



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS HUMANAS SOCIAIS E AGRÁRIAS
BACHARELADO EM AGROINDÚSTRIA**

APOENA URQUIZA DA SILVA

**DESENVOLVIMENTO DE EMBALAGEM ATIVA COM PROPRIEDADES
ANTIMICROBIANAS À BASE DE FARINHA DE FRUTA-PÃO (*Artocarpus altilis*) E
ÓLEO ESSENCIAL DE MANJERICÃO (*Ocimum basilicum*) PARA CONSERVAÇÃO
DE CARNE DE COELHO**

BANANEIRAS - PB

2024

APOENA URQUIZA DA SILVA

**DESENVOLVIMENTO DE EMBALAGEM ATIVA COM PROPRIEDADES
ANTIMICROBIANAS À BASE DE FARINHA DE FRUTA-PÃO (*Artocarpus altilis*) E
ÓLEO ESSENCIAL DE MANJERICÃO (*Ocimum basilicum*) PARA CONSERVAÇÃO
DE CARNE DE COELHO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do
Curso de Graduação em Bacharelado em Agroindústria, da
Universidade Federal da Paraíba, em atendimento às exigências
para a obtenção do Grau de Bacharelado em Agroindústria.

Orientadora: Profa. A Dra. Solange de Sousa

Co-orientador: Bel. em Agroindústria Lukas Phellipe Guedes Barbosa

BANANEIRAS - PB

2024

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

S586d Silva, Apoena Urquiza da.

Desenvolvimento de Embalagem Ativa com Propriedades Antimicrobianas à Base de Farinha de Fruta-Pão (*Artocarpus altilis*) e Óleo Essencial de Manjerição (*Ocimum basilicum*) para Conservação de Carne de Coelho. / Apoena Urquiza da Silva. - Bananeiras, 2024.
50 f. : il.

Orientação: Solange De Sousa.

Coorientação: Lukas Phellipe Guedes Barbosa.

TCC (Graduação) - UFPB/CCHSA.

1. Embalagens ativas. 2. propriedade antimicrobiana.
3. Conservação de alimentos. I. De Sousa, Solange. II. Guedes Barbosa, Lukas Phellipe. III. Título.

UFPB/CCHSA/BSPJAT

CDU 637.5.033 (043)

Elaborado por Maria Estela Alves Costa - CRB-15/1004

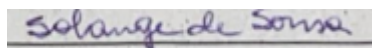
APOENA URQUIZA DA SILVA

**DESENVOLVIMENTO DE EMBALAGEM ATIVA COM PROPRIEDADES
ANTIMICROBIANAS À BASE DE FARINHA DE FRUTA-PÃO
(*Artocarpus altilis*) E ÓLEO ESSENCIAL DE MANJERICÃO (*Ocimum basilicum*)
PARA CONSERVAÇÃO DE CARNE DE COELHO**

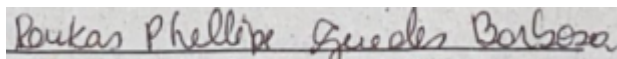
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Graduação em Bacharelado em Agroindústria, da Universidade Federal da Paraíba, em atendimento às exigências para a obtenção do Grau de Bacharelado em Agroindústria.

Monografia julgada e aprovada em 24/10/2024

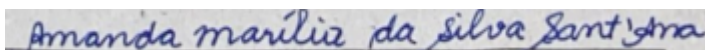
Comissão Examinadora



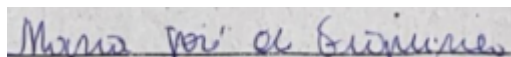
Profa. Dra Solange de Sousa
Orientadora (UFPB/DGTA)



Lukas Phellipe Guedes Barbosa
Coorientador (UFPB)



Profa. Dra Amanda Marília da Silva Sant'Ana
Examinadora (UFPB/DGTA)



Profa. Dra Maria José de Figueiredo
Examinadora (UFPB/DGTA)

BANANEIRAS – PB

2024

A Francisca Neto Tenório, minha avó.

Até o último instante.

(In memoriam)

Agradecimentos

Este trabalho representa não apenas o resultado de muitos meses de dedicação e estudo, mas também o apoio e incentivo de várias pessoas e da instituição que, de todas as formas, contribuíram para sua realização.

Primeiramente, agradeço a Deus, por me dar saúde, força e perseverança para enfrentar os desafios dessa jornada. Aos meus pais e familiares, pelo apoio incondicional, compreensão e incentivo ao longo de toda minha trajetória acadêmica, a presença de todos vocês foi essencial para que eu chegasse até aqui.

Agradeço, especialmente, à minha orientadora, Profa. Dra. Solange de Sousa, por sua orientação, paciência e disponibilidade em compartilhar seu conhecimento. Suas sugestões e críticas foram fundamentais para o desenvolvimento deste trabalho, agradeço também o meu coorientador Lukas Phellipe Barbosa, que me auxiliou em todo processo desse trabalho.

Aos professores e colegas do curso, técnicos administrativos e de laboratório que contribuíram com aprendizados, apoio e momentos de descontração, tornando essa caminhada mais leve e enriquecedora.

À Universidade Federal da Paraíba, pela estrutura e recursos que possibilitaram a realização das análises e experimentos necessários para o desenvolvimento deste trabalho.

Aos amigos, que estiveram ao meu lado, Eduarda Paiva e Fabiana Nayara, que viveram esse sonho comigo e foram minha base em todo esse processo. Antônia Rosângela e Renata Ribeiro, por toda parceria e momentos de descontração vivenciados, aos meus amigos de Pesqueira, que sempre acreditaram em mim e me impulsionam em todos os momentos, a Edângely da Silva e Josinaldo Florêncio, que partilham toda essa vivência comigo, e foram meu refúgio em meio a diversas incertezas, e por fim, agradeço a Maria Aparecida e Mel, que sempre me incentivaram e ofereceram apoio em cada etapa, seja nos momentos de dificuldade ou de comemoração. A amizade e o carinho de vocês foram essenciais para que eu pudesse concluir esta etapa.

Por fim, agradeço a todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

Muito obrigada!

"Aprender é descobrir que algo é possível."

– Franz Kafka

RESUMO

O trabalho desenvolveu e analisou uma embalagem ativa com propriedades antimicrobianas, composta por farinha de fruta-pão e óleo essencial de manjerição, destinada à conservação de carne de coelho. O objetivo foi criar um filme capaz de prolongar a vida útil da carne, caracterizando suas propriedades físico-químicas e microbiológicas. O filme foi produzido por meio do método de casting, incorporando diferentes concentrações de óleo essencial, consistindo em dois tratamentos: T1 (1% de óleo) e T2 (2% de óleo). Um tratamento, sem a utilização do óleo, foi elaborado como controle (TC). As análises físico-químicas revelaram que os filmes com óleo essencial apresentaram maior umidade (63,56% para T1 e 61,72% para T2) em comparação ao controle (57,75%). A solubilidade foi de 75,29% para T1 e aumentou para 84,82% com T2, indicando que concentrações mais altas tornam o filme mais suscetível à dissolução em água. A espessura média dos filmes variou entre 0,16 mm e 0,20 mm, sendo influenciada pela adição do óleo essencial. Nos testes realizados com carne de coelho, armazenada por até 10 dias, os filmes ativos ajudaram a reduzir a oxidação lipídica, com valores de TBA (substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico) de 0,66 mg/kg para o filme com T1 e 0,61 mg/kg para o filme com T2 no 10º dia, enquanto o controle apresentou 1,46 mg/kg, ultrapassando o limite de aceitabilidade. Em relação à cor, os parâmetros de luminosidade (L) se mantiveram estáveis, especialmente no tratamento com T2, sugerindo menor perda de pigmentos. As análises microbiológicas indicaram ausência de crescimento de coliformes e *Salmonella* spp. durante os 10 dias de armazenamento nos tratamentos com filmes ativos, atendendo aos padrões legais de segurança. Concluiu-se que a embalagem ativa desenvolvida é uma estratégia eficiente para prolongar a vida de prateleira da carne de coelho, melhorando sua qualidade e segurança microbiológica.

Palavras-chave: Embalagens ativas; propriedade antimicrobiana; conservação de alimentos.

ABSTRACT

This study developed and analyzed an active packaging with antimicrobial properties, composed of breadfruit flour and basil essential oil, applied in the preservation of rabbit meat. The objective was to create a film capable of extending the shelf life of the meat, characterizing its physicochemical and microbiological properties. The film was produced by means of a casting method, incorporating different concentrations of essential oil (1% and 2%). Physicochemical analyses revealed that the films with essential oil presented higher moisture content (63.56% for 1% oil and 61.72% for 2% oil) compared to the control (57.75%). Solubility was 75.29% for 1% oil and increased to 84.82% with 2% oil, indicating that higher concentrations make the film more susceptible to dissolution in water. The average thickness of the films varied between 0.16 mm and 0.20 mm, being influenced by the addition of essential oil. In tests performed on rabbit meat stored for up to 10 days, the active films helped reduce lipid oxidation, with TBA (substances reactive to thiobarbituric acid) values of 0.66 mg/kg for the film with 1% oil and 0.61 mg/kg for the film with 2% oil on the 10th day, while the control presented 1.46 mg/kg, exceeding the acceptability limit. Regarding color, the luminosity parameters (L) remained stable, especially in the treatment with 2% oil, suggesting less loss of pigments. Microbiological analyses indicated no growth of coliforms and *Salmonella* spp. during the 10 days of storage in the treatments with active films, meeting legal safety standards. It was concluded that the developed active packaging is an efficient strategy to extend the shelf life of rabbit meat, improving its quality and microbiological safety.

Keywords: Active packaging; antimicrobial property; food preservation.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Definições dos tratamentos a serem aplicados em carne de coelho.....	19
Tabela 2 – Valores médios de umidade e solubilidade dos filmes e suas concentrações.....	24
Tabela 3 – Valores médios de umidade, cinzas, pH, e aw em carne embaladas com filmes ativos adicionados de óleo essencial de manjeriço.....	27
Tabela 4 – Valores médios de cor em carnes embaladas com filmes ativos adicionados de óleo essencial de manjeriço.....	30
Tabela 5 – Valores médios de TBA em carnes embaladas com filmes ativos adicionados de óleo essencial de manjeriço.....	34

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Fruta-pão.....	15
Figura 2. Técnica de casting	18
Figura 3. Solução filmogênica	22
Figura 4. Filme após secagem.....	23

LISTA DE SIGLAS

Aa	Atividade de água
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
AOAC	Association of Official Analytical Collaboration
BOD	Biochemical Oxygen Demand
CCCHSA	Centro de Ciências Humanas Sociais e Agrárias
Ph	Potencial hidrogeniônico
RDC	Resolução da Diretoria Colegiada
UFPB	Universidade Federal da Paraíba
TBA	Thiobarbituric acid reactive substances

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. OBJETIVOS	11
2.1. OBJETIVO GERAL	11
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	11
3. REVISÃO DE LITERATURA	12
3.1 EMBALAGENS	12
3.1.2 EMBALAGENS ATIVAS	12
3.2 ÓLEOS ESSENCIAIS	14
3.2.1 ÓLEO ESSENCIAL DE MANJERICÃO	14
3.3 FRUTA-PÃO	15
3.4 CARNE DE COELHO	16
3.5 APLICAÇÕES DE EMBALAGENS ATIVAS EM CARNE DE COELHO	16
4. MATERIAL E MÉTODOS	17
4.1 MATERIAL	17
4.2 OBTENÇÃO DO FILME (MÉTODO DE CASTING)	18
4.3 ELABORAÇÃO DOS FILMES E AMOSTRAGEM	18
5. CARACTERIZAÇÃO DOS FILMES	20
5.1 SOLUBILIDADE DOS FILMES	19
5.1.2 UMIDADE DOS FILMES	20
5.2 APLICAÇÃO DOS FILMES EM CARNE DE COELHO	20
5.3 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS	20
5.4 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	21
5.5 OXIDAÇÃO LIPÍDICA	21
5.6 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	21
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES	22
6.1 ASPECTOS VISUAIS DO FILME	22
6.2 PROPRIEDADES MECÂNICAS	24
6.2.1 UMIDADE E SOLUBILIDADE DOS FILMES	24
6.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS DA CARNE DE COELHO.....	27
6.3.1COR.....	30
	13

6.3.2 TBA	34
6.3.3 ANÁLISES MICROBIÓLOGICAS	35
7. CONSIDERAÇÕES FINAIS	36
RERERÊNCIAS	39

1. INTRODUÇÃO

A constante evolução das tecnologias de conservação de alimentos tem permitido o desenvolvimento de métodos mais eficazes para garantir a integridade dos produtos alimentícios ao longo de toda a cadeia de distribuição. As embalagens, além de servirem como barreira física, têm incorporado novas funcionalidades, como a capacidade de controlar a atmosfera interna e liberar compostos ativos que combatem microorganismos indesejados e retardam processos oxidativos. Esse avanço tem sido essencial para atender à crescente demanda por alimentos mais seguros e com maior vida de prateleira, sem comprometer suas propriedades sensoriais e nutricionais (Silva *et al.*, 2021).

Com o passar dos anos, o consumidor tem se tornado cada vez mais exigente quanto à procedência e à conservação dos alimentos, cobrando maior qualidade e preferindo produtos mais próximos do natural. Nesse contexto, surgem as embalagens ativas como uma alternativa promissora, incorporando aditivos ou agentes antimicrobianos e antioxidantes que interagem diretamente com os alimentos, mantendo-os em boas condições para consumo por períodos mais prolongados (Cardoso; Souza; Guimarães, 2017).

Os aditivos acrescentados nas embalagens ativas desempenham diversas funções com o objetivo de aumentar a vida de prateleira dos produtos. Dentre essas funções, destaca-se a ação antimicrobiana, que inibe o crescimento de micro-organismos que podem causar a deterioração dos alimentos, prolongando assim sua validade (Saber *et al.*, 2017). Uma solução cada vez mais valorizada para atender às demandas do mercado por alimentos saudáveis, nutritivos e seguros é o uso de aditivos de origem natural em substituição aos sintéticos tradicionais. Esses compostos, além de serem seguros do ponto de vista alimentar (Calo *et al.*, 2015), podem apresentar propriedades antimicrobianas e/ou antioxidantes (Krepker *et al.*, 2017).

Na seleção do agente antimicrobiano mais adequado para embalagens ativas, deve-se considerar sua eficácia contra os micro-organismos alvo. Entre os diversos óleos essenciais disponíveis, o óleo essencial de tomilho (*Thymus vulgaris*) destaca-se pelo seu elevado potencial antimicrobiano (Cutillas *et al.*, 2018; Ryu *et al.*, 2018; Sadekuzzaman *et al.*, 2018), sendo uma escolha eficaz para a formulação de embalagens com propriedades antimicrobianas.

Além da escolha do aditivo natural, o tipo de polímero utilizado como matriz da embalagem é de grande importância. Enquanto os plásticos sintéticos, derivados de polímeros

petroquímicos, apresentam alta durabilidade, sua desvantagem reside no impacto ambiental significativo, devido à sua baixa biodegradabilidade (Garavand *et al.*, 2017). Nesse cenário, o uso de amido como alternativa ganha destaque. Trata-se de um polissacarídeo que, além de ser biodegradável, apresenta baixo custo e capacidade de formar filmes ou revestimentos incolores e inodoros (Jeong; Shin, 2018; Kim *et al.*, 2018). O amido pode ser extraído de várias fontes, como grãos, cereais, sementes, raízes ou tubérculos (Alves; Klososki; Montanhini, 2006).

Entre as diversas fontes amiláceas presentes na agricultura brasileira, destaca-se a fruta-pão (*Artocarpus altilis*), uma planta não convencional, mas com grande potencial para a produção de amido. Embora estudos tenham sido realizados para a caracterização do amido de fruta-pão, seu uso na formulação de coberturas, revestimentos ou filmes ainda é pouco explorado (Nogueira; Fakhouri; Oliveira, 2018).

Diante desse contexto, no presente trabalho teve como objetivo desenvolver um filme ativo à base de farinha de fruta-pão, adicionado de óleo essencial de manjerição. Este filme busca atender aos critérios de uma embalagem ativa antimicrobiana, retardando ou inibindo o crescimento de micro-organismos deteriorantes e patogênicos, prolongando a vida de prateleira dos alimentos sem comprometer a saúde do consumidor.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver e avaliar filmes com propriedades antimicrobianas à base de farinha de fruta-pão adicionados de óleo essencial de manjerição, e avaliar o efeito/impacto da sua aplicação na estabilidade de carne de coelho durante o armazenamento.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obter a farinha de fruta-pão;
- Produzir embalagem ativa a partir da farinha de fruta-pão com adição de óleo essencial de manjerição (método de *casting*);
- Realizar a caracterização dos filmes;
- Realizar a caracterização físico-química e microbiológica das carnes embaladas com embalagem ativa durante a armazenagem (0, 5 e 10 dias sob refrigeração);
- Testar a funcionalidade dos filmes em carne de coelho.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 EMBALAGENS

De acordo com Martinazzo *et al.* (2020), as embalagens tem por finalidade quatro funções essenciais: comunicação, conveniência, contenção e proteção. Entre essas, a proteção atua como uma barreira física contra fatores que podem comprometer a qualidade dos produtos, como ataques de insetos, contaminações microbianas, umidade, calor, poeira, odores, oxigênio, luz e contaminações químicas Martinazzo *et al.*, (2020); Peron *et al.* (2022).

As embalagens tradicionais, que são consideradas passivas, continuam a incorporar novas funcionalidades, indo além da função de acondicionar e proteger os produtos. Essas embalagens agora apresentam uma implicação mercadológica mais forte, oferecendo vantagens aos produtos à medida que os consumidores priorizam alimentos mais saudáveis, sustentáveis, frescos, naturais ou de origem mais confiável (Guimarães, Druzian, 2014; Landin *et al.*, 2016; Lima *et al.*, 2018).;

Embora essas embalagens ainda desempenhem um papel importante na proteção dos alimentos e mais ainda na cadeia logística de distribuição, elas não são suficientes para garantir a segurança alimentar. Com o aumento da consciência sobre a qualidade dos alimentos, a durabilidade e a segurança, surgem as embalagens ativas, que se destacam pela interação intencional com os alimentos acondicionados. Essas embalagens são capazes de absorver ou liberar substâncias no interior, com o objetivo de melhorar as características do produto (Yildirim *et al.*, 2017; Teixeira, Soares, Stringheta, 2021; Almada *et al.*, 2022).

3.1.2 EMBALAGENS ATIVAS

A vigilância sanitária define embalagem como o recipiente, o pacote ou a embalagem destinada a garantir a conservação e facilitar o transporte e manuseio dos alimentos (Brasil, 2002). Já em alguns dicionários, a embalagem é frequentemente definida como o ato ou o processo de embalar algo. O conceito de embalagem é dinâmico e pode ser interpretado de diferentes maneiras ao longo da cadeia de produção e distribuição. Para o consumidor, é uma estratégia que visa atender ao desejo de compra, para o *marketing*, representa uma ferramenta de atração para estimular o consumo do produto, para o design, funciona como um meio de

proteção até que o produto chegue ao consumidor, e para todos os profissionais voltados a área de alimentos, é um recurso para garantir a segurança, proteção, informação do produto durante o armazenamento e o transporte (Landin, *et al.*, 2016).

Em meados da década de 1980, surge o termo ‘embalagem ativa’, Labuza e Breene (1989) utilizaram esse termo para classificar a categoria de embalagens que tinham papel adicional na preservação dos alimentos (Almada *et al.*, 2022). Assim, além de servir como uma barreira que protege contra fatores externos, a embalagem ativa interage com o produto, reagindo e controlando processos de deterioração, contribuindo para sua preservação (Santos; Yoshida, 2011).

As embalagens ativas, uma inovação no campo da conservação de alimentos, vão além da função de barreira passiva, pois interagem diretamente com o alimento, influenciando ativamente sua preservação. Essas embalagens têm o objetivo de proteger o produto, prolongar sua vida de prateleira e manter suas propriedades sensoriais, como aparência, aroma, consistência, textura e sabor. Além disso, garantem a qualidade e integridade do alimento, assegurando sua segurança até o momento do consumo (Suppakul *et al.*, 2003).

Essa tecnologia incorpora componentes capazes de liberar ou absorver substâncias para dentro ou fora do alimento embalado, ou do ambiente ao seu redor, visando estender a vida útil ou melhorar as condições do produto armazenado (Comissão Europeia, 2009). Os compostos ativos utilizados nas embalagens ativas podem incluir agentes antiescurecimento, nutrientes, especiarias, ou compostos antimicrobianos e antioxidantes, que podem ser de origem natural ou sintética, dependendo da aplicação desejada.

3.2 ÓLEOS ESSENCIAIS

Os óleos essenciais (OE) são compostos bioquímicos líquidos e naturais, aromáticos e voláteis que podem ser extraídos de diversos tipos de plantas e suas estruturas, como, raízes, flores, sementes, folhas, cascas, frutos e até da planta inteira (Khorshidian *et al.*, 2018).

A atividade antimicrobiana dos óleos essenciais é inteiramente ligada aos seus constituintes e sua concentração (Khorshidian *et al.*, 2018). Um óleo essencial é constituído principalmente por monoterpenos, hidrocarbonetos sesquiterpênicos, seus derivados oxigenados, e aldeídos alifáticos, ésteres e alcoóis (Donsì; Ferrari, 2016). De uma forma mais ampla, os óleos essenciais são extremamente ricos em compostos de alta atividade

antimicrobiana, e em geral são os componentes majoritários dos óleos que mais contribuem para inibir o crescimento dos micro-organismos no alimento (Kordali *et al.*, 2008; Walentowska; Foksowicz-Flaczyk, 2013).

3.2.1 ÓLEO ESSENCIAL DE MANJERICÃO

Entre os óleos essenciais com aplicações alimentares já descritos na literatura, está o óleo de manjericão (*Ocimum basilicum* L.), uma erva pertencente à família *Lamiaceae*, sendo cosmopolita. É considerada a variedade de erva aromática mais cultivada no mundo (Filip *et al.*, 2016).

São encontrados principalmente nas regiões tropicais da Ásia, África e América Central e do Sul. As folhas de manjericão são amplamente utilizadas na culinária, na forma fresca ou seca, como aromatizante de alimentos e como planta ornamental em jardins domésticos (Filip *et al.*, 2016). Existem diversas variedades de manjericão, e os óleos extraídos dele podem ser identificados de várias maneiras dependendo do teor de cada componente em sua composição, que diferem principalmente em sua estrutura morfológica. Entretanto, apesar dessas diferenças de composição, todas as variedades apresentam atividade antimicrobiana (Silva, 2004).

No geral, os principais componentes do óleo essencial de manjericão são os terpenos e fenilpropanoides, seguidos por álcoois e aldeídos (Milenković *et al.*, 2019). O valor de mercado das espécies de manjericão é predominantemente baseado em seu conteúdo de óleo essencial e características ornamentais (Mahmoudi *et al.*, 2020).

3.3 FRUTA-PÃO

A fruta-pão é uma planta nativa da região do Sudeste asiático e das ilhas do Pacífico, sendo cultivada em diversas regiões tropicais ao redor do mundo, incluindo o arquipélago asiático (Sacramento *et al.*, 2009). No Brasil, é encontrada com frequência na região da Amazônia e nos estados da Bahia, Paraíba, Alagoas, Sergipe, Pernambuco e Ceará (Sacramento *et al.*, 2009).

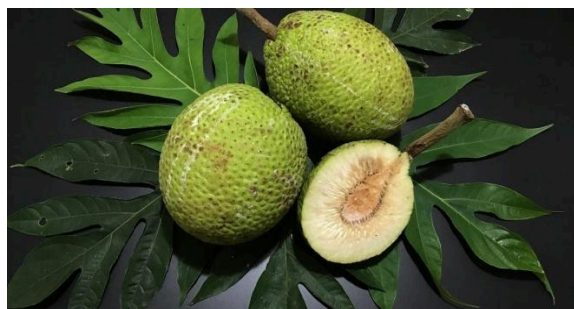
Esta árvore florida pertencente à família das amoreiras e jacas é perene, encontrada em regiões tropicais e produz frutos grandes, comestíveis e ricos em amido, fibras, antioxidantes

e potássio. Ao longo de um milênio de migração, os navegadores trouxeram a árvore altamente produtiva através da Oceania de oeste para leste, domesticando cultivares favoritas ao longo do caminho (Ragone,1997; Meilleur *et al.*, 2004; Zerega *et al.*, 2005)

No decorrer dos anos, muitas pesquisas foram realizadas para um maior entendimento sobre as frutas e suas potencialidades, como o valor nutricional da fruta-pão, que surgiu nos últimos cinquenta anos, inicialmente por meio de investigações sobre dietas tradicionais do Pacífico e mais recentemente, associadas à crescente promoção e cultivo da cultura em todo o mundo (Deivanai;Bhore,2010; Langston; Lincoln,2018). A fruta-pão foi aclamada como tendo o potencial de transformar a agricultura nos trópicos globais, particularmente nas áreas de desnutrição e pobreza (Bhore, 2010).

A polpa da fruta-pão (Figura 1) é rica em vitaminas e minerais benéficos à saúde, incluindo fibras, carboidratos, água, cálcio, fósforo, ferro, fibras e tem baixo teor de gorduras, pode ser consumida *in natura*, ou utilizada em produtos processados: fruta seca, farinha panificável e fonte para extração de amido (Seagri, 2006). O amido possui baixo custo de produção e vem sendo amplamente utilizado nas indústrias de alimentos, principalmente na elaboração embalagens biodegradáveis (Yang *et al.*, 2006).

Figura 1: Fruta-pão



(Google imagens)

3.3 CARNE DE COELHO

A busca por alimentos saudáveis é uma tendência mundial crescente, e a carne de coelho vem ganhando destaque por suas características nutricionais, especialmente em um contexto de aumento expressivo de problemas de saúde relacionados ao excesso de peso e obesidade (Vicente *et al.*, 2018).

Neste cenário, a carne de coelho se destaca por ser uma carne magra, o que contribui para ser inserida em dietas saudáveis e balanceadas, tem altos níveis de aminoácidos essenciais e baixo teor de gordura. Além disso, o teor lipídico contém os ácidos graxos monoinsaturados e poli-insaturados, embora em menor quantidade, comparada com o peixe, ainda representa uma fonte significativa, e baixo teor de colesterol (Cullere; Dalle Zotte, 2018). Além disso, fornece uma quantidade moderada de energia com boas quantidades de vitaminas e minerais como potássio, fósforo, selênio e vitaminas B, principalmente a vitamina B12 (DALLE ZOTTE; SZENDRO, 2011).

3.4 APLICAÇÕES DE EMBALAGENS ATIVAS EM CARNE DE COELHO

A indústria de alimentos de origem animal visa o aumento da vida útil, manutenção do valor nutricional e sensorial e a comercialização de alimentos seguros. Isso pode ser obtido a partir do uso de embalagens ativas, que são planejadas para influenciar ativamente no produto de forma desejável, pela incorporação ou encapsulação de compostos bioativos conferindo ação antimicrobiana e antioxidante (Guo Z, *et al*, 2020)

As carnes de coelho têm alto teor de proteína, baixo teor de gordura, uma alta porcentagem de ácidos graxos insaturados e baixos níveis de colesterol e sódio (Cullere; Dalle Zotte, 2018). É uma carne bastante perecível, como outras, está suscetível ao crescimento de micro-organismos e ao processo de deterioração, se não for armazenada e manuseada adequadamente, consequentemente o uso de embalagens ativas estenderia a vida de prateleiras desses produtos a fim de conferir mais tempo ao consumidor.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O presente trabalho foi desenvolvido nos Laboratórios de Pesquisa e Desenvolvimento de Produtos Fruto Hortícolas, Microbiologia de Alimentos, Análises Físico-Químicas de Alimentos e Desenvolvimento de Produtos e Análise Sensorial, do Campus III, Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias - CCHSA, Bananeiras - PB.

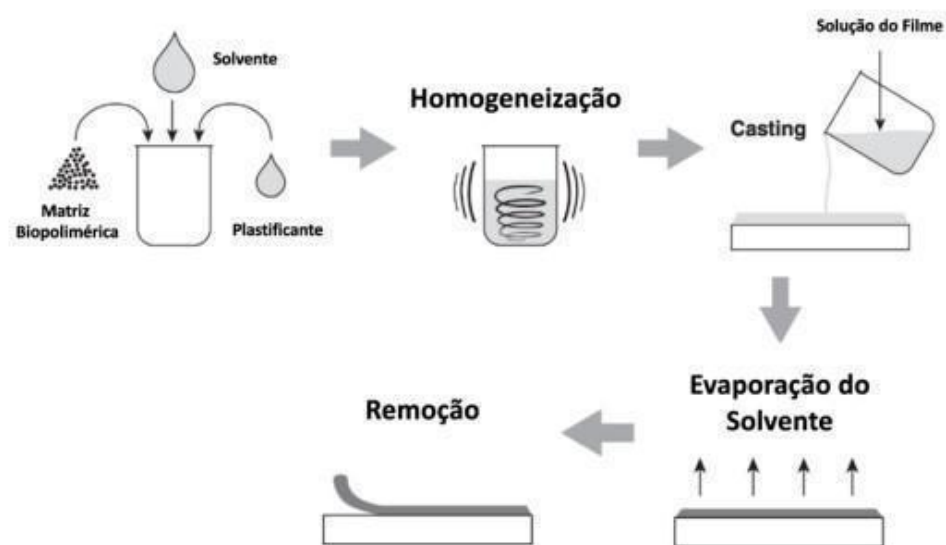
4.1 MATERIAL

As frutas foram adquiridas em uma fazenda localizada na cidade de Areia – PB, colhidas maduras no segundo semestre de 2024. Após a colheita, foram higienizadas com detergente neutro e imersas em água clorada a 200 ppm. Em seguida, foram cortadas ao meio e subdivididas em casca, sementes, polpa e caroço, sendo utilizada apenas a polpa para secagem. Após a secagem, a polpa foi triturada em um liquidificador doméstico, obtendo-se a farinha, que permaneceu armazenada em um saco laminado com zíper até o momento da produção da embalagem ativa, bem como para as análises microbiológicas e físico-químicas. O processo de secagem foi realizado em estufa com circulação de ar forçado a 60 °C, com pesagens periódicas, até peso constante.

4.2 OBTENÇÃO DO FILME (MÉTODO DE *CASTING*)

O método utilizado nesta pesquisa foi o de *Casting* (Figura 2), uma das técnicas mais conhecidas para a elaboração de filmes em escala laboratorial. No caso do amido, após o processo de gelatinização, a amilose e a amilopectina se dispersam na solução aquosa e se recompõem durante a secagem, estruturando a matriz que originou o filme (El Halal *et al.*, 2015). Após a completa evaporação do solvente utilizado, o filme foi formado sobre uma superfície plana, para que o solvente conseguisse evaporar e, conseqüentemente apresentar a formação da película sólida de polímero, que também pode ser acelerada por aquecimento. Esse método apresenta um caminho alternativo, de baixo custo e eficiente para produção de filmes (Ambrosi *et al.*, 2008).

Figura 2 – Técnica de casting para produção de filmes em escala laboratorial



Fonte: De Azeredo *et al.* (2014)

4.3 ELABORAÇÃO DOS FILMES E AMOSTRAGEM

Os filmes foram desenvolvidos pelo método de casting, conforme descrito por Soares (1998) e adaptado por Silveira (2005). As formulações foram preparadas utilizando uma solução composta por 2,5 g de farinha de fruta-pão, 2,5 g de amido de milho, 3 mL de glicerol como plastificante e 92 mL de água destilada. Para conferir atividade antimicrobiana, foram incorporadas duas concentrações de óleo essencial de manjeriço, sendo elas 1,0% e 2,0%.

No total, foram realizados quatro (4) tratamentos (Tabela 1), conforme descrito a seguir, obtivemos o Tratamento-controle: carne sem filme; Tratamento 1 - carne embalada com filme; Tratamento 2 – carne embalada com filme + 1,0% de óleo essencial de manjeriço; Tratamento 3 – carne

Tabela 1. Definições dos tratamentos a serem aplicados em carne de coelho

TRATAMENTOS	COMPOSIÇÃO
Tratamento-controle	Carne
Tratamento 1	Carne+filme
Tratamento 2	Carne + filme + 1,0% de óleo essencial de Manjeriço
Tratamento 3	Carne + filme + 2,0% de óleo essencial de Manjeriço

Fonte: Autora (2024)

5. CARACTERIZAÇÃO DOS FILMES

5.1 SOLUBILIDADE DOS FILMES

Para a análise de solubilidade em água, foi utilizada a metodologia descrita por Gontard, Guilbert e Cuq (1992). Os filmes foram colocados em Erlenmeyers com capacidade de 200 mL, aos quais foram adicionados 25 mL de água destilada. Em seguida, os frascos foram agitados por 8 horas a 25 °C. Após a agitação, os filmes foram secos em estufa a 105 °C por 24 horas, a fim de determinar a massa seca final. A solubilidade em água dos filmes foi calculada com base na Equação 1.

Eq.1

$$SOL = \frac{(mi2 - ms2)}{mi2 - ma} \times 100$$

ms² = massa seca final (g)

mi² = massa seca inicial (g)

ma = massa de água

SOL = Solubilidade do filme (%)

5.1.1 UMIDADE DOS FILMES

A umidade dos filmes foi determinada por secagem em estufa a 105 °C por 24 horas de acordo com a Association of Official Analytical Chemists 930.04 (AOAC, 1990). A umidade foi calculada com a Equação 2, onde U é a umidade do filme (%), mi é a massa inicial da amostra (g) e ms é a massa seca final da amostra (g).

$$Umidade (\%) = \frac{Massa\ inicial - Massa\ seca}{Massa\ inicial} \times 100$$

Eq.2

mi1 = massa inicial (g)

ms1 = massa seca final da amostra (g)

U = umidade (%)

5.2 APLICAÇÃO DOS FILMES EM CARNE DE COELHO

Os filmes foram testados em carne de coelho (pernil) obtida no Laboratório de Cunicultura do Campus III, Centro de Ciências Humanas, Sociais e Agrárias (CCHSA), em Bananeiras, PB. Cada face do pernil foi recoberta com uma formulação de filme, acondicionada em bandejas de isopor e lacrada com filme plástico de polietileno. Posteriormente, as amostras foram armazenadas em estufa incubadora tipo BOD a 8 °C e analisadas nos períodos de 0, 5 e 10 dias, para avaliação da conservação.

5.3 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

As análises microbiológicas seguiram os protocolos sugeridos pela Resolução de Diretoria Colegiada da Agência Nacional de Vigilância Sanitária – RDC Anvisa - nº 724, de 01 de julho de 2022 e Instrução Normativa nº 161, de 1 julho de 2022, alterada pela IN nº 313, de 4 de setembro de 2024 (Anvisa). Os micro-organismos pesquisados foram *Salmonella* spp./ 25g, *Escherichia coli*/g, para produtos cárneos crus, segundo metodologias descritas no Manual da *American Public Health Association* - APHA (2015).

5.4 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS

As análises físico-químicas seguiram os protocolos recomendados pelo Instituto Adolf Lutz, para medição de pH, atividade de água e umidade. Cor seguiram parâmetros observados de acordo com a escala CIELAB (L*, a*, b*, C e h°), utilizando colorímetro Minolta CR – 10 (CIE, 1986).

5.5 OXIDAÇÃO LIPÍDICA (TBA)

A metodologia utilizada seguiu o procedimento descrito por Rosmini (1996) Primeiramente, foram preparados tubos de ensaio com tampa, os quais foram colocados em banho-maria a 100 °C por 35 minutos. Após o aquecimento, os tubos foram resfriados rapidamente em banho com gelo. A absorbância foi medida a 532 nm utilizando cubetas de vidro. A partir dos dados obtidos, gerou-se os gráficos de dispersão com os valores de

absorbância e concentração para determinar a equação da reta. Os valores de concentração foram então convertidos nos pesos moleculares do TEP (Peróxidos Totais) que medem os produtos primários da oxidação lipídica. Os peróxidos e hidroperóxidos que são formados na fase inicial da oxidação das gorduras, e do MDA (Malondialdeído) que é um dos principais produtos secundários formados pela degradação de ácidos graxos poli insaturados durante a oxidação. O MDA é frequentemente medido como um indicador do grau de oxidação lipídica em estágios mais avançados. O método mais comum para determinar o MDA é o teste de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBARS).

5.6 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental foi uma fatorial 4x3, com 4 tratamentos e 3 períodos de armazenamento (0, 5 e 10 dias), em triplicata. Os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro ($p \leq 0,05$), utilizando o software *SAS® OnDemand for Academics* (2024).

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

6.1 ASPECTOS VISUAIS DO FILME

Nas Figuras 3 e 4, observa-se a solução filmogênica e a morfologia dos filmes após a secagem. Os filmes apresentaram boa maquinabilidade e destacaram-se facilmente das placas após o processo de secagem. O filme-controle exibiu maior transparência e brilho, enquanto os filmes incorporados com óleo essencial demonstraram maior opacidade, conforme descrito por Gallo *et al.* (2000). Todas as formulações exibiram superfícies homogêneas com grânulos de fibras, sem evidências de migração de glicerol ou óleo essencial.

Figura 4. Filme após secagem



Figura 3. Solução filmogênica

Fonte: Autora (2024)

Figura 4. Filme após secagem



Fonte: Autora (2024)

O controle da espessura é um parâmetro crucial a ser avaliado, pois reflete a repetibilidade e homogeneidade das embalagens, sendo desafiador alcançar alta uniformidade na produção de filmes pela técnica de *casting* (Sobral, 1999). Os filmes contendo óleo essencial de manjerição, bem como o controle, apresentaram espessuras médias de 0,20 mm,

0,19 mm e 0,16 mm, respectivamente, evidenciando que a incorporação dos óleos essenciais resultou em um aumento da espessura dos filmes, corroborando com as observações de Ugalde (2014), que investigou blendas poliméricas de quitosana e amido de milho com adição de óleo essencial de orégano e cravo-da-índia.

Henrique (2018) mostra que os filmes de amidos de mandioca modificados sobre diferentes concentrações apresentaram variação de espessura entre 0,06 e 0,12 mm, valores estes, menores do que o presente trabalho. Mohammad *et al.* (2012) relataram em seu estudo sobre filmes de quitosana e amido de milho com espessuras médias de 0,20 mm, também obtidas através da técnica de *casting*.

6.2 PROPRIEDADES MECÂNICAS

6.2.1 UMIDADE E SOLUBILIDADE DOS FILMES

Os resultados de solubilidade e umidade dos filmes estão dispostos Tabela 2.

Tabela 2. Valores médios de umidade e solubilidade dos filmes e suas concentrações

Parâmetros	Filmes		
	TF	T1	T2
Umidade (%)	57,75± 2,42a	63,56± 5,89b	61,72± 7,15b
Solubilidade (%)	74,22± 1,28a	75,29± 3,47a	84,82± 2,79a

*Letras diferentes maiúsculas na mesma coluna e letras diferentes minúsculas na mesma linha indicam diferença significativa de acordo com o teste de Tukey ($\alpha=0,05$); TF = Filme; T1 = Filme com concentração de 1% de óleo essencial de manjerição; T2 = Filme com concentração de 2% de óleo essencial de manjerição

A umidade dos filmes é algo crucial que afeta diretamente a flexibilidade e resistência. A diferença significativa entre o controle (TF) e os filmes com óleo essencial (T1 e T2) indica que a adição do óleo essencial aumenta a capacidade de retenção de água nos filmes. Segundo Sánchez-González *et al.*, (2011) isso pode ser explicado devido à presença de componentes hidrofílicos no óleo essencial de manjerição ou à alteração estrutural da matriz do filme, que pode se tornar mais aberta e suscetível à absorção de umidade. O tratamento com 1 % de óleo T1 tem a maior umidade, o que sugere que a concentração moderada de óleo essencial promove uma interação que permite uma maior captação de água. González *et al.*, (2011)

descreve que o óleo essencial pode interagir com os polímeros do filme (derivado da farinha de fruta-pão, no caso), criando ligações de hidrogênio que aumentam a afinidade com moléculas de água.

O tratamento com 2% de óleo T2 também apresentou maior umidade que o controle, mas foi um pouco menor que T1, o que pode indicar que a maior quantidade de óleo essencial leva a uma saturação da matriz, limitando a retenção adicional de água. A maior umidade pode ser vantajosa em termos de flexibilidade e elasticidade do filme, conforme descrito por Galus & Kadzińska (2015), que observaram que filmes com maior umidade tendem a ser menos quebradiços. Mas, apesar disso, um conteúdo elevado de água pode reduzir a resistência mecânica do material, tornando-o mais suscetível à degradação em ambientes úmidos.

A solubilidade do filme é um indicativo de sua estabilidade em contato com a água, o que é importante para embalagens que devem preservar a integridade em ambientes úmidos. O tratamento T1 apresentou uma solubilidade praticamente igual à do filme controle, sugerindo que a adição de 1% de óleo essencial não altera significativamente a estrutura do filme a ponto de aumentar sua solubilidade. Isso indica uma boa estabilidade estrutural e resistência à água nesse nível de incorporação do óleo, já o tratamento T2 por outro lado, mostrou um aumento significativo na solubilidade, o que sugere que, em concentrações mais elevadas, o óleo essencial altera a matriz polimérica de forma a torná-la mais suscetível à dissolução em água. Este fenômeno pode ser atribuído à interação dos componentes lipofílicos do óleo essencial com as cadeias poliméricas, rompendo interações entre os polímeros e facilitando sua degradação em contato com a água.

Esse aumento na solubilidade com 2% de óleo essencial pode ser uma desvantagem para aplicações em que o filme precise resistir à umidade, como em embalagens de alimentos frescos ou processados que geram vapor ou umidade durante o armazenamento. Segundo Sánchez-González *et al.* (2011), a adição de óleos essenciais em filmes pode aumentar sua solubilidade devido à interferência nas interações poliméricas, especialmente em biopolímeros hidrofílicos.

Conforme descrito por Sobral (1999), a umidade dos filmes biodegradáveis é influenciada por fatores como a composição da matriz polimérica e o método de produção. O aumento observado nos filmes com óleo essencial pode ser atribuído à natureza higroscópica de alguns compostos presentes no óleo, que podem interagir com a água, aumentando a

capacidade de retenção de umidade. No entanto, essa diferença não foi suficientemente pronunciada para alterar significativamente a estrutura dos filmes.

Estudos como os de Gallo *et al.* (2010) indicam que a incorporação de óleos essenciais podem aumentar a umidade de filmes poliméricos, especialmente quando há presença de compostos lipofílicos que promovem uma barreira à perda de água.

Esse aumento da solubilidade do T2 também pode ser explicada pelo efeito plastificante do óleo essencial, que altera a estrutura da matriz polimérica ao reduzir as interações intermoleculares entre as cadeias de amido e farinha de fruta-pão. De acordo com Ugalde (2014), a adição de óleos essenciais a blends poliméricas pode aumentar a solubilidade dos filmes devido à maior dispersão das moléculas no interior da matriz, facilitando a penetração de água. O óleo essencial de manjerição, rico em compostos fenólicos, pode promover uma certa desestruturação das cadeias de amido, resultando em maior facilidade de dissolução em meio aquoso, o que é corroborado por Abdollahi, Rezaei e Farzi (2012), que também observaram aumento da solubilidade em filmes de quitosana com adição de óleos essenciais e nanoargilas.

Esses resultados se mostram importantes para a aplicação dos filmes como embalagens ativas, pois uma solubilidade mais alta pode ser desejável em contextos onde se busca uma liberação controlada de compostos ativos, como antimicrobianos e antioxidantes, em contato com alimentos frescos, como carnes. No entanto, a solubilidade também pode ser um fator limitante se o filme precisa manter sua integridade por longos períodos, como discutido por Souza *et al.* (2017), que apontaram que filmes muito solúveis podem se degradar rapidamente em ambientes úmidos.

As propriedades de barreira dos filmes, como a umidade e a solubilidade, desempenham um papel crucial na funcionalidade das embalagens ativas, especialmente no caso de carnes frescas, como carne de coelho, que requerem embalagens que inibam a proliferação microbiana sem comprometer a qualidade sensorial do produto. Estudos sugerem que a adição de óleos essenciais em filmes poliméricos pode atuar tanto como agente antimicrobiano quanto como modulador de propriedades físico-químicas, como relatado por Jafarzadeh *et al.* (2020), que estudaram filmes de amido com óleos essenciais de alecrim para embalar produtos cárneos.

No contexto deste trabalho, os resultados de solubilidade aumentada observados nos filmes T2 indicam que esses filmes podem apresentar uma liberação mais eficiente de compostos antimicrobianos no ambiente de contato com a carne, prolongando sua vida útil.

No entanto, é importante balancear esse efeito com a estabilidade mecânica e o tempo de degradação dos filmes em condições de armazenamento.

A adição de óleo essencial de manjeriço não afetou significativamente as propriedades de solubilidade dos filmes, indicando que eles são promissores para aplicações que exigem uma liberação controlada de compostos ativos. No entanto, a umidade dos filmes apresentou variações significativas, o que sugere que, nesse aspecto, os filmes mantêm sua integridade hídrica mesmo com a adição do óleo. Estes resultados são consistentes com a literatura, que indica que óleos essenciais podem modificar a estrutura de filmes poliméricos, aumentando sua solubilidade e, potencialmente, suas propriedades antimicrobianas (Gallo *et al.*, 2010; Ugalde, 2014).

6.3 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS E MICROBIOLÓGICAS DA CARNE DE COELHO

Na Tabela 3 são apresentados os valores médios da composição físico-química

Tabela 3. Valores médios de umidade, cinzas, pH e aw em carne embaladas com filmes biodegradáveis adicionados de óleo essencial de manjeriço.

Parâmetros	Dias	Tratamentos			
		TC	T1	T2	T3
Umidade (%)	1	67,27± 1,70Aa	70,09±4,67Aa	68,45± 5,93Ba	71,75± 3,34Aa
	5	68,53± 3,35Ab	73,67±1,51 Ba	72,44±1,47Ca	74,61± 0,65Ba
	10	67,35± 2,21 Aa	71,60± 2,27 Ba	72,84± 1,93 Ca	68,83± 2,45Aa
Cinzas (%)	1	0,76±0,03Aa	1,88± 0,80Ab	1,84± 0,51 Bb	1,73± 0,46Ab
	5	0,71± 0,02Aa	1,19± 0,04Bb	1,02± 0,03Ab	1,11± 0,0A5
	10	0,93± 0,03 Ba	2,12± 0,71Ab	2,54± 0,34 Bb	1,43± 0,86Ab
pH (%)	1	5,52± 0,29Aa	6,19± 0,02Ab	6,35± 0,09Ab	6,64± 0,07Bb
	5	6,23± 0,11Ba	6,13± 0,09Aa	6,18± 0,07Aa	6,13± 0,03Aa
	10	6,70± 0,23 Ba	6,69± 0,29 Ba	6,70±0,07Ba	6,39± 0,09 ABa
Aw (%)	1	0,86± 0,01Aa	0,83± 0,01Aa	0,84± 0,01Aa	0,85± 0,01Aa
	5	0,87± 0Aa	0,85± 0Aa	0,86± 0,005Aa	0,85± 0Aa
	10	0,87± 0,005Aa	0,85±0,005Aa	0,86± 0,005Aa	0,86± 0,01Aa

Letras diferentes maiúsculas na mesma coluna e letras minúsculas na mesma linha indicam diferença significativa de acordo como teste de Tukey a um nível de 5% de probabilidade; TC= carne *in natura*, T1= carne com filme; T2= carne mais filme com 1% de óleo essencial de manjeriço; T3= carne mais filme com 2% de óleo essencial de manjeriço.

A umidade dos tratamentos (TC, T1, T2, T3) foi monitorada ao longo de 1, 5 e 10 dias. Observa-se que, no primeiro dia, os filmes tratados apresentaram umidade maior que a da carne não embalada. No dia 10, o valor da umidade diminuiu gradualmente, o que é esperado em função da perda de água ao longo do tempo.

A diminuição da umidade com o tempo é uma característica comum de embalagens ativas. Estudos como os de González *et al.* (2020) observaram uma redução na umidade ao longo do tempo em filmes compostos de amido e polímeros biodegradáveis, especialmente em filmes contendo óleos essenciais de alecrim, manjerição e tomilho, que podem alterar a permeabilidade ao vapor d'água. De acordo com Soares *et al.* (2019), a permeabilidade de filmes com óleos essenciais pode influenciar a retenção de umidade, mas a diminuição observada ao longo do tempo nos filmes T1 e T2 indica que a embalagem permitiu uma certa perda de água, o que pode ter impacto positivo na preservação de alimentos como carne de coelho, que precisa evitar excessiva umidade para não acelerar o crescimento microbiano.

As porcentagens de cinzas variaram ligeiramente entre os tratamentos, mas sem grandes diferenças significativas. O valor de cinzas se manteve relativamente estável ao longo do tempo, com valor mais baixo para TC 0,76% no dia 1 e um pequeno aumento nos filmes com óleo essencial. Os níveis de cinzas variaram ao longo dos 10 dias, isso sugere que houve uma concentração maior de resíduos minerais à medida que a umidade diminuiu. O aumento do conteúdo de cinzas pode estar relacionado à concentração de compostos não voláteis na carne embalada à medida que a água evapora.

Segundo Galus e Kadzińska (2016), o aumento no teor de cinzas em filmes pode ser observado quando há uma redução do teor de umidade, como observado no presente estudo. Isso ocorre, pois a perda de água aumenta a concentração dos componentes minerais presentes nos alimentos. A análise estatística mostra que TC e T1 não diferiram estatisticamente entre si em nenhum dos dias, T2 e T3 também não diferiram entre si ao longo dos dias, TC/T1 diferiram de T2/T3 em todos os dias de análise, o que significa que T2 e T3 apresentaram um teor de cinzas significativamente maior em comparação com TC e T1, sugerindo que a composição dos filmes afetou o comportamento dos resíduos minerais ao longo do tempo.

O pH inicial da carne foi aumentando gradualmente nos dias subsequentes. Nos tratamentos com filmes (T1, T2, T3), o pH foi inicialmente mais elevado, e manteve-se relativamente estável ao longo do tempo, TC (carne in natura) teve um aumento significativo no pH ao longo dos dias e foi sempre estatisticamente diferente de todos os outros tratamentos em todos os tempos avaliados, com pH mais elevado, T1 (filme sem óleo essencial) e T2

(filme com 1% de óleo essencial) não apresentaram diferença significativa no dia 1 e no dia 5, mas no dia 10 se tornaram diferentes de T3, já o T3 (filme com 2% de óleo essencial) apresentou os menores valores de pH em todos os dias e foi estatisticamente diferente dos outros tratamentos nos dias 5 e 10, o que indica uma maior eficácia do filme com 2% de óleo essencial na preservação da qualidade da carne, ao evitar o aumento do pH, que está associado à deterioração. O aumento do pH da carne ao decorrer dos dias pode ser atribuído à atividade microbiana, que leva à produção de metabólitos alcalinos. O uso de filmes ativos contendo óleo essencial de manjerição pode ter ajudado a diminuição do pH, como relatado por Souza *et al.* (2017), que observou que filmes à base de quitosana e óleos essenciais retardam a deterioração de produtos cárneos ao inibir o crescimento bacteriano. O pH mais estável nos tratamentos com filmes pode ser uma evidência de que os filmes estão atuando como uma barreira efetiva, mantendo as características de frescor da carne.

A atividade de água variou pouco ao longo do tempo, mas não apresentou diferença estatística nos três tratamentos. Isso sugere que, embora a umidade tenha diminuído, os níveis de A_w mantiveram-se dentro de uma faixa que ainda pode permitir o crescimento microbiano. A atividade de água é um dos principais parâmetros para a conservação de alimentos, pois valores acima de 0,85 podem favorecer o crescimento de micro-organismos patogênicos, como apontado por Alves *et al.* (2018). Os valores obtidos para A_w no presente estudo estão dentro dessa faixa, o que sugere que os filmes, embora tenham sido eficazes em reduzir a umidade, podem necessitar de ajustes adicionais, como maior incorporação de agentes antimicrobianos.

Ao se fazer uma análise do geral dos dados obtidos, revela-se que os filmes ativos com óleo essencial de manjerição (T1 e T2) tiveram impacto positivo na retenção de umidade e controle do pH da carne embalada, o que pode prolongar a vida útil do produto. Os resultados de cinzas sugerem que os filmes influenciaram a concentração de minerais, provavelmente devido à evaporação da água e à maior estabilidade química promovida pelos óleos essenciais. A atividade de água, mesmo controlada, representa um ponto de atenção para a conservação de alimentos perecíveis.

6.3.1 COR

Na Tabela 4. São apresentados os valores médios de cor em carne embalada com filmes biodegradáveis adicionados de óleo essencial de manjerição.

Tabela 4. Valores médios de cor em carne embaladas com filmes biodegradáveis adicionados de óleo essencial de manjerição

Cor	Dias	Tratamentos		
		T1	T2	T3
L	1	44,60± 0,26 Ba	47,13± 2,15Ab	46,60± 0,36Ab
	5	47,47± 0,21 Aa	48,63± 4,06Aa	48,63± 1,31 Aa
	10	48,33± 5,88Aa	56,23± 9,35Bb	50,03± 7,50 Ba
a	1	8,13± 0,46Aa	8,13± 0,55Aa	6,53± 1,06Aa
	5	7,17± 0,71 Ab	9,17± 1,01Aa	5,57± 0,40Ab
	10	7,43± 2,80Aa	7,00± 3,28Aa	7,97± 2,06Aa
b	1	13,73± 0,32Aa	14,83± 0,84 Aa	14,03± 0,67Aa
	5	13,07± 0,46Aa	15,67± 0,75Aa	15,07± 0,70 ABa
	10	14,93± 2,43Aa	13,93± 0,95Aa	17,83± 1,80Bb
C	1	16,23± 0,45 Aa	18,23± 2,02Ab	14,70± 1,22Aa
	5	15,50± 0,36Aa	18,10± 1,15Ab	15,07± 0,81 ABa
	10	15,87± 4,30Aa	15,87± 1,50 Ba	17,83± 1,14Ba
h	1	60,33± 1,01Aa	65,10± 4,95Ab	67,03± 5,27Ab
	5	59,53± 1,78Aa	60,07± 2,86Ba	71,93± 1,36Aa
	10	62,23± 5,06Aa	60,37± 15,08 Ba	60,47± 5,30 Ba

Letras diferentes maiúsculas na mesma coluna e letras minúsculas na mesma linha indicam diferença significativa de acordo como teste de Tukey a um nível de 5% de probabilidade; T1= carne com filme; T2= carne mais filme com 1% de óleo essencial de manjerição; T3= carne mais filme com 2% de óleo essencial de manjerição.

A tabela 4 apresenta os resultados das medições de cor dos tratamentos (T1 T2 e T3) ao longo de diferentes dias (1, 5 e 10). Os parâmetros de cor reportados incluem as coordenadas L (luminosidade), a (vermelha/verde), b (amarela/azul), C (croma) e h (ângulo hue). O valor L indica a claridade da amostra, onde valores mais altos indicam uma amostra mais clara e valores mais baixos indicam uma amostra mais escura.

Nos dias 1, 5 e 10, a luminosidade da carne embalada com os diferentes tratamentos variou significativamente, onde T1 (foi estatisticamente igual a T3, mas diferente de T2 que apresentou maior luminosidade, no dia 5 não houve diferença estatística entre os tratamentos, já no dia 10 houve diferença significativa, T2 apresentou maior luminosidade e diferiu de T1 e T3, que foram semelhantes entre si.

A variação da luminosidade ao longo do tempo pode estar associada à proteção oferecida pelos filmes. Segundo Suman e Joseph (2013), a oxidação lipídica e proteica pode levar a mudanças de cor em carnes, especialmente a perda de pigmentos que contribuem para a cor vermelha original. A luminosidade pode aumentar com o tempo devido à perda de

umidade, como discutido por Lorenzo *et al.* (2014), que observaram um aumento na luminosidade em carne armazenada com embalagens contendo antioxidantes. A redução da água superficial pode fazer com que a carne reflète mais luz, dando uma aparência mais clara. Alves *et al.* (2018) relataram que filmes ativos com compostos antioxidantes podem minimizar a perda de luminosidade ao longo do tempo, o que pode ser um fator influente nos tratamentos com óleos essenciais (T1 e T2), resultando em valores relativamente estáveis de L ao longo dos dias.

O parâmetro 'a' reflète a intensidade do componente vermelho (valores positivos) ou verde (valores negativos). Nos tratamentos, o valor de 'a' apresentou variações ao longo dos dias. No dia 1, T1 e T2 não apresentaram diferença significativa, já T3 foi significativamente diferente, com valores mais baixos, já no dia 10 T1, T2 e T3 foram estatisticamente iguais. Ao longo do tempo, os valores de 'a' diminuíram, sugerindo uma perda da cor vermelha típica de carne fresca. A diminuição do valor de 'a' ao longo do tempo pode ser resultado da oxidação da mioglobina, que é responsável pela coloração vermelha da carne fresca. Bekhit *et al.* (2021) relataram que a oxidação da mioglobina leva à formação de metamioglobina, que resulta em uma cor mais amarronzada e menos atrativa para o consumidor. O uso de filmes ativos com óleos essenciais, como observado nos tratamentos T1 e T2, pode ajudar a retardar essa oxidação, embora os resultados mostram que a perda de vermelhidão ainda ocorreu especialmente no tratamento T2.

O parâmetro 'b' indica a intensidade do componente amarelo (valores positivos) ou azul (valores negativos). No dia 1, os valores de 'b' foram similares entre os tratamentos, com um leve aumento ao longo dos dias. O tratamento T2 apresentou o maior valor de 'b' (17,83) no 10º dia, sugerindo um aumento na coloração amarelada. O aumento no valor de 'b' ao longo do tempo pode estar relacionado ao desenvolvimento de compostos de oxidação lipídica que afetam a cor da carne. Segundo Lagerstedt *et al.* (2011), o aumento da coloração amarelada pode estar associado à oxidação dos lipídios presentes na carne, o que é mais pronunciado em carnes que não foram protegidas adequadamente contra o oxigênio. O uso de óleos essenciais nos tratamentos T1 e T2 pode ter oferecido alguma proteção, mas o aumento dos valores de 'b' sugere que o controle da oxidação não foi completo. O valor de 'P' para tratamentos (0,2885) e dias (0,6086) indica que as diferenças nos valores de 'b' não foram estatisticamente significativas, o que reforça a tendência geral observada nos parâmetros de cor.

O parâmetro C conforme observado, nos mostram que a carne tratada com óleo essencial de manjerição (T1 e T2) apresentaram menor variação na saturação da cor em comparação ao controle, sugerindo que os compostos antioxidantes presentes no óleo foram eficazes na inibição da oxidação lipídica e na preservação dos pigmentos naturais da carne, como a mioglobina. Ojagh *et al.* (2010), descreve que ao utilizar óleo essencial de orégano em embalagens de quitosana, também observaram uma menor alteração nos parâmetros de cor em filetes de peixe durante o armazenamento. O óleo essencial de orégano, assim como o de manjerição, possui alta capacidade antioxidante, o que reduz a degradação dos pigmentos naturais e mantém a estabilidade da cor. De forma similar, Rojas e Brewer (2007) relataram que antioxidantes naturais, como o extrato de chá verde e a vitamina E, foram capazes de preservar a cor da carne bovina moída, retardando a oxidação de mioglobina.

O estudo de Fernández-López *et al.* (2005) destaca a eficácia do óleo essencial de alecrim na preservação da cor em embutidos, mantendo os parâmetros de cor (L^* , a^* , b^* e C^*) durante o armazenamento. Assim como observamos no presente trabalho, a utilização de óleos essenciais em embalagens ativas desempenha um papel crucial na manutenção da qualidade visual dos produtos cárneos, retardando a oxidação e preservando a cor original, o que é essencial para a aceitação do consumidor.

O ângulo (h) descreve a tonalidade da cor percebida. Ao longo do tempo, os tratamentos mostraram uma ligeira variação nos valores de h, com destaque para o tratamento T1, que apresentou um valor de 71,93 no 10º dia. A variação no ângulo hue pode ser interpretada como uma mudança na tonalidade geral da carne, o que reflete a degradação de pigmentos naturais como a mioglobina. Lagerstedt *et al.* (2011) Observaram que mudanças no ângulo Hue estão diretamente relacionadas à oxidação da mioglobina e à conversão de carne vermelha em tons marrons ou amarelos. Estévez *et al.* (2007) estudaram o impacto da oxidação lipídica e proteica em produtos cárneos cozidos e observaram que o ângulo hue era um indicador sensível das alterações de cor durante o armazenamento. A mudança no ângulo h para valores mais elevados refletiu a degradação dos pigmentos vermelhos para tonalidades mais amareladas ou marrons. Akhter *et al.* (2019) estudaram a influência de embalagens com antioxidantes naturais sobre a estabilidade da cor de carne de frango. Eles observaram que os tratamentos com antioxidantes resultaram em menor variação no ângulo h, indicando que a oxidação lipídica foi inibida, o que preservou a tonalidade original da carne durante o armazenamento.

A análise dos parâmetros de cor mostra que os filmes ativos contendo óleo essencial de manjerição (T1 e T2) apresentaram algum efeito na preservação da cor da carne ao longo do tempo, mas ainda houve uma tendência geral de perda de vermelhidão e aumento da coloração amarelada devido à proteica. A estabilidade da cor é um dos principais fatores que afetam a aceitação dos produtos cárneos pelo consumidor, e a utilização de antioxidantes naturais pode ser uma estratégia para prolongar a vida útil da carne, como demonstrado por Suman e Joseph (2013) , Bekhit *et al.* (2021).

6.3.2 TBA

Na Tabela 5. São apresentados os valores médios de TBA em carnes embaladas com filmes biodegradáveis adicionados de óleo essencial de manjerição

Tabela 5. Valores médios de TBA em carnes embaladas com filmes ativos adicionados de óleo essencial de manjerição

TBA	Dias	Tratamentos		
		T1	T2	T3
	1	0,79± 0,34Aa	0,75± 0,3Aa	0,84± 0,04Aa
	10	1,46± 0,04Bb	0,66± 0,0A2a	0,61± 0,03Aa

*Letras diferentes maiúsculas na mesma coluna e letras diferentes minúsculas na mesma linha indicam diferença significativa de acordo com o teste de Tukey ($\alpha=0,05$); TF = Filme; T1 = Filme com concentração de 1% de óleo essencial de manjerição; T2 = Filme com concentração de 2% de óleo essencial de manjerição.

A Tabela número 5 mostra os resultados do índice de substâncias reativas ao ácido tiobarbitúrico (TBA) em carne embalada com três tratamentos diferentes (TF, T1 e T2) ao longo de 10 dias. O TBA é uma medida comum para avaliar o nível de oxidação lipídica, que resulta na formação de produtos secundários como aldeídos, que afetam o sabor, aroma e segurança da carne. O tratamento controle (T1) apresentou um valor de 0,79, indicando um nível moderado de oxidação lipídica, os tratamentos T1 (0,75) e T2 (0,84) exibiram valores de TBA ligeiramente diferentes, sugerindo que a incorporação do óleo essencial influenciou a oxidação inicial.

O valor de TBA aumentou significativamente para 1,46 no tratamento controle (T1), mostrando uma maior oxidação lipídica, o que é esperado com o passar do tempo em condições sem aditivos antioxidantes, já para os tratamentos T2 e T3, os valores diminuíram para 0,66 e 0,61, respectivamente, após 10 dias, indicando que o uso de óleo essencial nesses tratamentos ajudou a reduzir a oxidação lipídica.

A oxidação lipídica é um dos principais fatores que comprometem a qualidade da carne durante o armazenamento, contribuindo para o desenvolvimento de sabores e odores desagradáveis, bem como afetando a aparência. O teste de TBA é amplamente utilizado para medir a peroxidação lipídica, e valores mais altos indicam maior grau de deterioração lipídica.

Os tratamentos T1 e T2, que incluem óleos essenciais, mostraram uma significativa redução nos valores de TBA em comparação com o controle, especialmente no 10º dia. Isso sugere que o óleo essencial tem propriedades antioxidantes que ajudam a retardar a oxidação lipídica. Esses resultados são consistentes com estudos como o de Sánchez-Escalante *et al.* (2001), que demonstraram que a adição de antioxidantes naturais, como extratos de plantas, reduz a oxidação lipídica em carne durante o armazenamento.

Já segundo Lorenzo *et al.* (2014), valores de TBA superiores a 1 mg de malonaldeído por kg de carne são indicativos de oxidação lipídica avançada. Demonstrado no quadro, o tratamento controle (TF) ultrapassou esse limite no dia 10, enquanto os tratamentos T1 e T2 mantiveram valores abaixo desse nível, o que demonstra a eficácia dos óleos essenciais na preservação da qualidade da carne.

Os resultados indicam que os filmes ativos contendo óleo essencial (T1 e T2) foram capazes de retardar significativamente o processo de oxidação lipídica em comparação com o controle, como evidenciado pelos baixos valores de TBA no 10º dia. Isso confirma o potencial do uso de óleo essencial de manjeriço como antioxidantes naturais na conservação de carne de coelho.

6.3.3 ANÁLISES MICROBIOLÓGICAS

O quadro apresenta os resultados das análises microbiológicas de coliformes nas amostras de carne tratadas (TC, T1 e T2) durante 10 dias de armazenamento.

Quadro 1. Resultados de Coliformes totais (NMP/g) em carnes embaladas com filmes ativos adicionados de óleo essencial de manjerição

Resultado de Coliformes Totais				
Tempo de armazenamento (10 dias)				
Tratamentos	1	5	10	*Legislação
TC	< 3	< 3	< 3	5x10 ²
TF	< 3	< 3	< 3	-
T1	< 3	< 3	< 3	-
T2	< 3	< 3	< 3	-

NMP = Número mais provável; *RDC nº 724/2022

TC = Tratamento controle; TF= Tratamento com filme; T1= Tratamento com filme mais 1% de óleo essencial; T2= Tratamento com filme mais 2% de óleo essencial.

A contagem de coliformes totais (<3 UFC/g) foi consistentemente abaixo do limite de detecção em todos os tratamentos (T1, T2 e T3) e ao longo de todos os dias de armazenamento (1, 5 e 10 dias). Isso indica que a embalagem ativa utilizada (nos tratamentos T1 e T2), com concentrações de óleo essencial de manjerição foi eficaz em inibir o crescimento de coliformes durante o período de armazenamento.

Segundo Jay *et al.* (2005), coliformes totais são usados como indicadores higiênico-sanitários. Resultados abaixo do limite de detecção (<3 UFC/g) sugerem boas práticas higiênicas e controle eficiente de condições de contaminação ao longo do processamento e armazenamento. Estudos com embalagens ativas contendo óleos essenciais de orégano também demonstraram eficácia na inibição de coliformes, como relatado por Burt (2004), que mostrou que os mesmos possuem atividade antimicrobiana contra uma variedade de bactérias, incluindo coliformes.

O quadro a seguir apresenta os resultados das análises microbiológicas de *Salmonella* spp nas amostras de carne tratadas (T1, T2 e T3) durante 10 dias de armazenamento

Quadro 2. Resultados de *Salmonella* spp. em carnes embaladas com filmes ativos adicionados de óleo essencial de manjerição

Resultado de <i>Salmonella</i> spp.				
Tempo de armazenamento (10 dias)				
Tratamentos	1	5	10	Legislação
TC	Aus	Aus	Aus	Aus

TF	Aus	Aus	Aus	-
T1	Aus	Aus	Aus	-
T2	Aus	Aus	Aus	-

N

Salmonella spp. não foi detectada em nenhum dos tratamentos ao longo do período de 10 dias, a ausência de *Salmonella* spp. não é um resultado esperado em produtos de carne que seguem rigorosos controles de segurança alimentar. Ray e Bhunia (2013) destacam que a presença de *Salmonella* spp. é uma das principais preocupações de saúde pública associadas ao consumo de carne contaminada. A ausência de *Salmonella* spp. em todos os tratamentos indica que o processo de embalagem e o óleo essencial presente nas embalagens ativas T1 e T2 foram eficazes em prevenir a contaminação ou o crescimento deste patógeno.

Alguns estudos também relataram resultados semelhantes em termos de controle microbiológico com o uso de embalagens ativas contendo óleos essenciais de manjerição. Oussalah *et al.* (2007) mostraram que óleos essenciais como o de manjerição e orégano são altamente eficazes contra *Salmonella* e coliformes, quando aplicados em sistemas de embalagem ativa. Da mesma forma, Holley e Patel (2005) relataram que filmes incorporando óleos essenciais são capazes de reduzir significativamente a carga microbiana em produtos cárneos, especialmente durante o armazenamento refrigerado.

Os resultados microbiológicos indicam que as embalagens ativas (T1 e T2) contendo óleo essencial de manjerição, além de retardar a oxidação lipídica e preservar a cor da carne, também são eficazes na prevenção da proliferação de coliformes totais e *Salmonella* spp. ao longo de 10 dias de armazenamento. Isso reforça o potencial dos filmes para aumentar a segurança microbiológica de produtos cárneos frescos.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A partir dos resultados obtidos nas análises do filme, físico-químicas, microbiológicas, conclui-se que o uso de embalagens ativas à base de farinha de fruta-pão, amido de milho e óleo essencial de manjerição mostrou ser uma estratégia eficiente para prolongar a vida de prateleira de carne de coelho. Os tratamentos T1 e T2, com incorporação de óleo essencial,

apresentaram um controle eficaz da oxidação lipídica, conforme evidenciado pela análise de TBA, em que as amostras tratadas mostraram menor índice de oxidação em comparação ao controle. Nas análises de cor, observou-se uma leve alteração nos parâmetros, mas sem impacto significativo em termos de oxidação lipídica visível. Isso sugere que o óleo essencial de manjerição desempenhou um papel na manutenção das características visuais da carne, além de atuar como barreira antioxidante.

Em relação à segurança microbiológica, as embalagens ativas se mostraram eficientes na prevenção do crescimento de coliformes totais e na ausência de *Salmonella* spp., mantendo os padrões exigidos pela legislação vigente para carnes e alimentos seguros durante o armazenamento de 10 dias. Esses dados corroboram com estudos anteriores que destacam o potencial antimicrobiano de óleos essenciais, especialmente em sistemas de embalagem ativa.

Portanto, as embalagens desenvolvidas neste estudo mostraram-se relevantes para a vida de prateleira da carne de coelho, ao melhorar a qualidade do produto final e aumentar sua segurança microbiológica.

REFERÊNCIAS

- ALVES, T. M.; KLOSOSKI, S. J.; MONTANHINI, M. T. M. Produção e caracterização de amidos de mandioca modificados. **Revista AGROTEC**, v. 36, n. ISSN 0100-7467, p. 58–64, 2006.
- AMBROSI, A.; MORRIN A.; SMYTH, M. R.; KILLARD, A. J. The application of conducting polymer nanoparticle electrodes to the sensing of ascorbic acid. **Analytica Chimica Acta**, v. 609, p. 37-43, 2008.
- AOAC. Association of Official Analytical Chemists. **Official methods of analysis**: 930.04. Moisture content in plants. 40. 1990.
- ASTM. American Society for Testing and Materials. Standard test methods for water vapor transmission of materials. **ASTM E96-00**, Philadelphia, 8. 2000.
- BERNARDS, D. A.; DESAI, T. A. Nanoscale porosity in polymer films: fabrication and therapeutic applications. **Soft Matter**, v. 6, p. 1621-1631, 2010.
- BURT, S. A. Essential oils: their antibacterial properties and potential applications in foods – A review. **International Journal of Food Microbiology**, v. 94, p. 223-253, 2004.
- CALO, J. R.; CRANDALL, P. G.; O'BRYAN, C. A.; RICKE, S. C. Essential oils as antimicrobials in food systems - A review. **Food Control**, v. 54, p. 111–119, 2015.
- CARDOSO, L. G.; SOUZA, C. O. de; GUIMARÃES, A. G. Prospecção Tecnológica de Patentes sobre a Utilização de Embalagens Antimicrobianas em Alimentos. **Cadernos de Prospecção**, v. 10, n. 1, p. 14–23, 2017.
- CAZÓN, P.; VELAZQUEZ, G.; RAMÍREZ, J. A.; VÁZQUEZ, M. Polysaccharide-based films and coatings for food packaging: A review. **Food Hydrocolloids**, v. 68, p. 136–148, 2017.

CULLERE, M.; DALLE ZOTTE, A. Rabbit meat production and consumption: State of knowledge and future perspectives. **Meat Science**, v. 143, p. 137-143, 2018.

CUTILLAS, A. B.; CARRASCO, A.; MARTINEZ-GUTIERREZ, R.; TOMAS, V.; TUDELA, J. Thyme essential oils from Spain: Aromatic profile ascertained by GC–MS, and their antioxidant, anti-lipoxygenase and antimicrobial activities. **Journal of Food and Drug Analysis**, v. 26, n. 2, p. 529–544, 2018.

DALLE ZOTTE, A.; SZENDRO, Z. The role of rabbit meat as functional food. **Meat Science**, v. 88, n. 3, p. 319-331, 2011.

DEIVANAI, S.; BHORE, S. J. Breadfruit (*Artocarpus altilis* fosb.) – an underutilized and neglected fruit plant species. **Middle-East J. Sci. Res**, v. 6, n. 5, p. 418–428, 2010.

DONEGÁ, M. A.; FERREZINI, G.; MELLO, S. C.; MINAMI, K.; SILVA, S. R. Recipientes e substratos na produção de mudas e no cultivo hidropônico de tomilho (*Thymus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Plantas Medicinais**, v. 16, n. 2, p. 271–274, 2014.

DONSÌ, F.; FERRARI, G. Essential oil nanoemulsions as antimicrobial agents in food. **Journal of Biotechnology**, v. 233, p. 106–120, 2016.

DUKE, J. A. Manual of Constituents Phytochemicals of GRAS Herbs and Other Economic Plants. Boca Raton: CRC Press, 1992.

EUROPEAN COMMISSION. Commission Regulation (EC) No 450/2009 of 29 May 2009 on active and intelligent materials and articles intended to come into contact with food. **Off. J. Eur. Union**, L 135, p. 3–11, 2009.

Estévez, M., Ventanas, S., & Cava, R. (2007). Oxidation of lipids and formation of volatile compounds in fermented sausages made with different types of pork backfat. **Meat Science**, 77(4), 595-603.

EVANGELHO, J. A.; BIDUSKI, B.; DA SILVA, W. M.; DE MELLO EL HALAL, S. L.; LENHANI, G. C.; ZANELLA PINTO, V.; DA ROSA ZAVAREZE, E. Carioca bean starch upon synergic modification: characteristics and films properties. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 2020.

Fernández-López, J., Sevane, L., Sayas-Barberá, E., Navarro, C., & Pérez-Alvarez, J. A. (2005). Utilization of lemon albedo in dry-cured sausages. **Meat Science**, 69(3), 387-393

GARAVAND, F.; ROUHI, M.; RAZAVI, S. H.; CACCIOTTI, I.; MOHAMMADI, R. Improving the integrity of natural biopolymer films used in food packaging by crosslinking approach: A review. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 104, p. 687–707, 2017.

GHASEMI, P. A.; HASHEMI, M.; GHAFAROKHI, F. T. Essential oil and chemical compositions of wild and cultivated *Thymus daenensis* Celak and *Thymus vulgaris* L. **Industrial Crops and Products**, v. 48, p. 43–48, 2013.

GONTARD, M.; GUILBERT, S.; CUQ, J. L. Edible wheat gluten films: Influence of the main process variables on film properties using response surface methodology. **Journal of Food Science**, v. 57, n. 1, p. 19–27, 1992.

GUARANDI, J. et al. Effect of a sea buckthorn pomace extract-esterified potato starch film on the quality and spoilage bacteria of beef jerky sold in supermarket. **Food Chemistry**, 2020; v. 326, p. 127001.

HYLDGAARD, M.; MYGIND, T.; MEYER, R. L. Essential oils in food preservation: Mode of action, synergies, and interactions with food matrix components. **Frontiers in Microbiology**, v. 3, n. JAN, p. 1–24, 2012.

INSTITUTO ADOLF LUTZ. Métodos Físico-Químicos para Análise de Alimentos. São Paulo: Instituto Adolf Lutz.

JEONG, O.; SHIN, M. Preparation and stability of resistant starch nanoparticles, using acid hydrolysis and cross-linking of waxy rice starch. **Food Chemistry**, v. 256, n. January, p. 77–84, 2018.

KIM, S.; YANG, S. Y.; CHUN, H. H.; SONG, K. B. High hydrostatic pressure processing for the preparation of buckwheat and tapioca starch films. **Food Hydrocolloids**, v. 81, p. 71–76, 2018.

KHORSHIDIAN, N.; YOUSEFI, M.; KHANNIRI, E.; MORTAZAVIAN, A. M. Potential application of essential oils as antimicrobial preservatives in cheese. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 45, n. March 2017, p. 62–72, 2018.

KORDALI, S.; CAKIR, A.; OZER, H.; CAKMAKCI, R.; KESDEK, M.; METE, E. Antifungal, phytotoxic and insecticidal properties of essential oil isolated from Turkish *Origanum acutidens* and its three components, carvacrol, thymol and p-cymene. **Bioresource Technology**, v. 99, n. 18, p. 8788–8795, 2008.

KREPKER, M.; SHEMESH, R.; DANIN POLEG, Y.; KASHI, Y.; VAXMAN, A.; SEGAL, E. Active food packaging films with synergistic antimicrobial activity. **Food Control**, v. 76, p. 117–126, 2017.

LANGSTON, B.; LINCOLN, N. The role of breadfruit in biocultural restoration and sustainability in Hawai‘i. **Sustainability**, v. 10, n. 11, p. 3965, 2018.

NOGUEIRA, G. F.; FAKHOURI, F. M.; OLIVEIRA, R. A. de. Extraction and characterization of arrowroot (*Maranta arundinaceae* L.) starch and its application in edible films. **Carbohydrate Polymers**, v. 186, n. January, p. 64–72, 2018.

OJAGH, S. M., Rezaei, M., Razavi, S. H., & Hosseini, S. M. H. (2010). Effect of chitosan coatings enriched with cinnamon oil on the quality of refrigerated rainbow trout. **Food Chemistry**, 120(1), 193-198.

OMIDI, S.; MAGHSOUDI, V.; MOHAMMADZADEH, F.; RAZAVI, S. M. A. **Assessing the physicochemical and antioxidant properties of wheat germ protein isolate-polysaccharide edible films in the presence of *Thymus vulgaris* essential oil.** *LWT*, v. 102, p. 1–9, 2019.

PEREIRA, C. M. P.; CARVALHO, S. A.; SILVA, A. V. C.; DA SILVA, D. G. M.; ALVES, M. M. P.; MACHADO, A. C. V. Novel insights into the role of protein-bound polysaccharides (PSP) from edible mushrooms *Pleurotus ostreatus* as packaging films in extending the shelf life of meat products. *Food Research International*, v. 130, p. 108934, 2020.

PETERSON, M. A.; WHITE, J. E.; BENNETT, R. D.; FLEMING, C.; FRANZ, J. T. Prevalence and antimicrobial resistance in *Staphylococcus aureus* in raw rabbit meat: A threat to public health? *Journal of Food Safety*, v. 41, n. 5, p. e12863, 2021.

QIN, Y.; YU, M.; ZHAI, Y.; YANG, J.; ZHOU, Y.; ZHANG, D. Preparation and characterization of biodegradable composite films based on starch/chitosan and containing nattokinase. *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 133, p. 113–119, 2019.

RAI, M.; INAMKEAR, M.; GADE, A. Silver nanoparticles as a new generation of antimicrobials. *Biotechnology Advances*, v. 27, p. 76-83, 2009.

ROJAS, M. C., & Brewer, M. S. (2007). Effect of natural antioxidants on oxidative stability of cooked, refrigerated beef and pork. *Journal of Food Science*, 72(4), S282-S288.

SAHIN, S.; SAMLI, R.; CAKMAKCI, R.; OKUT, D.; GOKHAN, G. Effect of Thyme (*Thymus vulgaris* L.) Essential Oil Application by Film Coating on Seed Germination and Seedling Growth in Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Plant Growth Regulation*, v. 40, n. 1, p. 355–366, 2021.

SILVA, M. A. A.; PAIVA, M. M.; GODOY, R. L. O.; ARAÚJO, J. M. A.; BORGES, S. V.; VIANA, E. S. Estrutura e propriedades físico-mecânicas de biofilmes elaborados a partir de blendas amido de milho e gelatina. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 34, n. 4, p. 981–986, 2010.

SILVA, P. L.; BOURGET, L.; JASMIN, D.; SMITH, K. L.; MATHURIN, D.; O'CONNOR, M.; PONS, M.; BAILLARGEON, J. A.; FOISSAC, L.; GRANIER, C. Antibacterial and antioxidant effects of thyme and rosemary essential oils on rabbit meat during refrigerated storage. **Food Chemistry**, v. 365, p. 130473, 2021.

TAHMASEBI, S.; BARDAR, R. Study of the effects of thyme and oregano essential oils on oxidative stability and microbial quality of beef and lamb. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 43, n. 2, p. e13889, 2019.

TERRA, M. R.; ANDRADE, G. M.; TAVARES, T. M. G.; VELOSO, A. C. Estudo da atividade antioxidante de embalagens ativas antimicrobianas à base de amido de mandioca e óleo essencial de tomilho. **Revista Brasileira de Embalagem**, v. 28, n. 2, p. 56-66, 2022.

ABDOLLAHI, M.; REZAEI, M.; FARZI, G. A novel active bionanocomposite film incorporating rosemary essential oil and nanoclay into chitosan. **Journal of Food Engineering**, v. 111, p. 343-350, 2012.

Almada, L. F., Firmo, M. J., Arruda, T. R., & Júnior, B. R. (2022). Embalagens ativas antioxidantes: uma estratégia para a conservação de alimentos com alto teor lipídico. Research, **Society and Development**, 11(11). doi:<https://doi.org/10.33448/rsd-v11i11.34112>.

Alves, V. A., et al. (2018). Effect of edible films on the quality and shelf life of meat products. **Journal of Food Protection**, 81(3), 537-544.

Bekhit, A. E. D. A., et al. (2021). Oxidative processes in muscle systems and fresh meat: Sources, markers, and prevention. **Food Chemistry**, 338, 128063.

Brasil. (20 de setembro de 2002). RESOLUÇÃO-RDC Nº 259, DE 20 DE SETEMBRO 2002. Acesso em 06 de novembro de 2022, disponível em Ministério da Saúde: https://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2002/rdc0259_20_09_2002.html#:~:text=2.2.,con%20direto%20com%20os%20alimentos.

Domínguez, R., et al. (2019). Shelf life of meat and meat products: Oxidative stability and microbial spoilage. **Trends in Food Science & Technology**, 79, 118-127.

Filip, S., Vidović, S., Vladić, J., Pavlić, B., Adamović, D., & Zeković, Z. (2016). Composição química e propriedades antioxidantes de extratos de *Ocimum basilicum* L. obtidos por extração de dióxido de carbono supercrítico: Método de exaustão de fármacos. *J. of Supercritical Fluids*, 109, 20–25. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2015.11.006>.

GALLO, J.-A. Q. et al. Lipid hydrophobicity, physical state and distribution effects on the properties of emulsion-based films. **Journal of Membrane Science**, v. 180, n. n. 1, p. 37-46, 2000.

Galus, S., & Kadzińska, J. (2016). Food applications of emulsion-based edible films and coatings. **Trends in Food Science & Technology**, 52, 48-61.

González, A., et al. (2020). Active biopolymer films based on starch and essential oils for food packaging applications. **Food Chemistry**, 129(3), 1040-1046.

Lagerstedt, Å., et al. (2011). Influence of vacuum or high-oxygen modified atmosphere packaging on quality of beef steaks stored at 4 °C. *Meat Science*, 88(3), 400-408.

Landin, A. P., Bernardo, C. O., Martins, I. B., Francisco, M. R., Santos, M. B., & Melo, N. R. (2016). Sustentabilidade quanto às embalagens de alimentos no Brasil. [doi:https://doi.org/10.1590/0104-1428.1897](https://doi.org/10.1590/0104-1428.1897).

Lima, D. C., Costa, P. M., Paulino, C., Tonholo, J., Uchoa, S. B., Nascimento, T. G., & Ribeiro, A. (2018). Estudo de Prospecção Tecnológica sobre Embalagens Ativas para Vegetais. *Cadernos De Prospecção*, 11(4), 1150-1165.

Lorenzo, J. M., Bedia, M., & Sanchez-Pena, C. M. (2014). Effect of natural antioxidants on the oxidative stability of frozen meat. **Meat Science**, 97(3), 454-460.

Mahmoudi, H., Marzouki, M., M'Rabet, Y., Mezni, M., Ouazzou, A. A., & Hosni, K. (2020). O pré-tratamento enzimático melhora a recuperação de fitoquímicos bioativos de folhas de manjeriço doce (*Ocimum basilicum* L.) e seus subprodutos residuais hidrodestilados, e potencializa suas atividades biológicas. *Arabian Journal of Chemistry*. <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2020.06.003>.

Martinazzo, J., Piazza, S. P., Scherer, G. C., & Pieta, L. (abr./jun. de 2020). Embalagens ativas: uma tecnologia promissora na conservação de alimentos. **Brazilian Journal of Food Research**, 11(2), 171-194.

Milenković, L., Stanojević, J., Cvetković, D., Stanojević, L., Lalević, D., Šunić, L., Fallik, E., & Ilić, Z. S. (2019). Nova tecnologia na produção de manjeriço com alto rendimento e qualidade de óleo essencial. *Culturas e Produtos Industriais*, 140, 111718. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.111718>.

MOHAMMAD, O. T. et al. **Modification of mechanical and thermal property of chitosan-starch blend films**. *Radiation physics and chemistry*, v. 81, p. 1659-1668, 2012.

Negreiros, C. V., Guimarães, G. A., & Druzian, J. I. (2014). **ESTUDO PROSPECTIVO DO “SHELF LIFE” DOS ALIMENTOS ACONDICIONADOS EM EMBALAGENS E TECNOLOGIAS CORRELATAS SOB O ENFOQUE EM PEDIDOS DE PATENTES DEPOSITADOS NO MUNDO ENTRE 1969 A 2011**. *Cadernos de Prospecção*, 6(3), 283-292. doi:10.9771/cp.v6i3.11416.

Peron, T., Santos, T. C., Silva, L. D., Arruda, T. R., & Júnior, B. R. (2022). Embalagens ativas: uma alternativa para vegetais minimamente processados? **Research, Society and Development**, 11(10). doi: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i10.33043>.

Ray, B., & Bhunia, A. K. (2013). **Fundamental food microbiology**. CRC Press.

Sánchez-Escalante, A., Djenane, D., Torrescano, G., Beltrán, J. A., & Roncalés, P. (2001). Antioxidant action of borage, rosemary, oregano, and ascorbic acid in beef patties packaged in modified atmosphere. **Journal of Food Science**, 66(1), 110-114.

Santos, A. M., & Yoshida, C. M. (2011). Embalagem. Recife: Edufrpe.

Silva, M. G. V. (2004). Composition of essential oils from three *Ocimum* species obtained by steam and microwave distillation and supercritical CO₂ extraction. *ARKIVOC*, 6, 66-71.

Soares, N. F., et al. (2019). Antimicrobial packaging systems for extending the shelf life of foods. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, 67(13), 3805-3817.

Souza, M. P., et al. (2017). Antimicrobial activity of biodegradable chitosan films incorporated with essential oils. **International Journal of Biological Macromolecules**, 104, 1180-1188.

Sung, S. Y., Sin, L. T., Tee, T. T., Bee, S. T., Rahmat, A. R., Rahman, W. A. W. A., & Vikhraman, M. (2013). Antimicrobial agents for food packaging applications. **Trends in Food Science & Technology**, 33(2), 110-123.

Suman, S. P., & Joseph, P. (2013). Myoglobin chemistry and meat color. *Annual Review of Food Science and Technology*, 4, 79-99.

Teixeira, S. C., Soares, N. d., & Stringheta, P. C. (2021). Desenvolvimento de embalagens inteligentes com alteração colorimétrica incorporadas com antocianinas: uma revisão crítica. **Brazilian Journal of Food Technology**, 24. doi:<https://doi.org/10.1590/1981-6723.03321>.

UGALDE, Mariane Lobo. Biofilmes ativos com incorporação de óleos essenciais. 168f. Tese (Engenharia de Alimentos)- Universidade Regional Integrada