 2017.

YAMAGUCHI, K. K. D. L.; PEREIRA, L. F. R.; LAMARÃO, C. V.; LIMA, E. S.; DA VEIGA-JUNIOR, V. F. Amazon acai: Chemistry and biological activities: A review. **Food Chemistry**, v. 179, p. 137–151, jul. 2015.

YANG, C.; TANG, H.; WANG, Y.; LIU, Y.; WANG, J.; SHI, W.; LI, L. Development of PLA-PBSA based biodegradable active film and its application to salmon slices. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 22, n. September 2018, p. 100393, dez. 2019.

YILDIZ, E.; BAYRAM, I.; SUMNU, G.; SAHIN, S.; IBIS, O. I. Development of pea flour based active films produced through different homogenization methods and their effects on lipid oxidation. **Food Hydrocolloids**, v. 111, n. April 2020, p. 106238, fev. 2021.

YUAN, G.; CHEN, X.; LI, D. Chitosan films and coatings containing essential oils: The antioxidant and antimicrobial activity, and application in food systems. **Food Research International**, v. 89, p. 117–128, nov. 2016.

CAPÍTULO IV

4 CONCLUSÃO GERAL

A utilização de farinha de feijão (*Phaseolus vulgaris*) demonstrou ser promissora na obtenção de filmes para o desenvolvimento de embalagens biodegradáveis de alimentos. As farinhas de feijão preto e vermelho foram capazes de originar filmes com diferentes características. Todos os filmes desenvolvidos apresentaram caráter hidrofílico e se degradaram rapidamente no solo e na água em menos de 20 dias. Os filmes de farinha de feijão vermelho apresentaram propriedades mecânicas, solubilidade e permeabilidade ao vapor d'água superiores aos filmes de farinha de feijão preto (FFFP) e, por isso, foram selecionados para a preparação de embalagens para o armazenamento de biscoitos. As embalagens não proporcionaram uma boa barreira à umidade durante o período de armazenamento, o que afetou a qualidade dos biscoitos, por isso, a adição de uma embalagem secundária ou o melhoramento das propriedades de barreira desta embalagem é sugerido.

Os FFFV foram escolhidos para serem adicionados de extrato de semente de açaí (ESA). A adição do ESA aos filmes melhorou suas propriedades mecânicas, reduziu a solubilidade, aumentou a cristalinidade relativa, reduziu a transparência e promoveu atividade antioxidante aos mesmos. Quanto maior foi a concentração de ESA adicionada, maior foi a atividade antioxidante dos filmes para os radicais DPPH e ABTS. O ESA influenciou de forma positiva as propriedades dos FFFV e, por isso, os filmes foram utilizados para o desenvolvimento de embalagens para o acondicionamento de azeite de oliva virgem. As embalagens biodegradáveis acondicionaram o azeite mantendo suas propriedades dentro dos limites exigidos pela legislação, enquanto, o azeite acondicionado na embalagem controle apresentou características que indicavam um processo de oxidação mais avançado.

Os resultados obtidos até aqui indicaram que a farinha de feijão vermelho pode ser utilizada no desenvolvimento de embalagens biodegradáveis que poderiam ser aplicadas no acondicionamento de azeite e outros alimentos. Os grãos de feijão quebrados poderiam ser mais valorizados com essa nova aplicação. A utilização do extrato de semente de açaí aos filmes mostrou-se uma alternativa inovadora de utilização deste resíduo. Ao utilizar o extrato na formulação de embalagens biodegradáveis, é possível agregar a função antioxidante e melhorar as propriedades tecnológicas das mesmas. Além disso, reduziria o impacto causado pelo descarte inadequado das sementes de açaí e agregaria valor a cadeia de produção do fruto, com um novo mercado de utilização.

Por fim, o fato destas embalagens serem produzidas a partir destas matérias-primas, que as tornam biodegradáveis em solo e água do mar, é de elevada importância, visto que, estes

são atributos que tem sido cada vez mais buscados nas embalagens, com o objetivo de reduzir o impacto que o descarte inadequado destas causas ao meio ambiente

CAPÍTULO V

CONSIDERAÇÕES FINAIS

RESÍDUOS GERADOS E DESTINO

Este estudo teve uma baixa produção de resíduos. Aqueles gerados foram acondicionados em frascos de acordo com suas características e cuidadosamente identificados. Posteriormente, os frascos foram armazenados em local adequado até a unidade de gerenciamento de resíduos da Universidade Federal do Rio Grande recolher e tratar ou destinar os resíduos de acordo com suas especificidades.

SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

Acredita-se que os resultados obtidos neste estudo sejam de grande importância e, por isso, a continuidade nas investigações acerca dos materiais aqui utilizados, assim como diferentes aplicações, agregaria valor e conhecimento à todas áreas envolvidas. Os filmes desenvolvidos neste estudo apresentaram características adequadas para o desenvolvimento de embalagens e acondicionamento de alimentos. Desta forma, sugere-se que as seguintes investigações sejam realizadas:

- Desenvolvimento de filmes de farinha de feijão pelo método de extrusão;
- Estudo das propriedades antimicrobianas do extrato de semente de açaí e dos filmes adicionados deste;
- Determinação de composto fenólicos do extrato de semente de açaí e dos filmes adicionados deste;
- Determinação da permeabilidade ao oxigênio dos filmes elaborados;
- Avaliação da vida útil de diferentes alimentos acondicionados em embalagens de farinha de feijão e extrato de semente de açaí;

CAPÍTULO VI

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACOSTA, S.; CHIRALT, A.; SANTAMARINA, P.; ROSELLO, J.; GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, C.; CHÁFER, M. Antifungal films based on starch-gelatin blend, containing essential oils. **Food Hydrocolloids**, v. 61, p. 233–240, dez. 2016.
- ALTAN, A.; AYTAC, Z.; UYAR, T. Carvacrol loaded electrospun fibrous films from zein and poly(lactic acid) for active food packaging. **Food Hydrocolloids**, v. 81, p. 48–59, ago. 2018.
- ALVES-SILVA, J. M.; DIAS DOS SANTOS, S. M.; PINTADO, M. E.; PÉREZ-ÁLVAREZ, J. A.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J.; VIUDA-MARTOS, M. Chemical composition and in vitro antimicrobial, antifungal and antioxidant properties of essential oils obtained from some herbs widely used in Portugal. **Food Control**, v. 32, n. 2, p. 371–378, 2013.
- AMIN, U.; KHAN, M. U.; MAJEED, Y.; REBEZOV, M.; KHAYRULLIN, M.; BOBKOVA, E.; SHARIATI, M. A.; CHUNG, I. M.; THIRUVENGADAM, M. Potentials of polysaccharides, lipids and proteins in biodegradable food packaging applications. **International Journal of Biological Macromolecules**, maio 2021.
- ANDRADE-MAHECHA, M. M.; TAPIA-BLÁCIDO, D. R.; MENEGALLI, F. C. Development and optimization of biodegradable films based on achira flour. **Carbohydrate Polymers**, v. 88, p. 449–458, 2012.
- ANDRADE-MOLINA, T. P. DE C.; SHIRAI, M. A.; GROSSMANN, M. V. E.; YAMASHITA, F. Active biodegradable packaging for fresh pasta. **LWT - Food Science and Technology**, v. 54, n. 1, p. 25–29, nov. 2013.
- ANGIOLILLO, L.; CONTE, A.; DEL NOBILE, M. A. Packaging and Shelf Life of Produce. In: **Reference Module in Food Science**. p. 1–9, 2016
- AOAC. Official Methods of Analysis**. 17th. ed. Washington, D. C.: [s.n.].
- ARON, P. M.; KENNEDY, J. A. Flavan-3-ols: Nature, occurrence and biological activity. **Molecular Nutrition & Food Research**, v. 52, p. 79–104, jan. 2008.
- ARQUELAU, P. B. DE F.; SILVA, V. D. M.; GARCIA, M. A. V. T.; ARAÚJO, R. L. B. DE; FANTE, C. A. Characterization of edible coatings based on ripe “Prata” banana peel flour. **Food Hydrocolloids**, v. 89, p. 570–578, abr. 2019.
- ASHRAFI, A.; JOKAR, M.; MOHAMMADI NAFCHI, A. Preparation and characterization of biocomposite film based on chitosan and kombucha tea as active food packaging. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 108, p. 444–454, mar. 2018.
- ASSIS, R. Q.; PAGNO, C. H.; STOLL, L.; RIOS, P. D.; RIOS, A. DE O.; OLIVERA, F. C. Active food packaging of cellulose acetate: Storage stability, protective effect on oxidation of riboflavin and release in food simulants. **Food Chemistry**, v. 349, p. 129140, jul. 2021.
- ASTM. Standard test methods for tensile properties of thin plastic sheeting, D882-02.**

In: Annual Book of ASTM Standards. American Society for Testing and Materials.
Philadelphia: [s.n.].

ASTM. Standard test methods for water vapor transmission of material, E96-00. In: Annual Book of ASTM Standards. American Society for Testing and Materials.
Philadelphia: [s.n.].

BARROS, L.; CALHELHA, R. C.; QUEIROZ, M. J. R. P.; SANTOS-BUELGA, C.; SANTOS, E. A.; REGIS, W. C. B.; FERREIRA, I. C. F. R. The powerful in vitro bioactivity of *Euterpe oleracea* Mart. seeds and related phenolic compounds. **Industrial Crops and Products**, v. 76, p. 318–322, dez. 2015.

BARROS, R. M.; BRANCIFORTI, M. C. Correlação entre orientação molecular, cristalinidade e permeabilidade de filmes biaxialmente orientados de polietileno linear de baixa densidade. **Revista Matéria**, v. 23, n. 1, 5 mar. 2018.

BASHIR, A.; JABEEN, S.; GULL, N.; ISLAM, A.; SULTAN, M.; GHAFAR, A.; KHAN, S. M.; IQBAL, S. S.; JAMIL, T. Co-concentration effect of silane with natural extract on biodegradable polymeric films for food packaging. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 106, p. 351–359, 2017.

BEM, G. F. DE; DA COSTA, C. A.; DA SILVA CRISTINO CORDEIRO, V.; SANTOS, I. B.; DE CARVALHO, L. C. R. M.; DE ANDRADE SOARES, R.; RIBEIRO, J. H.; DE SOUZA, M. A. V.; DA CUNHA SOUSA, P. J.; OGNIBENE, D. T.; RESENDE, A. C.; DE MOURA, R. S. *Euterpe oleracea* Mart. (açai) seed extract associated with exercise training reduces hepatic steatosis in type 2 diabetic male rats. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 52, p. 70–81, fev. 2018.

BENBETTAÏEB, N.; GAY, J. P.; KARBOWIAK, T.; DEBEAUFORT, F. Tuning the Functional Properties of Polysaccharide–Protein Bio-Based Edible Films by Chemical, Enzymatic, and Physical Cross-Linking. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 15, n. 4, p. 739–752, 2016.

BHARGAVA, N.; SHARANAGAT, V. S.; MOR, R. S.; KUMAR, K. Active and intelligent biodegradable packaging films using food and food waste-derived bioactive compounds: A review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 105, p. 385–401, nov. 2020.

BONILLA, J.; SOBRAL, P. J. A. Investigation of the physicochemical, antimicrobial and antioxidant properties of gelatin-chitosan edible film mixed with plant ethanolic extracts. **Food Bioscience**, v. 16, p. 17–25, dez. 2016.

BORNEO, R.; ALBA, N.; AGUIRRE, A. New films based on triticale flour: Properties and effects of storage time. **Journal of Cereal Science**, v. 68, p. 82–87, 2016.

BRASIL. ANVISA - Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução RDC nº 270, de 22 de setembro de 2005. Regulamento Técnico para Óleos Vegetais, Gorduras Vegetais e Creme Vegetal**. D.O.U. - Diário Oficial da União; Poder Executivo, de 23 de setembro de 2005, 2005.

BRITO, T. B.; CARRAJOLA, J. F.; GONÇALVES, E. C. B. A.; MARTELLI-TOSI, M.;

FERREIRA, M. S. L. Fruit and vegetable residues flours with different granulometry range as raw material for pectin-enriched biodegradable film preparation. **Food Research International**, v. 121, p. 412–421, jul. 2019.

BUJOK, S.; PETER, J.; HALECKÝ, M.; ECORCHARD, P.; MACHÁLKOVÁ, A.; SANTOS MEDEIROS, G.; HODAN, J.; PAVLOVA, E.; BENEŠ, H. Sustainable microwave synthesis of biodegradable active packaging films based on polycaprolactone and layered ZnO nanoparticles. **Polymer Degradation and Stability**, v. 190, p. 109625, ago. 2021.

BURATTO, R. T.; HOYOS, E. G.; COCERO, M. J.; MARTÍN, Á. Impregnation of açai residue extracts in silica-aerogel. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 146, p. 120–127, abr. 2019.

BURATTO, R. T.; CHINCHILLA, M. I. .; COCERO, M. J.; MARTÍN, Á. Formulation of açai (*E. oleracea* Mart.) Pulp and seeds extracts by co-precipitation in Supercritical Antisolvent (SAS) technology. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 169, p. 105090, fev. 2021.

CAMPOS-REQUENA, V. H.; RIVAS, B. L.; PÉREZ, M. A.; GARRIDO-MIRANDA, K. A.; PEREIRA, E. D. Polymer / clay nanocomposite films as active packaging material : Modeling of antimicrobial release. **European Polymer Journal**, v. 71, p. 461–475, 2015.

CAPPA, C.; KELLY, J. D.; NG, P. K. W. Seed characteristics and physicochemical properties of powders of 25 edible dry bean varieties. **Food Chemistry**, v. 253, p. 305–313, jul. 2018.

CARISSIMI, M.; FLÔRES, S. H.; RECH, R. Effect of microalgae addition on active biodegradable starch film. **Algal Research**, v. 32, p. 201–209, jun. 2018.

CARVALHO, A. V.; BASSINELLO, P. Z.; MATTIETTO, R. DE A.; CARVALHO, R. N.; RIOS, A. DE O.; SECCADIO, L. L. Processamento e caracterização de snack extrudado a partir de farinhas de quirera de arroz e de bandinha de feijão. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 15, n. 1, p. 72–83, mar. 2012.

CHENG, J.; WANG, H.; KANG, S.; XIA, L.; JIANG, S.; CHEN, M.; JIANG, S. An active packaging film based on yam starch with eugenol and its application for pork preservation. **Food Hydrocolloids**, v. 96, p. 546–554, nov. 2019.

CHOI, I.; LEE, S. E.; CHANG, Y.; LACROIX, M.; HAN, J. Effect of oxidized phenolic compounds on cross-linking and properties of biodegradable active packaging film composed of turmeric and gelatin. **LWT - Food Science and Technology**, v. 93, p. 427–433, jul. 2018.

CHOI, W.-S.; LEE, S.-E.; LEE, H.-S.; LEE, Y.-H.; PARK, B.-S. Antioxidative activities of methanol extraxvts of tropical and oriental medicinal plants. **Agricultural Chemistry and Biotechnology**, v. 41, n. 7, p. 556–559, 1998.

CODEX STAN 33-1981. **Standard for Olive Oils and Olive Pomace Oils**CODEX ALIMENTARIUS - INTERNATIONAL FOOD STANDARDS, 2015. Disponível em: <http://www.oliva.org.br/wp-content/uploads/2016/11/codex-stan-33-1981.pdf>. Acesso: 13 de abril de 2021, 13h 59 min.

CONAB. Açaí (fruto). Análise Mensal Março 2019. **Análise Mensal**, 2019.

CONAB, 2018. Perspectivas para a agropecuária / Companhia Nacional de Abastecimento – v.1– Brasília : Conab, 2018- Disponível em: <http://www.conab.gov.br>

CUI, H.; SURENDRHIRAN, D.; LI, C.; LIN, L. Biodegradable zein active film containing chitosan nanoparticle encapsulated with pomegranate peel extract for food packaging. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 24, p. 100511, jun. 2020.

DAUDT, R. M. .; AVENA-BUSTILLOS, R. J. .; WILLIAMS, T.; WOOD, D. F. .; KÜLKAMP-GUERREIRO, I. C. .; MARCZAK, L. D. F. .; MCHUGH, T. H. Comparative study on properties of edible films based on pinhão (*Araucaria angustifolia*) starch and flour. **Food Hydrocolloids**, v. 60, p. 279–287, out. 2016.

DEL NOBILE, M. A.; CONTE, A. **Packaging for Food Preservation**. New York, NY: Springer New York, 2013.

DIÉGUEZ, M. C. V.; PELISSARI, F. M.; SOBRAL, P. J. DO A.; MENEGALLI, F. C. Effect of process conditions on the production of nanocomposite films based on amaranth flour and montmorillonite. **LWT - Food Science and Technology**, v. 61, n. 1, p. 70–79, abr. 2015.

DRAKOS, A.; PELAVA, E.; EVAGELIOU, V. Properties of flour films as affected by the flour's source and particle size. **Food Research International**, v. 107, p. 551–558, maio 2018.

DU, M.; XIE, J.; GONG, B.; XU, X.; TANG, W.; LI, X.; LI, C.; XIE, M. Extraction, physicochemical characteristics and functional properties of Mung bean protein. **Food Hydrocolloids**, v. 76, p. 131–140, mar. 2018.

EHSANI, A.; HASHEMI, M.; AFSHARI, A.; AMINZARE, M.; RAEISI, M.; ZEINALI, T. Effect of different types of active biodegradable films containing lactoperoxidase system or sage essential oil on the shelf life of fish burger during refrigerated storage. **LWT - Food Science and Technology**, v. 117, p. 108633, jan. 2020.

ENUJIUGHA, V. N.; OYINLOYE, A. M. Protein-lipid interactions and the formation of edible films and coatings. **Encyclopedia of Food Chemistry**, v. 2, p. 478–482, 2019.

ESPOSTO, S.; SELVAGGINI, R.; TATICCHI, A.; VENEZIANI, G.; SORDINI, B.; SERVILI, M. Quality evolution of extra-virgin olive oils according to their chemical composition during 22 months of storage under dark conditions. **Food Chemistry**, v. 311, p. 126044, maio 2020.

ESPOSTO, S.; TATICCHI, A.; SERVILI, M.; URBANI, S.; SORDINI, B.; VENEZIANI, G.; DAIDONE, L.; SELVAGGINI, R. Overall quality evolution of extra virgin olive oil exposed to light for 10 months in different containers. **Food Chemistry**, v. 351, p. 129297, jul. 2021.

EUROPE, P. **Plastics – the Facts 2020**. Disponível em: <https://www.plasticseurope.org/en/resources/publications/4312-plastics-facts-2020>.

FAN, J.-M.; MA, W.; LIU, G.-Q.; YIN, S.-W.; TANG, C.-H.; YANG, X.-Q. Preparation and characterization of kidney bean protein isolate (KPI)–chitosan (CH) composite films prepared by ultrasonic pretreatment. **Food Hydrocolloids**, v. 36, p. 60–69, maio 2014.

FAN, Y. VAN; JIANG, P.; HEMZAL, M.; KLEMEŠ, J. J. An update of COVID-19 influence on waste management. **Science of The Total Environment**, v. 754, p. 142014, fev. 2021.

FARIAS, P. M. DE; VASCONCELOS, L. B. DE; FERREIRA, M. E. S.; PASCALL, M.; TAPIA-BLÁCIDO, D. R. Nopal cladode (*Opuntia ficus-indica*) flour: Production, characterization, and evaluation for producing bioactive film. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 29, p. 100703, set. 2021.

FERREIRA, C. D.; ZIEGLER, V.; LINDEMANN, I. DA S.; HOFFMANN, J. F.; VANIER, N. L.; OLIVEIRA, M. DE. Quality of black beans as a function of long-term storage and moldy development: Chemical and functional properties of flour and isolated protein. **Food Chemistry**, v. 246, p. 473–480, abr. 2018a.

FERREIRA, R. R.; SOUZA, A. G.; ROSA, D. S. Essential oil-loaded nanocapsules and their application on PBAT biodegradable films. **Journal of Molecular Liquids**, v. 337, p. 116488, set. 2021.

FERREIRA, A. R. V.; BANDARRA, N. M.; MOLDÃO-MARTINS, M.; COELHO, I. M.; ALVES, V. D. FucoPol and chitosan bilayer films for walnut kernels and oil preservation. **LWT - Food Science and Technology**, 2018b.

FILIPINI, G. DA S.; ROMANI, V. P.; MARTINS, V. G. Biodegradable and active-intelligent films based on methylcellulose and jambolão (*Syzygium cumini*) skins extract for food packaging. **Food Hydrocolloids**, v. 109, p. 106139, dez. 2020.

FRANCO, D.; RODRÍGUEZ-AMADO, I.; AGREGÁN, R.; MUNEKATA, P. E. S.; VÁZQUEZ, J. A.; BARBA, F. J.; LORENZO, J. M. Optimization of antioxidants extraction from peanut skin to prevent oxidative processes during soybean oil storage. **LWT - Food Science and Technology**, v. 88, p. 1–8, fev. 2018.

FRANEKER, J. A. VA.; LAW, K. L. Seabirds, gyres and global trends in plastic pollution. **Environmental Pollution**, v. 203, p. 89–96, ago. 2015.

FRANKEL, E. N. Lipid oxidation: Mechanisms, products and biological significance. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 61, n. 12, p. 1908–1917, dez. 1984.

FRANKEL, E. N. Review. Recent advances in lipid oxidation. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 54, n. 4, p. 495–511, 1991.

FRANKEL, E. N. Lipid Oxidation. In: **Advanced Dairy Chemistry Volume 2 Lipids**. Boston, MA: Springer US, 2009. v. 2p. 557–600.

FRIESEN, K.; CHANG, C.; NICKERSON, M. Incorporation of phenolic compounds, rutin and epicatechin, into soy protein isolate films: Mechanical, barrier and cross-linking properties. **Food Chemistry**, v. 172, p. 18–23, abr. 2015.

GALARZA, C.; MARIA, T.; COSTA, H.; OLIVEIRA, A. DE; HICKMANN, S. Comparative study on the properties of films based on red rice (*Oryza glaberrima*) flour and starch. **Food Hydrocolloids**, v. 65, p. 96–106, 2017.

GHADERI, J.; HOSSEINI, S. F.; KEYVANI, N.; GÓMEZ-GUILLÉN, M. C. Polymer blending effects on the physicochemical and structural features of the chitosan/poly(vinyl alcohol)/fish gelatin ternary biodegradable films. **Food Hydrocolloids**, v. 95, p. 122–132, out. 2019.

GONTARD, N.; DUCHEZ, C.; CUQ, J. L.; GILBERT, S. Edible composite films of wheat and lipids: water vapor permeability and other physical properties. **International Journal of Food Science Technology**, v. 29, p. 39–50, 1994.

GONZÁLEZ, A.; STRUMIA, M. C.; ALVAREZ IGARZABAL, C. I. Cross-linked soy protein as material for biodegradable films: Synthesis, characterization and biodegradation. **Journal of Food Engineering**, v. 106, n. 4, p. 331–338, out. 2011.

GOULAS, V.; HADJIVASILEIOU, L.; PRIMIKYRI, A.; MICHAEL, C.; BOTSARIS, G.; TZAKOS, A. G.; GEROTHANASSIS, I. P. Valorization of carob fruit residues for the preparation of novel bi-functional polyphenolic coating for food packaging applications. **Molecules**, v. 24, n. 17, p. 3162, 30 ago. 2019.

GUTIÉRREZ, T. J.; GUZMÁN, R.; MEDINA JARAMILLO, C.; FAMÁ, L. Effect of beet flour on films made from biological macromolecules: Native and modified plantain flour. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 82, p. 395–403, jan. 2016a.

GUTIÉRREZ, T. J.; SUNIAGA, J.; MONSALVE, A.; GARCÍA, N. L. Influence of beet flour on the relationship surface-properties of edible and intelligent films made from native and modified plantain flour. **Food Hydrocolloids**, v. 54, p. 234–244, mar. 2016b.

GUTIÉRREZ, T. J. Are modified pumpkin flour/plum flour nanocomposite films biodegradable and compostable? **Food Hydrocolloids**, v. 83, p. 397–410, out. 2018.

GUTIÉRREZ, T. J.; ALVAREZ, V. A. Eco-friendly films prepared from plantain flour/PCL blends under reactive extrusion conditions using zirconium octanoate as a catalyst. **Carbohydrate Polymers**, v. 178, p. 260–269, dez. 2017.

HAQUE, M. S.; UDDIN, S.; SAYEM, S. M.; MOHIB, K. M. Coronavirus disease 2019 (COVID-19) induced waste scenario: A short overview. **Journal of Environmental Chemical Engineering**, v. 9, n. 1, p. 104660, fev. 2021.

HASSAN, B.; CHATHA, S. A. S.; HUSSAIN, A. I.; ZIA, K. M.; AKHTAR, N. Recent advances on polysaccharides, lipids and protein based edible films and coatings: A review. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 109, p. 1095–1107, abr. 2018.

HE, D.; LUO, Y.; LU, S.; LIU, M.; SONG, Y.; LEI, L. Microplastics in soils: Analytical methods, pollution characteristics and ecological risks. **Trends in Analytical Chemistry**, v. 109, 2018.

HEIDBREder, L. M.; BABLOK, I.; DREWS, S.; MENZEL, C. Tackling the plastic

problem: A review on perceptions, behaviors, and interventions. **Science of The Total Environment**, v. 668, p. 1077–1093, jun. 2019.

HORTON, A. A.; WALTON, A.; SPURGEON, D. J.; LAHIVE, E.; SVENDSEN, C. Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities. **Science of The Total Environment**, v. 586, p. 127–141, maio 2017.

JARAMILLO, C. M.; GUTIÉRREZ, T. J.; GOYANES, S.; BERNAL, C.; FAMÁ, L. Biodegradability and plasticizing effect of yerba mate extract on cassava starch edible films. **Carbohydrate Polymers**, v. 151, p. 150–159, 2016.

KABIR, E.; KAUR, R.; LEE, J.; KIM, K.-H.; KWON, E. E. Prospects of biopolymer technology as an alternative option for non-degradable plastics and sustainable management of plastic wastes. **Journal of Cleaner Production**, v. 258, p. 120536, jun. 2020.

KALPANA, S.; PRIYADARSHINI, S. R.; MARIA LEENA, M.; MOSES, J. A.; ANANDHARAMAKRISHNAN, C. Intelligent packaging: Trends and applications in food systems. **Trends in Food Science & Technology**, v. 93, n. September, p. 145–157, nov. 2019.

KAN, L.; NIE, S.; HU, J.; WANG, S.; CUI, S. W.; LI, Y.; XU, S.; WU, Y.; WANG, J.; BAI, Z.; XIE, M. Nutrients, phytochemicals and antioxidant activities of 26 kidney bean cultivars. **Food and Chemical Toxicology**, v. 108, p. 467–477, out. 2017.

KARBOWIAK, T.; DEBEAUFORT, F.; CHAMPION, D.; VOILLEY, A. Wetting properties at the surface of iota-carrageenan-based edible films. **Journal of Colloid and Interface Science**, v. 294, n. 2, p. 400–410, fev. 2006.

KLEMEŠ, J. J.; FAN, Y. VAN; TAN, R. R.; JIANG, P. Minimising the present and future plastic waste, energy and environmental footprints related to COVID-19. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 127, p. 109883, jul. 2020.

KRSTIĆ, M.; RADOJEVIĆ, M.; STOJANOVIĆ, D.; RADOJEVIĆ, V.; USKOKOVIĆ, P.; IBRIĆ, S. Formulation and characterization of nanofibers and films with carvedilol prepared by electrospinning and solution casting method. **European Journal of Pharmaceutical Sciences**, v. 101, p. 160–166, 2017.

KUMAR, S.; CHATURVEDI, K.; KUMAR, S. Evaluation of structural integrity and functionality of commercial pectin based edible films incorporated with corn flour, beetroot, orange peel, muesli and rice flour. **Food Hydrocolloids**, v. 91, p. 127–135, 2019.

LAORENZA, Y.; HARNKARNSUJARIT, N. Carvacrol, citral and α -terpineol essential oil incorporated biodegradable films for functional active packaging of Pacific white shrimp. **Food Chemistry**, p. 130252, maio 2021.

LAW, K.-Y. Definitions for hydrophilicity, hydrophobicity, and superhydrophobicity: getting the basics right. **The Journal of Physical Chemistry Letters**, v. 5, n. 4, p. 686–688, 20 fev. 2014.

LEAL FILHO, W.; SAARI, U.; FEDORUK, M.; IITAL, A.; MOORA, H.; KLÖGA, M.; VORONOVA, V. An overview of the problems posed by plastic products and the role of extended producer responsibility in Europe. **Journal of Cleaner Production**, v. 214, p. 550–558, mar. 2019.

LEBLANC, N.; SAIHAH, R.; BEUCHER, E.; GATTIN, R.; CASTANDET, M.; SAITER, J. Structural investigation and thermal stability of new extruded wheat flour based polymeric materials. **Carbohydrate Polymers**, v. 73, n. 4, p. 548–557, set. 2008.

LIAN, H.; SHI, J.; ZHANG, X.; PENG, Y. Effect of the added polysaccharide on the release of thyme essential oil and structure properties of chitosan based film. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 23, n. 61, p. 100467, mar. 2020.

LIMA, K. O.; BIDUSKI, B.; SILVA, W. M. F. DA; FERREIRA, S. M.; MONTENEGRO, L. M. P.; DIAS, A. R. G.; BIANCHINI, D. Incorporation of tetraethylorthosilicate (TEOS) in biodegradable films based on bean starch (*Phaseolus vulgaris*). **European Polymer Journal**, v. 89, p. 162–173, abr. 2017.

LOLIS, A.; BADEKA, A. V.; KONTOMINAS, M. G. Quality retention of extra virgin olive oil, Koroneiki cv. packaged in bag-in-box containers under long term storage: A comparison to packaging in dark glass bottles. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 26, p. 100549, dez. 2020.

LONG, N. N. VAN; JOLY, C.; DANTIGNY, P. Active packaging with antifungal activities. **International Journal of Food Microbiology**, v. 220, p. 73–90, 2016.

LOS, F. G. B.; ZIELINSKI, A. A. F.; WOJEICCHOWSKI, J. P.; NOGUEIRA, A.; DEMIATE, I. M. Beans (*Phaseolus vulgaris* L.): whole seeds with complex chemical composition. **Current Opinion in Food Science**, v. 19, p. 63–71, fev. 2018.

LUNA-VITAL, D. A.; MOJICA, L.; GONZÁLEZ DE MEJÍA, E.; MENDOZA, S.; LOARCA-PIÑA, G. Biological potential of protein hydrolysates and peptides from common bean (*Phaseolus vulgaris* L.): A review. **Food Research International**, v. 76, p. 39–50, out. 2015.

MA, W.; TANG, C.-H.; YANG, X.-Q.; YIN, S.-W. Fabrication and characterization of kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) protein isolate–chitosan composite films at acidic pH. **Food Hydrocolloids**, v. 31, p. 237–247, jun. 2013.

MALIZIA, A.; MONMANY-GARZIA, A. C. Terrestrial ecologists should stop ignoring plastic pollution in the Anthropocene time. **Science of The Total Environment**, v. 668, p. 1025–1029, jun. 2019.

MANGARAJ, S.; YADAV, A.; BAL, L. M.; DASH, S. K.; MAHANTI, N. K. Application of biodegradable polymers in food packaging industry: a comprehensive review. **Journal of Packaging Technology and Research**, v. 3, n. 1, p. 77–96, 29 mar. 2019.

MARAN, J. P.; SIVAKUMAR, V.; THIRUGNANASAMBANDHAM, K.; SRIDHAR, R. Degradation behavior of biocomposites based on cassava starch buried under indoor soil conditions. **Carbohydrate Polymers**, v. 101, p. 20–28, jan. 2014.

MARES, E. K. L.; GONÇALVES, M. A.; DA LUZ, P. T. S.; DA ROCHA FILHO, G. N.; ZAMIAN, J. R.; DA CONCEIÇÃO, L. R. V. Acai seed ash as a novel basic heterogeneous catalyst for biodiesel synthesis: Optimization of the biodiesel production process. **Fuel**, v. 299, p. 120887, set. 2021.

MARIA, F.; CRISTINA, M.; CECILIA, F.; JOS, P. Effect of process conditions on the production of nanocomposite films based on amaranth flour and montmorillonite n Die. **LWT - Food Science and Technology**, v. 61, p. 70–79, 2015.

MARINIELLO, L.; DI PIERRO, P.; ESPOSITO, C.; SORRENTINO, A.; MASI, P.; PORTA, R. Preparation and mechanical properties of edible pectin–soy flour films obtained in the absence or presence of transglutaminase. **Journal of Biotechnology**, v. 102, n. 2, p. 191–198, abr. 2003.

MARK, R.; LYU, X.; LEE, J. J. L.; PARRA-SALDÍVAR, R.; CHEN, W. N. Sustainable production of natural phenolics for functional food applications. **Journal of Functional Foods journal**, v. 57, p. 233–254, 2019.

MARTINS, G. R.; DO AMARAL, F. R. L.; BRUM, F. L.; MOHANA-BORGES, R.; DE MOURA, S. S. T.; FERREIRA, F. A.; SANGENITO, L. S.; SANTOS, A. L. S.; FIGUEIREDO, N. G.; SILVA, A. S. DA. Chemical characterization, antioxidant and antimicrobial activities of açai seed (*Euterpe oleracea* Mart.) extracts containing A- and B-type procyanidins. **LWT - Food Science and Technology**, v. 132, p. 109830, out. 2020.

MARTINS, L. S.; SILVA, N. G. S.; CLARO, A. M.; AMARAL, N. C.; BARUD, H. S.; MULINARI, D. R. Insight on açai seed biomass economy and waste cooking oil: Eco-sorbent castor oil-based. **Journal of Environmental Management**, v. 293, n. May, p. 112803, set. 2021.

MATTA, E.; TAVERA-QUIROZ, M. J.; BERTOLA, N. Active edible films of methylcellulose with extracts of green apple (*Granny Smith*) skin. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 124, p. 1292–1298, mar. 2019.

MEHDIZADEH, T.; TAJIK, H.; LANGROODI, A. M.; MOLAEI, R.; MAHMOUDIAN, A. Chitosan-starch film containing pomegranate peel extract and *Thymus kotschyianus* essential oil can prolong the shelf life of beef. **Meat Science**, v. 163, p. 108073, maio 2020.

MELLO, L. D.; PINHEIRO, M. F. Physico-chemical characterization of monovarietal olive oil and olive leaves of cultivars introduced in the RS State, Brazil. **Alimentos e Nutrição Araraquara**, v. 23, n. 4, p. 548, 2012.

MELO, P. S.; ARRIVETTI, L. DE O. R.; ALENCAR, S. M. DE; SKIBSTED, L. H. Antioxidative and prooxidative effects in food lipids and synergism with α -tocopherol of açai seed extracts and grape rachis extracts. **Food Chemistry**, v. 213, p. 440–449, dez. 2016.

MELO, P. S.; SELANI, M. M.; GONÇALVES, R. H.; PAULINO, J. DE O.; MASSARIOLI, A. P.; ALENCAR, S. M. DE. Açai seeds: An unexplored agro-industrial residue as a potential source of lipids, fibers, and antioxidant phenolic compounds. **Industrial Crops and Products**, v. 161, p. 113204, mar. 2021.

- MIR, S. A.; DAR, B. .; WANI, A. A.; SHAH, M. A. Effect of plant extracts on the techno-functional properties of biodegradable packaging films. **Trends in Food Science & Technology**, v. 80, p. 141–154, out. 2018.
- MOALLA, S.; AMMAR, I.; FAUCONNIER, M.-L.; DANTHINE, S.; BLECKER, C.; BESBES, S.; ATTIA, H. Development and characterization of chitosan films carrying *Artemisia campestris* antioxidants for potential use as active food packaging materials. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 183, p. 254–266, jul. 2021.
- MOGHADAM, M.; SALAMI, M.; MOHAMMADIAN, M.; KHODADADI, M.; EMAM-DJOMEH, Z. Development of antioxidant edible films based on mung bean protein enriched with pomegranate peel. **Food Hydrocolloids**, v. 104, p. 105735, jul. 2020.
- MONTEIRO, A. F.; MIGUEZ, I. S.; SILVA, J. P. R. B.; SILVA, A. S. DA. High concentration and yield production of mannose from açai (*Euterpe oleracea* Mart.) seeds via mannanase-catalyzed hydrolysis. **Scientific Reports**, v. 9, n. 1, p. 10939, 29 dez. 2019.
- MONTERO, Y.; SOUZA, A. G.; OLIVEIRA, É. R.; ROSA, D. DOS S. Nanocellulose functionalized with cinnamon essential oil: A potential application in active biodegradable packaging for strawberry. **Sustainable Materials and Technologies**, v. 29, p. e00289, set. 2021.
- MOUSTAFA, H.; YOUSSEF, A. M.; DARWISH, N. A.; ABOU-KANDIL, A. I. Eco-friendly polymer composites for green packaging: Future vision and challenges. **Composites Part B**, v. 172, p. 16–25, 2019.
- MURRIETA-MARTÍNEZ, C. L.; SOTO-VALDEZ, H.; PACHECO-AGUILAR, R.; TORRES-ARREOLA, W.; RODRÍGUEZ-FELIX, F.; MÁRQUEZ RÍOS, E. Edible protein films: Sources and behavior. **Packaging Technology and Science**, v. 31, n. 3, p. 113–122, 2018.
- NEIRA, L. M.; MARTUCCI, J. F.; STEJSKAL, N.; RUSECKAITE, R. A. Time-dependent evolution of properties of fish gelatin edible films enriched with carvacrol during storage. **Food Hydrocolloids**, v. 94, p. 304–310, set. 2019.
- NOGUEIRA, D.; MARTINS, V. G. Biodegradable bilayer films prepared from individual films of different proteins. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 135, n. 45, p. 46721, 5 dez. 2018.
- NOGUEIRA, D.; MARTINS, V. G. Use of different proteins to produce biodegradable films and blends. **Journal of Polymers and the Environment**, v. 21, n. 3, 13 jun. 2019.
- NOURADDINI, M.; ESMAILI, M.; MOHTARAMI, F. Development and characterization of edible films based on eggplant flour and corn starch. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 120, p. 1639–1645, 2018.
- OLAIMAT, A. N.; SHAHBAZ, H. M.; FATIMA, N.; MUNIR, S.; HOLLEY, R. A. Food safety during and after the era of COVID-19 pandemic. **Frontiers in Microbiology**, v. 11, n. August, p. 1854, 4 ago. 2020.

OLIVEIRA, T. V. DE; FREITAS, P. A. V. DE; POLA, C. C.; DA SILVA, J. O. R.; DIAZ, L. D. A.; FERREIRA, S. O.; SOARES, N. DE F. F. Development and optimization of antimicrobial active films produced with a reinforced and compatibilized biodegradable polymers. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 24, , p. 100459, jun. 2020.

ONU. **Fungos podem ajudar no combate à poluição por plásticos, diz ONU Meio Ambiente**. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/fungos-podem-ajudar-no-combate-a-poluicao-por-plasticos-diz-onu-meio-ambiente/>>. Acesso em: 25 maio. 2019a.

ONU. **ONU Meio Ambiente aponta lacunas na reciclagem global de plástico**. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/onu-meio-ambiente-aponta-lacunas-na-reciclagem-global-de-plastico/>>. Acesso em: 25 maio. 2019b.

ORSUWAN, A.; SOTHORNVIT, R. Development and characterization of banana flour film incorporated with montmorillonite and banana starch nanoparticles. **Carbohydrate Polymers**, v. 174, p. 235–242, out. 2017.

PANSERI, S.; MARTINO, P. A.; CAGNARDI, P.; CELANO, G.; TEDESCO, D.; CASTRICA, M.; BALZARETTI, C.; CHIESA, L. M. Feasibility of biodegradable based packaging used for red meat storage during shelf-life: A pilot study. **Food Chemistry**, v. 249, p. 22–29, maio 2018.

PEELMAN, N.; RAGAERT, P.; MEULENAER, B. DE; ADONS, D.; PEETERS, R.; CARDON, L.; IMPE, F. VAN. Application of bioplastics for food packaging. v. 32, 2013.

PELISSARI, F. M.; ANDRADE-MAHECHA, M. M.; SOBRAL, P. J. DO A.; MENEGALLI, F. C. Comparative study on the properties of flour and starch films of plantain bananas (*Musa paradisiaca*). **Food Hydrocolloids**, v. 30, n. 2, p. 681–690, mar. 2013.

PESSÔA, T. S.; LIMA FERREIRA, L. E. DE; DA SILVA, M. P.; PEREIRA NETO, L. M.; NASCIMENTO, B. F. DO; FRAGA, T. J. M.; JAGUARIBE, E. F.; CAVALCANTI, J. V.; DA MOTTA SOBRINHO, M. A. Açaí waste benefiting by gasification process and its employment in the treatment of synthetic and raw textile wastewater. **Journal of Cleaner Production**, v. 240, p. 118047, dez. 2019.

PETERSEN, K.; BERTELSEN, G.; LAWOTHER, M.; OLSEN, M. B.; NILSSON, N. H. Potential of biobased materials for food packaging. **Trends in Food Science & Technology**, v. 10, 1999.

PITURA, K.; ARNTFIELD, S. D. Characteristics of flavonol glycosides in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seed coats. **Food Chemistry**, v. 272, p. 26–32, jan. 2019.

PRITCHARD, R. The transparency of crystalline polymers. **Polymer Engineering and Science**, v. 4, n. 1, p. 66–71, jan. 1964.

QIN, Y.; ZHUANG, Y.; WU, Y.; LI, L. Quality evaluation of hot peppers stored in biodegradable poly(lactic acid)-based active packaging. **Scientia Horticulturae**, v. 202, p. 1–8, abr. 2016.

QUEIROZ, L. S.; DE SOUZA, L. K. C.; THOMAZ, K. T. C.; LEITE LIMA, E. T.; DA ROCHA FILHO, G. N.; DO NASCIMENTO, L. A. S.; DE OLIVEIRA PIRES, L. H.; FAIAL, K. DO C. F.; DA COSTA, C. E. F. Activated carbon obtained from amazonian biomass tailings (acai seed): Modification, characterization, and use for removal of metal ions from water. **Journal of Environmental Management**, v. 270, p. 110868, set. 2020.

RAHMANIAN, N.; AHMED, T. Bioactive profile , dehydration , extraction and application of the bioactive components of olive leaves. **Trends in Food Science & Technology**, v. 42, p. 150–172, 2015.

RAMBABU, K.; BHARATH, G.; BANAT, F.; LOKE, P.; HERNÁNDEZ, H. Mango leaf extract incorporated chitosan antioxidant film for active food packaging. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 126, p. 1234–1243, 2019.

RAO, M. S.; KANATT, S. R.; CHAWLA, S. P.; SHARMA, A. Chitosan and guar gum composite films: Preparation, physical, mechanical and antimicrobial properties. **Carbohydrate Polymers**, v. 82, n. 4, p. 1243–1247, nov. 2010.

RIAZ, A.; LAGNIKA, C.; LUO, H.; DAI, Z.; NIE, M.; HASHIM, M. M.; LIU, C.; SONG, J.; LI, D. Chitosan-based biodegradable active food packaging film containing Chinese chive (*Allium tuberosum*) root extract for food application. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 150, p. 595–604, maio 2020.

ROBERTSON, G. L. Definitions , Functions , Attributes and Environments of Food Packaging. In: Brisbane, QLD, Australia: Elsevier Inc, 2018. p. 1–5.

ROCHA, M. DA; ALEMÁN, A.; ROMANI, V. P.; LÓPEZ-CABALLERO, M. E.; GÓMEZ-GUILLÉN, M. C.; MONTERO, P.; PRENTICE, C. Effects of agar films incorporated with fish protein hydrolysate or clove essential oil on flounder (*Paralichthys orbignyanus*) fillets shelf-life. **Food Hydrocolloids**, v. 81, p. 351–363, ago. 2018.

ROCHMAN, C. M.; BROWNE, M. A. Classify plastic waste as hazardous. **Nature**, v. 494, p. 6–8, 2013.

RODRIGUES, R. B.; LICHTENTHÄLER, R.; ZIMMERMANN, B. F.; PAPAGIANNPOULOS, M.; FABRICIUS, H.; MARX, F.; MAIA, J. G. S.; ALMEIDA, O. Total oxidant scavenging capacity of *Euterpe oleracea* Mart. (Açaí) seeds and identification of their polyphenolic compounds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, n. 12, p. 4162–4167, jun. 2006.

ROMANI, V. P.; HERNÁNDEZ, C. P.; MARTINS, V. G. Pink pepper phenolic compounds incorporation in starch/protein blends and its potential to inhibit apple browning. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 1 , p. 151–158, mar. 2018.

ROMÃO, M. H.; DE BEM, G. F.; SANTOS, I. B.; DE ANDRADE SOARES, R.; OGNIBENE, D. T.; DE MOURA, R. S.; DA COSTA, C. A.; RESENDE, Â. C. Açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) seed extract protects against hepatic steatosis and fibrosis in high-fat diet-fed mice: Role of local renin-angiotensin system, oxidative stress and inflammation. **Journal of Functional Foods**, v. 65, p. 103726, fev. 2020.

ROMPOTHI, O.; PRADIPASENA, P.; TANANUWONG, K.; SOMWANGTHANAROJ, A.; JANJARASSKUL, T. Development of non-water soluble, ductile mung bean starch based edible film with oxygen barrier and heat sealability. **Carbohydrate Polymers**, v. 157, p. 748–756, fev. 2017.

ROSSETTO, R.; MACIEL, G. M.; BORTOLINI, D. G.; RIBEIRO, V. R.; HAMINIUK, C. W. I. Acai pulp and seeds as emerging sources of phenolic compounds for enrichment of residual yeasts (*Saccharomyces cerevisiae*) through biosorption process. **LWT - Food Science and Technology**, v. 128, p. 109447, jun. 2020.

ROY, K.; THORY, R.; SINHMAR, A.; PATHERA, A. K.; NAIN, V. Development and characterization of nano starch-based composite films from mung bean (*Vigna radiata*). **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 144, p. 242–251, fev. 2020.

ROY, S.; RHIM, J.-W. Preparation of antimicrobial and antioxidant gelatin/curcumin composite films for active food packaging application. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v. 188, p. 110761, abr. 2020.

SAGLAM, C.; TUNA, Y. T.; GECGEL, U.; ATAR, E. S. Effects of Olive Harvesting Methods on Oil Quality. **APCBEE Procedia**, v. 8, p. 334–342, 2014.

SALGADO, P. R.; ORTIZ, C. M.; MUSSO, Y. S.; DI GIORGIO, L.; MAURI, A. N. Edible films and coatings containing bioactives. **Current Opinion in Food Science**, v. 5, p. 86–92, out. 2015.

SALVUCCI, E.; ROSSI, M.; COLOMBO, A.; PÉREZ, G.; BORNEO, R.; AGUIRRE, A. Triticale flour films added with bacteriocin-like substance (BLIS) for active food packaging applications. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 19, p. 193–199, mar. 2019.

SANGRONIZ, A.; SANGRONIZ, L.; GONZALEZ, A.; SANTAMARIA, A.; DEL RIO, J.; IRIARTE, M.; ETXEBERRIA, A. Improving the barrier properties of a biodegradable polyester for packaging applications. **European Polymer Journal**, v. 115, p. 76–85, jun. 2019.

SANTOS, I. B.; DE BEM, G. F.; DA COSTA, C. A.; DE CARVALHO, L. C. R. M.; DE MEDEIROS, A. F.; SILVA, D. L. B.; ROMÃO, M. H.; DE ANDRADE SOARES, R.; OGNIBENE, D. T.; DE MOURA, R. S.; RESENDE, A. C. Açaí seed extract prevents the renin-angiotensin system activation, oxidative stress and inflammation in white adipose tissue of high-fat diet-fed mice. **Nutrition Research**, v. 79, p. 35–49, jul. 2020.

SAROJINI, K. S.; INDUMATHI, M. P.; RAJARAJESWARI, G. R. International Journal of Biological Macromolecules Mahua oil-based polyurethane / chitosan / nano ZnO composite films for biodegradable food packaging applications. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 124, p. 163–174, 2019.

SATHE, S. K. Beans , Overview. **Reference Module in Food Science**, p. 1–10, 2016.

SEDAP, S. DE D. A. E DA P. Dados Estaduais - Brasil. **Panorama Agrícola do Pará 2015/2019 - Açaí**, 2020.

SHARMA, V.; KAUR, M.; SANDHU, K. S.; GODARA, S. K. Effect of cross-linking on physico-chemical, thermal, pasting, in vitro digestibility and film forming properties of Faba bean (*Vicia faba* L.) starch. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 159, p. 243–249, set. 2020.

SIDDIQ, M.; RAVI, R.; HARTE, J. B.; DOLAN, K. D. Physical and functional characteristics of selected dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) flours. **LWT - Food Science and Technology**, v. 43, n. 2, p. 232–237, 2010.

SILVA, A. L. P.; PRATA, J. C.; WALKER, T. R.; DUARTE, A. C.; OUYANG, W.; BARCELÒ, D.; ROCHA-SANTOS, T. Increased plastic pollution due to COVID-19 pandemic: Challenges and recommendations. **Chemical Engineering Journal**, v. 405, p. 126683, fev. 2021.

SILVA, N.; JUNQUEIRA, V. C. A.; SILVEIRA, N. F. A. **Manual de métodos de análise microbiológica de alimentos**. São Paulo: Livraria Varela Ltda., 1997.

SINGH, N.; BELTON, P. S.; GEORGET, D. M. R. The effects of iodine on kidney bean starch: Films and pasting properties. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 45, p. 116–119, ago. 2009.

SINTIM, H. Y.; BANDOPADHYAY, S.; ENGLISH, M. E.; BARY, A. I.; DEBRUYN, J. M.; SCHAEFFER, S. M.; MILES, C. A.; REGANOLD, J. P.; FLURY, M. Impacts of biodegradable plastic mulches on soil health. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 273, p. 36–49, mar. 2019.

SOARES, E. R.; MONTEIRO, E. B.; DE BEM, G. F.; INADA, K. O. P.; TORRES, A. G.; PERRONE, D.; SOULAGE, C. O.; MONTEIRO, M. C.; RESENDE, A. C.; MOURA-NUNES, N.; COSTA, C. A.; DALEPRANE, J. B. Up-regulation of Nrf2-antioxidant signaling by Açai (*Euterpe oleracea* Mart.) extract prevents oxidative stress in human endothelial cells. **Journal of Functional Foods**, v. 37, p. 107–115, out. 2017.

SOARES, R. DE A.; DE OLIVEIRA, B. C.; DE BEM, G. F.; DE MENEZES, M. P.; ROMÃO, M. H.; SANTOS, I. B.; DA COSTA, C. A.; DE CARVALHO, L. C. DOS R. M.; NASCIMENTO, A. L. R.; DE CARVALHO, J. J.; OGNIBENE, D. T.; DE MOURA, R. S.; RESENDE, A. C. Açai (*Euterpe oleracea* Mart.) seed extract improves aerobic exercise performance in rats. **Food Research International**, v. 136, p. 109549, out. 2020.

STARLING, C. A.; SOUZA, F. G. DE; CARVALHO, A. A. DE. Efeito da extrusão nas propriedades bioquímicas e tecnológicas da farinha bandinha de feijão. **Revista Processos Bioquímicos**, p. 39–49, 2016.

STOLL, L.; SILVA, A. M. DA; IAHNKE, A. O. E S.; COSTA, T. M. H.; FLÔRES, S. H.; RIOS, A. DE O. Active biodegradable film with encapsulated anthocyanins: Effect on the quality attributes of extra-virgin olive oil during storage. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 41, n. 6, p. e13218, dez. 2017.

STOLL, L.; RECH, R.; FLÔRES, S. H.; NACHTIGALL, S. M. B.; DE OLIVEIRA RIOS, A. Poly(acid lactic) films with carotenoids extracts: Release study and effect on sunflower oil preservation. **Food Chemistry**, v. 281, p. 213–221, maio 2019.

- SUCHETA; RAI, S. K.; CHATURVEDI, K.; YADAV, S. K. Evaluation of structural integrity and functionality of commercial pectin based edible films incorporated with corn flour, beetroot, orange peel, muesli and rice flour. **Food Hydrocolloids**, v. 91, p. 127–135, jun. 2019.
- TALÓN, E.; VARGAS, M.; CHIRALT, A.; GONZÁLEZ-MARTÍNEZ, C. Antioxidant starch-based films with encapsulated eugenol. Application to sunflower oil preservation. **LWT - Food Science and Technology**, v. 113, p. 108290, out. 2019.
- TAPIA-BLÁCIDO, D.; MAURI, A. N. ; MENEGALLI, F. C. ; SOBRAL, P. J. A. ; AÑÓN, M. C. Contribution of the starch, protein, and lipid fractions to the physical, thermal, and structural properties of amaranth (*Amaranthus caudatus*) flour films. **Journal of Food Science**, v. 72, n. 5, p. 293–300, jun. 2007.
- TAPIA-BLÁCIDO, D. R. ; SOBRAL, P. J. DO A.; MENEGALLI, F. C. Optimization of amaranth flour films plasticized with glycerol and sorbitol by multi-response analysis. **LWT - Food Science and Technology**, v. 44, n. 8, p. 1731–1738, out. 2011.
- TAPIA-BLÁCIDO, D. R. ; SOBRAL, P. J. DO A.; MENEGALLI, F. C. Effect of drying conditions and plasticizer type on some physical and mechanical properties of amaranth flour films. **LWT - Food Science and Technology**, v. 50, n. 2, p. 392–400, mar. 2013.
- TAPIA-BLÁCIDO, D. R.; AMARAL, P. J.; MENEGALLI, F. C. Optimization of amaranth flour films plasticized with glycerol and sorbitol by multi-response analysis. **LWT - Food Science and Technology**, v. 44, n. 8, p. 1731–1738, 2011.
- TAVASSOLI-KAFRANI, E.; SHEKARCHIZADEH, H.; MASOUDPOUR-BEHABADI, M. Development of edible films and coatings from alginates and carrageenans. **Carbohydrate Polymers**, v. 137, p. 360–374, fev. 2016.
- TEIXEIRA, R. F.; BENVENUTTI, L.; BURIN, V. M.; GOMES, T. M.; FERREIRA, S. R. S.; ZIELINSKI, A. A. F. An eco-friendly pressure liquid extraction method to recover anthocyanins from broken black bean hulls. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 67, p. 102587, jan. 2021.
- TELLES, A. C.; KUPSKI, L.; FURLONG, E. B. Phenolic compound in beans as protection against mycotoxins. **Food Chemistry**, v. 214, p. 293–299, jan. 2017.
- TINELLO, F.; LANTE, A. Accelerated storage conditions effect on ginger- and turmeric-enriched soybean oils with comparing a synthetic antioxidant BHT. **LWT - Food Science and Technology**, v. 131, p. 109797, set. 2020.
- TRINDADE, P. L.; SOARES, E. DOS R.; MONTEIRO, E. B.; RESENDE, Â. C.; MOURA-NUNES, N.; SOUZA-MELLO, V.; FERRAZ, D. C.; DALEPRANE, J. B. Antiadipogenic effects of açai seed extract on high fat diet-fed mice and 3T3-L1 adipocytes: A potential mechanism of action. **Life Sciences**, v. 228, n. April, p. 316–322, jul. 2019.
- TRINETTA, V. Biodegradable Packaging. In: **Reference Module in Food Science**. Elsevier 1 ed. Manhattan, KS, USA: Elsevier, 2016. p. 1–2.

- VALENCIA-MEJÍA, E.; BATISTA, K. A.; FERNÁNDEZ, J. J. A.; FERNANDES, K. F. Antihyperglycemic and hypoglycemic activity of naturally occurring peptides and protein hydrolysates from easy-to-cook and hard-to-cook beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Food Research International**, v. 121, p. 238–246, jul. 2019.
- VARGAS, C. G.; COSTA, T. M. H.; RIOS, A. D. O.; FLÔRES, S. H. Comparative study on the properties of films based on red rice (*Oryza glaberrima*) flour and starch. **Food Hydrocolloids**, v. 65, p. 96–106, abr. 2017.
- VISHNU, P. N.; VINITHA, U. G.; MEENAKSHI, S. M. Preparation of chitosan-based antimicrobial active food packaging film incorporated with *Plectranthus amboinicus* essential oil. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 34, p. 102021, jul. 2021.
- WAGNER, T. P. Reducing single-use plastic shopping bags in the USA. **Waste Management**, v. 70, p. 3–12, 2017.
- WAN, Y.; WU, C.; XUE, Q.; HUI, X. Effects of plastic contamination on water evaporation and desiccation cracking in soil. **Science of The Total Environment**, v. 654, p. 576–582, mar. 2019.
- WANG, H.; GUO, L.; LIU, L.; HAN, B.; NIU, X. Composite chitosan films prepared using nisin and *Perilla frutescens* essential oil and their use to extend strawberry shelf life. **Food Bioscience**, v. 41, p. 101037, jun. 2021.
- WERNER, B. G.; KOONTZ, J. L.; GODDARD, J. M. Hurdles to commercial translation of next generation active food packaging technologies. **Current Opinion in Food Science**, v. 16, p. 40–48, 2017.
- WOGGUM, T.; SIRIVONGPAISAL, P.; WITTAYA, T. Characteristics and properties of hydroxypropylated rice starch based biodegradable films. **Food Hydrocolloids**, v. 50, p. 54–64, ago. 2015.
- WU, H.; LEI, Y.; ZHU, R.; ZHAO, M.; LU, J.; XIAO, D.; JIAO, C.; ZHANG, Z.; SHEN, G.; LI, S. Preparation and characterization of bioactive edible packaging films based on pomelo peel flours incorporating tea polyphenol. **Food Hydrocolloids**, v. 90, p. 41–49, maio 2019.
- XANTHOS, D.; WALKER, T. R. International policies to reduce plastic marine pollution from single-use plastics (plastic bags and microbeads): A review. **Marine Pollution Bulletin**, v. 118, n. 1–2, p. 17–26, 2017.
- YAMAGUCHI, K. K. D. L.; PEREIRA, L. F. R.; LAMARÃO, C. V.; LIMA, E. S.; DA VEIGA-JUNIOR, V. F. Amazon acai: Chemistry and biological activities: A review. **Food Chemistry**, v. 179, p. 137–151, jul. 2015.
- YANG, C.; TANG, H.; WANG, Y.; LIU, Y.; WANG, J.; SHI, W.; LI, L. Development of PLA-PBSA based biodegradable active film and its application to salmon slices. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 22, p. 100393, dez. 2019.
- YILDIZ, E.; BAYRAM, I.; SUMNU, G.; SAHIN, S.; IBIS, O. I. Development of pea flour

based active films produced through different homogenization methods and their effects on lipid oxidation. **Food Hydrocolloids**, v. 111, p. 106238, fev. 2021.

YUAN, G.; CHEN, X.; LI, D. Chitosan films and coatings containing essential oils: The antioxidant and antimicrobial activity, and application in food systems. **Food Research International**, v. 89, p. 117–128, nov. 2016.