



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA *CAMPUS*
DE VITÓRIA DA CONQUISTA –BA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM FITOTECNIA

**EFICIÊNCIA DE REVESTIMENTO À BASE DE AMIDO DE MANDIOCA E
ÓLEOESSENCIAL DE *salvia sclarea* NANOENCAPSULADO NA
CONSERVAÇÃO PÓS- COLHEITA DE MANGA ‘PALMER’**

GABRIELA LEITE SILVA

VITÓRIA DA CONQUISTA
BAHIA - BRASIL
2023

GABRIELA LEITE SILVA

**EFICIÊNCIA DE REVESTIMENTO À BASE DE AMIDO DE MANDIOCA E
ÓLEOESSENCIAL DE *salvia sclarea* NANOENCAPSULADO NA
CONSERVAÇÃO PÓS- COLHEITA DE MANGA ‘PALMER’**

Dissertação apresentada à Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para a obtenção do título de “Mestre”.

Orientadora: Dsc. CRISTIANE MARTINS VELOSO
Coorientadora: Dsc. MARIA APARECIDA CASTELLANI

**VITÓRIA DA CONQUISTA
BAHIA - BRASIL
2023**

S578e

Silva, Gabriela Leite.

Eficiência de revestimento à base de amido de mandioca e óleo essencial de *Salvia Sclarea* nanoencapsulado na conservação pós-colheita de manga 'palmer'. / Gabriela Leite Silva, 2023.

65f. : il.

Orientador (a): DSc. Cristiane Martins Veloso.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Área de concentração em Fitotecnia. Vitória da Conquista, 2023.

Inclui referência F. 50 - 65.

1.Mangicultura. 2. Climatérico. 3. Solução filmogênica. I. Veloso, Cristiane Martins. II. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia. T.III.

CDD. 634.34

Catálogo na fonte: **Juliana Teixeira de Assunção – CRB 5/1890**
UESB – Campus Vitória da Conquista – BA



UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
Área de Concentração em Fitotecnia

Campus de Vitória da Conquista, BA

DECLARAÇÃO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: EFICIÊNCIA DE REVESTIMENTO À BASE DE AMIDO DE MANDIOCA E ÓLEO ESSENCIAL DE *Salvia sclarea* NANOENCAPSULADO NA CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE MANGA 'PALMER'.

AUTOR (A): Gabriela Leite Silva

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA, ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM FITOTECNIA, pela seguinte Banca Examinadora:



Documento assinado digitalmente

CRISTIANE MARTINS VELOSO

Data: 30/09/2023 08:34:10-0300

Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Cristiane Martins Veloso, D.Sc. (UESB)

Documento assinado digitalmente



FABIANA FUMI CERQUEIRA SASAKI

Data: 02/10/2023 07:29:52-0300

Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Fabiana Fumi Cerqueira Sasaki D.Sc. (Embrapa Mandioca e Fruticultura)



Documento assinado digitalmente

SERGIO TONETTO DE FREITAS

Data: 30/09/2023 09:27:00-0300

Verifique em <https://validar.itl.gov.br>

Sérgio Tonetto de Freitas, D.Sc. (Embrapa Semiárido)

Data de realização: 29 de Setembro de 2023.

Estrada do Bem Querer, Km 4, CEP 45031-900, Caixa Postal 95, Vitória da Conquista, Bahia, Brasil
Telefone: (77) 3425-9383, e-mail: ppgagronomia@uesb.edu.br

DEDICATÓRIA

A Deus, o autor da vida, pela graça de tê-lo como meu mestre maior e fiel protetor;
Aos meus familiares, por acreditarem e apoiarem os meus sonhos;
Aos amigos, que tornaram a minha jornada mais leve.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Ao altíssimo Deus, toda honra e toda glória, pois és a fonte da palavra que alimenta meus sonhos, e a força que me possibilita vencer todas as adversidades com coração contrito no seu fiel amor; e, assim, assegura-me a viver todo o propósito. Gratidão, pois te sinto em cada passo do meu caminhar.

Aos meus pais, Otacílio e Mariane, por sempre me incentivarem na minha jornada acadêmica, e por terem me acolhido e encorajado nos momentos difíceis, pela sensibilidade e amor demonstrados desde sempre.

À minha irmã, Grazielle, por estar sempre ao meu lado, por ter me apoiado com palavras, gestos e momentos de descontração, te amo maninha.

Às minhas avós que tanto amo, Zoraide e Flordenice, pelo carinho, cuidado, pelas orações que sempre me alcançaram.

Ao meu namorado, Silas, por todas as palavras de encorajamento, carinho, paciência e ajuda durante a condução do experimento.

À minha ORIENTADORA, *D.Sc.* Cristiane Martins Veloso, por me orientar e por ser minha mentora desde meu primeiro ano de graduação. Ela confiou, encorajou-me, compartilhou o conhecimento, sempre com humildade e generosidade; pela paciência e o ORIENTAR na medida certa. Meus sinceros agradecimentos e admiração, sabes que a tenho como meu exemplo de profissional e pessoa (humana), que nos permite acreditar que chegaremos ao objetivo.

À professora *D.Sc.* Maria Aparecida Castellani, pela coorientação durante todo o trabalho, pela atenção e disponibilidade em contribuir com este estudo.

Aos meus amigos: Ingrid, Matheus Dias, Geovana, Raul e Thaís, pela amizade, carinho, porsonharem junto comigo e me incentivarem a conquistar meus objetivos.

Aos meus amigos da pós-graduação (PPGA e PPGEAL): Matheus, Bruna, Dioneire (Dica), Jaqueline, Maiara, Leonardo, Maria José e Eduardo, por toda a parceria, dedicação, carinho e, principalmente, por todos os conselhos durante esse período e momentos de descontração. É um privilégio poder fazer parte de um laboratório de pessoas que crescem juntos.

Aos meus amigos do LabQui-III, Carlos e Gabriel, que se mostraram sempre proativos durante a condução do experimento, e por terem tornado esse momento leve e divertido. Estarei à disposição para ajudar vocês em seus projetos.

Aos colegas do Moscamed, Ariel, Francisca e Micaela, por sempre estarem dispostos a ajudar.

À minha médica, Karenina, por todo cuidado e atenção durante esse período, zelando pelo meu bem-estar.

À banca examinadora, D.Sc. Sérgio Tonetto de Freitas e D.Sc. Fabiana Fumi Cerqueira Sasaki, que muito contribuíram com conhecimento e dedicaram esse tempo especial para avaliação do trabalho.

Aos membros do Laboratório Biofábrica, na pessoa do Professor D.Sc. Alcebíades, pela estrutura ali disponibilizada, e por todo aconselhamento.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa) Mandioca e Fruticultura, em especial; e a toda equipe do Laboratório de Ciência e Tecnologia de Alimentos (LCTA), pela disponibilização da estrutura e todo acolhimento durante a realização das análises.

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), pela disponibilização da estrutura para realização e condução dos experimentos;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa de estudos.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para que essa conquista fosse alcançada.

GRATIDÃO!

♪ “Não há ferrolhos, nem portas Que se fechem diante da tua voz

Pois, sua palavra é pura Escudo para os que nele creem” ♪

(Voz da Verdade, Escudo).

RESUMO

SILVA, G. L. **Eficiência de revestimento à base de amido de mandioca e óleo essencial de *Salvia sclarea* nanoencapsulado na conservação pós-colheita de manga ‘palmer’**. Vitória da Conquista – BA: UESB, 2023, 70p.
Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Área de concentração em Fitotecnia*

A mangicultura demanda de tecnologias de pós-colheita que resolvam as limitações, no tocante à exportação, como o uso de revestimentos comestíveis que aumente o tempo de prateleira, por meio da modificação da atmosfera interna das frutas, retardando a respiração e a biossíntese do fitohormônio etileno, responsável pelo aceleração no processo de amadurecimento. Objetiva-se, no presente estudo, avaliar a eficiência de revestimentos à base de amido de mandioca, com óleo essencial de *Salvia sclarea* L. encapsulado na conservação pós-colheita de manga ‘Palmer’. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), sendo três concentrações do óleo essencial (0,3% m/m; 0,6% m/m e 0,9% m/m) + 4% de amido de mandioca (m/v), uma testemunha negativa (SOE- óleo de canola e 4% de amido de mandioca m/v), e uma testemunha absoluta (SR- somente 4% de amido de mandioca), sendo, portanto, 5 tratamentos, com 04 repetições, e 10 frutos por repetição, totalizando 200 frutos. Cada tratamento foi aplicado por meio de imersão das frutas em solução filmogênica, por 20min. Após secagem em sala climatizada, a 21°C ±2°C por 24h, as frutas foram acondicionadas em bandejas de polietileno e armazenadas em BOD, a 13°C e 85% UR, por um período de 21 dias, sendo estabelecido 4 períodos de avaliação aos 1, 7, 15 e 21 dias, quando dois frutos foram utilizados em cada período para as avaliações dos atributos de qualidade: perda de massa; firmeza; coloração das frutas; sólidos solúveis (SS), pH e acidez titulável (AT); conteúdo de clorofilas, carotenoides e vitamina C. Os resultados obtidos demonstram que o revestimento apresentou barreira a trocas gasosas (O₂ e CO₂) e H₂O, com efeito positivo no retardo, nas perdas de firmeza e massa, assim como nas mudanças de acidez titulável, teor de sólido solúveis, carotenoides, clorofilas totais, cor da casca e polpa, sendo o tratamento com 0,3% de óleo essencial, o que apresentou melhores resultados. As maiores concentrações do OE (0,6 % e 0,9%) promoveram instabilidade na estrutura do revestimento. A incidência de microrganismos patogênicos foi inibida em todos os tratamentos, exceto pela testemunha absoluta que apresentou manchas decorrentes da antracnose, indicando efeito antifúngico/fungistático em todas as concentrações. Assim, demonstrou-se que o uso do revestimento comestível com adição de óleo essencial de *Salvia sclarea* favoreceu o retardo do amadurecimento das frutas de manga ‘Palmer’, surgindo como alternativa ao uso de fungicidas sintéticos em pós-colheita para controle da qualidade, e maior aceitação pelo consumidor.

PALAVRAS-CHAVE: Mangicultura; climatérico, solução, filmogênica.

* **Orientadora:** Prof^ª. Cristiane Martins Veloso, D. Sc, UESB e Coorientadora: Prof^ª. Maria Aparecida Castellani, UESB.

ABSTRACT

SILVA, G. L. **Efficiency of a coating based on cassava starch with nanoencapsulation of essential oil from *Salvia sclarea* applied on mango (*Mangifera indica* L.) Var. Palmer for postharvest conservation.** Vitória da Conquista – BA: UESB, 2021, 70p. (Dissertation: Master Science in Agronomy: Area of concentration: Crop Science). *

Mangiculture demands post-harvest technologies that resolve export limitations, such as the use of edible coatings that increase shelf life, by modifying the internal atmosphere of the fruits, delaying respiration and the biosynthesis of the phytohormone ethylene responsible for accelerating the ripening process. The aim of this study is to evaluate the efficiency of coatings based on cassava starch, with essential oil from *Salvia sclarea* L. Encapsulated in the post-harvest conservation of 'Palmer' mango. The experiment was conducted in a completely randomized design (DIC), with three concentrations of essential oil (0.3% m/m; 0.6% m/m and 0.9% m/m) + 4% cassava starch (m/v), a negative control (SOE- canola oil and 4% cassava starch (m/v), and an absolute control (SR- only 4% cassava starch), therefore, 5 treatments, with 04 repetitions, and 10 fruits per repetition, totaling 200 fruits. Each treatment was applied by immersing the fruits in a film-forming solution for 20 minutes. After drying in an air-conditioned room at 21°C ± 2°C for 24 hours, the fruits were placed in polyethylene trays and stored in BOD at 13°C and 85% RH, for a period of 21 days, with 4 evaluation periods being established at 1, 7, 15 and 21 days, where two fruits were used in each period to evaluate quality attributes: loss of mass; firmness; fruit color; soluble solids (SS), pH and titratable acidity (TA); content of chlorophylls, carotenoids and vitamin C. The results obtained demonstrate that the coating presented a barrier to gas exchange (O₂ and CO₂) and H₂O, with a positive effect on delaying the loss of firmness and mass, as well as changes in titratable acidity, soluble solid content, carotenoids, total chlorophylls, skin and pulp chroma, with treatment with 0.3% essential oil which presented better results. The highest concentrations of EO (0.6% and 0.9%) promoted instability in the coating structure. The incidence of pathogenic microorganisms was inhibited in all treatments, except for the absolute control, which showed spots resulting from anthracnose, indicating an antifungal/fungistatic effect at all concentrations. Thus, it was demonstrated that the use of the edible coating with the addition of *Salvia sclarea* essential oil favored the delay in the ripening of 'Palmer' mango fruits, emerging as an alternative to the use of synthetic fungicides in post-harvest for quality control, and greater consumer acceptance.

KEYWORDS: Mango culture; climacteric; filmogenic solution.

***Advisor:** Prof^a. Cristiane Martins Veloso, D. Sc, UESB and **Coadvisor:** Prof^a. Maria Aparecida Castellani, UESB.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Perfil de viscosidade de amido de mandioca (*Manihot sculenta* Crantz.) obtido no *Rapid* *Visco* *Analyzer* –
RVA.....38
- Figura 2.** Firmeza da casca (A) e firmeza de polpa (B) de mangas ‘Palmer’ revestidas à base de amido de mandioca com diferentes concentrações de óleo essencial, armazenadas a $13 \pm 0,5^\circ \text{C}$, por 21 dias. SEM: sem revestimento; SOE: sem óleo essencial; 0,3%: 0,30% (m/m) de óleo essencial; 0,6%: 0,60% (m/m) de óleo essencial; 0,9%: 0,90% (m/m) de óleo essencial.....40
- Figura 3.** Perda de massa de mangas ‘Palmer’ revestidas à base de amido de mandioca com diferentes concentrações de óleo essencial, armazenadas a $13 \pm 0,5^\circ \text{C}$, por 21 dias. SEM: sem revestimento; SOE: sem óleo essencial; 0,3%: 0,30% (m/m) de óleo essencial; 0,6%: 0,60% (m/m) de óleo essencial; 0,9%: 0,90% (m/m) de óleo essencial.....41
- Figura 4.** Acidez titulável (A) e sólidos solúveis (B) de mangas ‘Palmer’ revestidas à base de amido de mandioca com diferentes concentrações de óleo essencial, armazenadas a $13 \pm 0,5^\circ \text{C}$, por 21 dias. SEM: sem revestimento; SOE: sem óleo essencial; 0,3%: 0,30% (m/m) de óleo essencial; 0,6%: 0,60% (m/m) de óleo essencial; 0,9%: 0,90% (m/m) de óleo essencial.....43
- Figura 5.** Ph de mangas ‘Palmer’ revestidas à base de amido de mandioca com diferentes concentrações de óleo essencial, armazenadas a $13 \pm 0,5^\circ \text{C}$, por 21 dias. SEM: sem revestimento; SOE: sem óleo essencial; 0,3%: 0,30% (m/m) de óleo essencial; 0,6%: 0,60% (m/m) de óleo essencial; 0,9%: 0,90% (m/m) de óleo essencial.....44
- Figura 6.** Teor de ácido ascórbico de mangas ‘Palmer’ revestidas à base de amido de mandioca com diferentes concentrações de óleo essencial, armazenadas a $13 \pm 0,5^\circ \text{C}$, por 21 dias. SEM: sem revestimento; SOE: sem óleo essencial; 0,3%: 0,30% (m/m) de óleo essencial; 0,6%: 0,60% (m/m) de óleo essencial; 0,9%: 0,90% (m/m) de óleo essencial.....45
- Figura 7.** Teores de carotenoides (A) e clorofilas totais (B) de mangas ‘Palmer’ revestidas à base de amido de mandioca com concentrações de óleo essencial, armazenadas a $13 \pm 0,5^\circ \text{C}$, por 21 dias. SEM: sem revestimento; SOE: sem óleo essencial; 0,3%: 0,30% (m/m) de óleo essencial; 0,6%: 0,60% (m/m) de óleo essencial; 0,9%: 0,90% (m/m) de óleo essencial47
- Figura 8.** Imagens comparativas da casca de mangas ‘Palmer’ revestidas à base de amido de mandioca com diferentes concentrações de óleo essencial (SEM, SOE, 0,3%, 0,6% e 0,9%) armazenadas aos 1, 7, 15 e 21 dias, a $13 \pm 0,5^\circ \text{C}$ (A); Imagem comparativa dos tratamentos SR e 0,3% de óleo essencial no 21º dia de armazenamentos (B); Imagens comparativas da polpa dos tratamentos SR e 0,3% de óleo essencial no 21º dia de armazenamentos.50
- Figura 9.** Análise de componentes principais (ACP): distribuição das amostras em gráficos de pontuação para interação do tipo de revestimento e períodos de avaliação. SEM: sem revestimento; SOE: sem óleo essencial; 0,3%: 0,30% (m/m) de óleo essencial;

0,6%: 0,60% (m/m) de óleo essencial; 0,9%: 0,90% (m/m) de óleo essencial; D dia de avaliação.52

Figura 10. Análise de componentes principais (ACP): gráfico de carga fatorial de variáveis físicas e químicas de manga ‘Palmer’ ao longo do Componente Principal 1 e 2 (CP1 e CP2).53

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela 1. Caracterização do amido de mandioca nativo. | 36 |
| Tabela 2. Propriedades de pasta de amido de mandioca (<i>manihot sculenta crantz.</i>) obtidos no <i>rapid visco analyzer</i> (rva). | 39 |
| Tabela 3. Ângulo hue e croma (casca e polpa) de mangas ‘palmer’ revestidas à base de amido de mandioca com diferentes concentrações de óleo essencial (sem, soe, 0,3%, 0,6% e 0,9%) armazenadas aos 1, 7, 15 e 21 dias, a $13 \pm 0, 5^\circ$ | 49 |
| Tabela 4. Coeficientes de correlação de pearson para os parâmetros de qualidade de manga ‘palmer’, para os componentes principais (cps) 1 e 2. | 51 |

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

| | |
|-------------|---|
| ACP | Análise de Componente Principal |
| AOAC | <i>Association Official Analytical Chemists</i> |
| C | Croma |
| CP's | Componentes principais |
| cP | Centipoise |
| DCFI | 2,6 – diclorofenol indofenol |
| DMSO | Dimetilsulfóxido |
| h° | Ângulo Hue |
| OE | Óleo essencial |
| RVA | <i>Rapid Visco Analyzer</i> |

SUMÁRIO

| | | |
|---------|---|----|
| 1 | INTRODUÇÃO | 16 |
| 2 | REFERENCIAL TEÓRICO | 18 |
| 2.1 | Cultivo e características da manga..... | 18 |
| 2.2 | Dados da produção de manga no Brasil..... | 19 |
| 2.3 | Fisiologia e pós-colheita de manga..... | 20 |
| 2.4 | Revestimentos Comestíveis | 21 |
| 2.4.1 | Amido | 23 |
| 2.4.2 | Amido de mandioca | 24 |
| 2.4.3 | Óleos essenciais | 25 |
| 2.5 | Encapsulação do óleo essencial | 27 |
| 3 | MATERIAL E MÉTODOS | 28 |
| 3.1 | Materiais | 28 |
| 3.2 | Métodos | 28 |
| 3.2.1 | Caracterização química do amido de mandioca..... | 28 |
| 3.2.1.1 | Determinação das propriedades de pasta do amido de mandioca..... | 30 |
| 3.2.1.2 | Determinação da cor do amido de mandioca..... | 30 |
| 3.2.2 | Preparo da emulsão de óleo essencial de <i>Salvia sclarea</i> | 31 |
| 3.2.3 | Preparo das formulações de revestimentos comestíveis | 31 |
| 3.2.4 | Revestimento das frutas com os revestimentos comestíveis..... | 31 |
| 3.2.5 | Determinação dos parâmetros de qualidade pós-colheita de frutos de manga..... | 32 |
| 3.2.5.1 | Perda de massa..... | 32 |
| 3.2.5.2 | Firmeza | 32 |
| 3.2.5.3 | Coloração das frutas | 33 |
| 3.2.5.4 | Acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS) e pH..... | 33 |
| 3.2.5.5 | Conteúdo de clorofilas (a e b) e carotenoides..... | 33 |
| 3.2.5.6 | Conteúdo de ácido ascórbico | 34 |
| 3.2.6 | Análise estatística | 35 |
| 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO | 36 |
| 4.1 | Caracterização do amido de mandioca | 36 |
| 4.2 | Propriedades de pasta do amido de mandioca | 37 |
| 4.3 | Parâmetros de qualidade de mangas ‘Palmer’ | 39 |
| 5 | CONCLUSÃO | 54 |
| 6 | REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 55 |

1 INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca no cenário mundial da fruticultura, sendo um importante setor do agronegócio, mas ainda inexpressivo no âmbito das exportações. De acordo com o Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada, o Brasil exporta apenas 3% do volume produzido, levando o país a ocupar o 20º lugar no ranking mundial de exportações de frutas (CEPEA, 2023). Dentre as cinco frutas mais exportadas em 2022, estão: mangas, melões, limões/limas, melancias e bananas (CONAB, 2022). A manga (*Mangifera indica* L.) é uma fruta tropical da família Anacardiaceae, de importância mundial, devido à sua elevada qualidade física e nutricional (Perumal et al., 2017). A fruta é utilizada na culinária e na indústria alimentícia, mas seu consumo *in natura* é predominante, sendo bastante apreciada por seu sabor adocicado (Czaikosk et al., 2016).

No ano de 2022, o Brasil exportou um volume de 231.364.426 kg de manga, representando uma redução de quase 9%, quando comparados aos dados de exportação em 2021. Em volume, o decréscimo alcançou 16%, resultado de fatores climáticos e crises geopolíticas mundiais (ABRAFRUTAS, 2023). Em produção mundial, o país ocupa o terceiro lugar, sendo os dois maiores produtores a China e Índia, respectivamente (ABRAFRUTAS, 2019). A frutífera está presente em todas as regiões brasileiras. No ano de 2021, a área plantada foi de 76,9 mil hectares, sendo o cultivo mais acentuado nas regiões Nordeste (75,2%) e Sudeste (23,4%), visando atender às necessidades do mercado interno e externo. O estado com maior produção no Nordeste é a Bahia, com 31,1 mil/ha (40,48%); seguido por Pernambuco, com 15,9 mil/ha (20,74%). No Sudeste, o maior produtor é São Paulo, com 10,9 mil/ha (14,2%). O rendimento médio de produção, no estado de Pernambuco, alcançou o primeiro lugar, com 28,6 t/ha; Bahia 20,3 t/ha; e em Minas Gerais 17,6 t/ha (IBGE, 2022). Na Bahia, o município de Livramento de Nossa Senhora destaca-se em aumento de produção (CEPEA, 2020). As variedades Tommy Atkins e Palmer são as mais exportadas, respectivamente, em função da boa adaptação às condições edafoclimáticas e das tecnologias de irrigação na região semiárida do Vale do Rio São Francisco, responsável por cerca de 87% das exportações (ABRAFRUTAS, 2021).

O potencial de exportação e comércio internacional de manga ainda é limitado, devido a vários fatores, como sua natureza perecível, infestação de doenças e pragas e a suscetibilidade de certas cultivares premium a danos pelo frio, quando armazenadas em baixas temperaturas (Singh et al., 2013). A qualidade da fruta é um fator importante

na determinação do tempo de armazenamento e escolha de compra para os consumidores, sendo fortemente influenciada por práticas anteriores à colheita, que podem impactar tanto na qualidade pós-colheita quanto no tempo de armazenamento (Muengkaew et al., 2018). A aplicação de tratamentos pós-colheita pode aumentar o tempo de vida útil de frutos de manga, sendo a aplicação de revestimentos comestíveis uma alternativa promissora (Zhang et al., 2020).

Os filmes e revestimentos comestíveis vêm sendo abordados em estudos nas últimas décadas como alternativa viável para a conservação de frutas e vegetais (Rojas-Grau et al., 2007; Oriani et al., 2014; Moreira et al., 2022). As matérias primas, empregadas na produção de filmes e revestimentos comestíveis, são principalmente lipídios, polissacarídeos, carboidratos e proteínas (Sharma et al., 2019) que atuam como atmosfera modificada, uma vez que regulam a transferência de O₂ e CO₂ entre os frutos revestidos e o ambiente, o que, por sua vez, impede o processo de amadurecimento que desencadeia a senescência e deterioração (Hassan et al., 2018), mantendo assim, os atributos de qualidade dos produtos frescos, como textura, cor, aparência, sabor, valor nutricional e segurança microbiana (Raghay; Agarwal; Saini, 2016). Aliado a esses fatores, estudos têm comprovado que produtos naturais, tais como extratos de plantas e óleos essenciais, extraídos de diversas espécies de plantas e que apresentam uma diversidade de componentes químicos (terpenos, fenólicos e aldeídos), incorporados à solução filmogênica, são capazes de promover o controle de microrganismo patogênicos, conferir brilho e retardar a maturação, visto que estes promovem a melhoria nas propriedades de barreira dos filmes/coberturas, devido à sua natureza hidrofóbica (Tampe et al., 2015; Scariot et al., 2016; Kabbashi et al., 2018; Gyorgy et al., 2023).

Nesse sentido, o objetivo deste estudo foi avaliar a eficiência de revestimentos à base de amido de mandioca, com adição do óleo essencial de *Salvia sclarea* L. encapsulado na conservação pós-colheita de manga ‘Palmer’.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Cultivo e características da manga

A manga (*Mangifera indica* L.) é uma dicotiledônea pertencente à ordem Sapindales, e considerada a espécie de maior importância econômica da família da *Anacardiaceae*. Popular e economicamente importante, é amplamente cultivada nos trópicos e subtropicais (Farina et al., 2017; Sivakumar et al., 2011). É relatado que a espécie é provavelmente nativa da Malásia ou Tailândia, ocorrendo subsequente expansão e diversificação da espécie para a Índia-Birmânia, Indonésia, Bornéu e área das Filipinas (Mukherjee, 1972). No Brasil, foi registrada sua introdução por volta do ano 1700, no Estado da Bahia, sendo posteriormente difundida a todos os países de clima tropical e equatorial (Nadeem et al., 2016). Os principais centros de produção de manga estão localizados em áreas secas e úmidas de planície tropical do subcontinente indiano, sudeste da Ásia, América Central e do Sul (Singh et al., 2013).

A mangueira é uma árvore frondosa, seu porte pode variar de médio a grande, alcançando altura superior a 40 m, sua copa apresenta formato assimétrico, arredondado, podendo ser denso ou aberto (Santos-Serejo, 2005). O período juvenil da mangueira varia de 3 a 7 anos. O sistema radicular é caracterizado por uma longa, consistente e vigorosa raiz principal e raízes superficiais abundantes. As folhas não apresentam formato único, podem ser lanceoladas, oblongas, ovais ou até mesmo intermediárias, que envolvem todas essas formas, sendo que seu comprimento pode variar de 12 a 38 cm e sua largura pode ser de 2 a 13 cm. As folhas jovens possuem cor cobre, que apresentam modificações decorrentes do tempo e desenvolvimento, variando gradualmente de verde claro ao verde escuro (Mukherjee; Litz, 2009).

O fruto é classificado como uma drupa carnosa indeiscente, com uma única semente grande monoembrionária ou poliembrionária, rodeado por um mesocarpo carnudo (polpa) coberto por um exocarpo (pele coriácea). Algumas características podem variar em função da cultivar, como o peso e formato do fruto e a cor existente. A fruta amadurece entre 11 a 14 semanas após a frutificação, dependendo da cultivar e do local de cultivo (Matos et al., 2000; Singh et al., 2013).

O fruto, que envolve o grão que contém a semente, apresenta polpa amarela ou alaranjada com estrutura fibrosa. A polpa da manga contém cerca de 14% dos açúcares totais, sendo a sacarose o principal constituinte, seguida pela vitamina C, minerais e uma

quantidade considerável de carotenos (Souza et al., 2015).

2.2 Dados da produção de manga no Brasil

O Brasil destaca-se no mercado de produção de manga, sendo as regiões do Nordeste e Sudoeste as principais produtoras, representadas pelos estados da Bahia, Pernambuco, São Paulo e Minas Gerais. Entre 2019 e 2021, foi registrado um crescimento absoluto na quantidade de manga colhida e no valor gerado pelo produto. Contudo, a safra de 2022 foi afetada pelas condições climáticas desfavoráveis no Vale do Rio São Francisco, marcadas pelas fortes chuvas que influenciaram negativamente a indução floral e o controle fitossanitário, resultando no atraso da colheita e redução na oferta durante o 1º semestre do ano. No tocante às exportações, o cenário foi o mesmo, o Brasil exportou quase 189,8 mil toneladas da fruta na parcial deste ano, queda de 22,5% quando comparados aos mesmos meses de 2021. Em receita, o valor arrecadado soma US\$168,6 milhões em 2022, recuo de 25% (CEPEA, 2023).

No estado da Bahia, as cidades com maior produção registrada foram Juazeiro e Casa Nova, localizadas no Vale do Rio São Francisco, destacando-se o Vale do São Francisco (VSF) que tem grande relevância na mangicultura brasileira, com cerca de 87% das exportações nacionais, devido a sua crescente ampliação em área de plantio, que saltou de 15,9 mil hectares (2015) para 34,4 mil hectares (2021), representando um aumento de 115,67%. O faturamento com a produção de manga gerou 1,2 bilhões de reais, o que corresponde aproximadamente a 50% do valor de produção gerado no país. Esses valores são reflexos das características edafoclimáticas dessa região que, aliadas às tecnologias aplicadas, possibilitam a produção no período de entressafra mundial, que ocorre de janeiro a março (IBGE/PAM, 2021; EMBRAPA, 2022).

Dentre as variedades produzidas nessa região, a Tommy Atkins chegou a representar 80% da área colhida no Vale do São Francisco, até a introdução de novas variedades, como a Palmer, Keitt e Kent. A manga Palmer tornou-se a variedade de maior aceitação no mercado, devido à produção semitardia e suas características sensoriais, com frutos de polpa amarela, firme, com pouca ou nenhuma fibra, casca fina, relação polpa/fruto de 72% e pouco susceptível ao colapso interno. No cenário atual, a manga 'Palmer' possui maior importância econômica, com 50% da área plantada, enquanto a constante perda da 'Tommy Atkins', correspondendo a 30% (Genú; Pinto, 2002; Souza; Lima, 2023).

De acordo com os dados do Sistema de Informação e Estatística de Mercado da CEAGESP, dentre o período de 2007 a 2015, houve um aumento de 73% no volume de comercialização da manga ‘Palmer’, com diferença marcante, quando comparados à variedade ‘Tommy Atkins’ com 6,91%, predominante no mercado (SIEM, 2017). Este crescimento deve-se, em parte, a melhorias nas características sensoriais, principalmente em relação ao menor teor de fibra e maior teor de sólidos solúveis dessa variedade, além da rica fonte de compostos bioativos, como proteínas, carotenoides, antioxidantes, compostos fenólicos, fibra alimentar, minerais e vitaminas (A e C) e carboidratos (Sousa et al., 2021).

2.3 Fisiologia e pós-colheita de manga

As frutas podem apresentar diferentes padrões de respiração durante o amadurecimento, podendo ser divididas em dois grupos, denominados de “não climatéricos” e “climatéricos”. Esse último é caracterizado pela produção autocatalítica do etileno, o qual é um regulador de crescimento que interfere em muitos aspectos do amadurecimento (Zhanget al., 2020). Assim, mesmo após a colheita, as frutas continuam respirando intensamente para disponibilizar a energia necessária para suprir os processos metabólicos, tais como a síntese de pigmentos, enzimas e outros constituintes celulares (Chitarra; Chitarra, 2005).

Após a colheita, os frutos passam pelo processo de alteração entre o consumo de oxigênio e a produção de dióxido de carbono. Em função disso, as células não são renovadas e as taxas de transferência de gás aumentam, causando perda metabólica, com consequente maturação gradual e senescência. Os principais influenciadores da taxa de transferências gasosas são marcados pelos fatores internos (genéticos) e externos (O₂, CO₂, etileno, temperatura) (Dhall, 2013).

A manga é uma fruta tropical que apresenta natureza climatérica, e quando associada a condições climáticas adversas, pode resultar na perda de qualidade durante o amadurecimento, com acentuada perda de peso, amolecimento, degradação da clorofila, redução dos ácidos orgânicos e aumento dos teores de açúcares, sólidos solúveis, carotenoides e suscetibilidade a infecções microbianas (Khaliq et al., 2015; Zafar; Sidhu, 2017). Diante disso, um dos principais problemas relacionados ao comércio da manga ocorre em decorrência da limitada vida útil dos frutos, limitando a

comercialização para mercados distantes.

Sab et al. (2017) relataram que as perdas pós-colheita da manga são de cerca de 34%, no período que compreende entre a fazenda e o consumidor. Segundo Gentile et al. (2019), uma alternativa utilizada por países tropicais para reduzir as perdas tem sido a colheita antecipada das frutas destinadas ao mercado internacional, com grau de maturidade incompleto (antes do amadurecimento total), no estágio verde maduro, quando os frutos ainda apresentam aspecto duro e verde, e posteriormente amadurecem progressivamente após a colheita. O uso desta técnica possibilita que os frutos sejam armazenados e transportados com melhor eficiência. Entretanto, a colheita antecipada resulta em um menor acúmulo de carboidratos nos frutos, reduzindo a qualidade de consumo e aceitação pelos consumidores. Para obtenção de frutos que apresentem qualidade química, física, microbiológica, que atendam às exigências sensoriais dos consumidores, faz-se necessário o emprego de técnicas de pós-colheita que permitam prolongar a vida útil dos frutos. A cadeia do frio (temperatura baixa) tem sido uma das técnicas mais utilizadas e estudadas nas últimas décadas, no intuito de estender a vida útil e reduzir as perdas, visto que baixas temperaturas diminuem a taxa respiratória, assim como as reações que levam à senescência e ao desenvolvimento de doenças (Nunes et al., 2007; Liu et al., 2019).

O uso isolado da refrigeração não é suficiente para conservação eficiente da qualidade de frutas frescas, sendo a associação de outras técnicas fundamentais (Motlagh et al., 2006). Portanto, várias técnicas, como o uso de reguladores de crescimento, radiação ionizantes, extratos vegetais, atmosfera modificada, atmosfera controlada e revestimentos comestíveis, podem ser adotadas. Dentre as técnicas citadas, o uso do revestimento comestível vem sendo estudado por pesquisadores para avaliar a aderência da solução filmogênica à superfície dos frutos e a capacidade do mesmo de gerar efeitos similares aos verificados para embalagens de atmosfera modificada, haja vista a sua capacidade de promover o controle das trocas gasosas e a perda de água, reduzindo, assim, a perda da qualidade pós-colheita (Shah; Hashmi, 2020; Sousa et al., 2021).

2.4 Revestimentos Comestíveis

Pesquisas desenvolvidas nas últimas décadas apontam a utilização de revestimentos comestíveis como tecnologia promissora para aplicação na conservação de alimentos (Rochas et al., 2001; Perdonés et al., 2012; Botelho et al., 2016). A técnica

consiste na imersão do alimento no revestimento comestível ou a aplicação deste por aspersão, promovendo a estruturação de camadas finas na superfície dos alimentos. Os biopolímeros usados apresentam diversas vantagens em relação aos materiais plásticos, como o baixo custo, abundância na natureza, o fato de serem renováveis, biocompatíveis e biodegradáveis, permitindo o consumo seguro à saúde humana e ambiental (Lopez-Polo et al., 2021).

A segurança ambiental é uma das vantagens mais relevantes no uso desta tecnologia, haja vista que o uso de materiais biodegradáveis resulta na diminuição dos resíduos plásticos, utilizados na indústria de alimentos em grande escala. Outra vantagem de suma importância é a segurança alimentar, que permite a extensão da vida útil dos alimentos de forma natural, sem a necessidade do uso de aditivos químicos, que diminui o interesse dos consumidores. Associado às questões expostas, está o retorno econômico significativo (Hassan et al., 2018).

Segundo Benitez et al. (2022), os revestimentos são diferentes dos filmes devido à forma de preparo, enquanto os filmes são pré-formados e posteriormente aplicados, os revestimentos são preparados e aplicados diretamente no alimento. As classificações dos revestimentos comestíveis são realizadas em função do tipo de material estrutural, tais como: proteínas, polissacarídeos, lipídios e derivados. Dentre esses, os polissacarídeos, como o amido, celulose, pectina, quitosana, alginato, carragenina, e goma guar, destacam-se como material mais empregado na produção dos revestimentos (Kupervaser et al., 2023). As matérias-primas empregadas na elaboração dos revestimentos podem apresentar propriedades adicionais, como antioxidante, antimicrobiana e inseticida. Entretanto, quando o material empregado não apresenta essas propriedades, é possível conferi-las aos revestimentos pela adição de outros produtos (Nicolau-Lapeña et al., 2021), como nano-partículas (Xing et al., 2020), óleos essenciais (Teodósio et al., 2020), extratos vegetais (Kharchouf et al., 2018), entre outros.

Barros et al. (2019), ao estudarem o uso do revestimento em frutos de mamão, destacam a importância do revestimento não somente como um material biodegradável alternativo ou eliminador da cadeia do frio, mas principalmente devido à sua “atuação funcional e coadjuvante”, na conservação da qualidade sensorial e no aumento da vida útil.

Em mangas tratadas com revestimentos à base de goma guar e extratos vegetais, foram verificadas redução na perda de peso, retardo das mudanças dos sólidos solúveis totais e aumento da firmeza (Ebrahimi; Rastegar, 2020). Resultados semelhantes foram

verificados por Pinzon et al. (2019), em frutos de morango, onde houve tendência a prolongar a vida útil dos frutos, mantendo as propriedades físicas e sensoriais. Raghav et al. (2016) explicam que o revestimento atua no metabolismo dos alimentos por meio de barreiras semipermeáveis ao O_2 e CO_2 e ao vapor de água, que alteram o processo de perda da firmeza ou oxidação. Os resultados obtidos por Tesfay e Magwaza (2017) apontam menores taxas respiratórias e maior firmeza em abacate revestidos, comparados com abacates não revestidos, ambos armazenados por 28 dias. Duc et al. (2020) também verificaram qualidade superior de banana revestida com quitosana/GA/ZnO, em relação a frutas não revestidas, após 17 dias de armazenamento, a 35 °C e UR de 54%. Os autores dos trabalhos citados acima destacam que os revestimentos comestíveis são promissores para a manutenção da qualidade sensorial dos frutos, prolongamento da vida útil e inibição do crescimento antimicrobiano. Eom et al. (2018) destacam o amido como matéria prima eficiente para elaboração de revestimentos, visto que o mesmo apresenta baixo custo e alta abundância na natureza, somado ao fato de não possuir efeitos adversos na demanda pelo consumidor, e pontuam a associação com outros materiais, a fim de potencializar suas propriedades funcionais.

2.4.1 Amido

O amido é o polissacarídeo de reserva dos vegetais encontrado em abundância na natureza, sendo também a principal fonte de carboidrato na dieta humana (Chen et al., 2017). É constituído por dois polímeros: a amilose de cadeia linear, unidas por ligações α - 1,4; e a amilopectina de cadeia altamente ramificada e unidas por ligações α - 1,4 e cerca de 5% de ligações α - 1,6 (Xu et al., 2017). A concentração de amilose varia de 20 a 30% e a amilopectina de 70 a 80%, na maioria dos grânulos, enquanto os amidos cerosos apresentam elevado teor de amilose (65 a 80%) em sua composição (Gaenssle et al., 2021). O amido apresenta quantidades muito pequenas de proteínas (<1%), lipídios (<1%) e minerais (Sun et al., 2021).

O armazenamento do amido nos órgãos de reserva das plantas se dá na forma de grânulos (Vieira et al., 2020). As fontes convencionais de amido são as sementes (milho, trigo, arroz), tubérculos e raízes, particularmente, batata, batata-doce e mandioca. Mundialmente consumido, o amido é responsável por 70-80% da energia calórica da dieta humana (Weber et al., 2009). As características dos grânulos são influenciadas pelas fontes botânicas, com tamanho de 1-100 μ m e formato variado (esféricos, elípticos ou

irregulares), os quais, por sua vez, alteram as características físicas e químicas, bem como suas possíveis aplicações (Dong et al., 2021).

As características do amido, tais como: biodegradabilidade, biocompatibilidade, baixa toxicidade, alta abundância na natureza, além da facilidade de processamento, fonte renovável e o baixo custo (Engel et al., 2021), são de suma importância, principalmente no que se refere ao meio ambiente. Os produtos finais da degradação desses polímeros, como dióxido de carbono (CO₂), metano (CH₄), água (H₂O) e biomassa, têm sido relacionados como contribuintes para o balanço de gases do efeito estufa (Zhong et al., 2020).

Diante disso, o amido destaca-se na atualidade, pois, além de fornecer energia para a dieta humana, possui vasta aplicabilidade, como matéria-prima na indústria têxtil, alimentícia, tinturaria e petroquímica. O amido possui propriedades únicas e desejáveis, como gelatinização e retrogradação que influenciam na viscosidade, estabilidade, propriedades texturais, transparência de pastas, o que permite sua aplicação na indústria de alimentos como formador de filmes, coberturas comestíveis e na elaboração de embalagens de atmosfera modificada (Xing et al., 2016; Sun et al., 2021).

2.4.2 Amido de mandioca

Entre as principais fontes de amido no mundo está a mandioca, um arbusto perene da família Euphorbiaceae, mundialmente cultivada nas regiões tropicais e subtropicais (Whang et al., 2018). O amido de mandioca é facilmente isolado e apresenta alta aplicabilidade em alimentos, devido às suas propriedades particulares, como a formação de pastas de alta clareza e viscosidade, baixa temperatura de gelatinização e tendência à retrogradação (Palavecino et al., 2019). As propriedades dos filmes elaborados com amido de mandioca, como boa resistência às trocas gasosas, boa transparência e opacidade e da natureza incipiente, inodora e biodegradável, além do baixo custo do amido, levou pesquisadores a estudar a aplicação desse amido como fonte polimérica na elaboração de revestimento comestível.

Camatari et al. (2018) demonstraram a eficiência dos revestimentos à base de amido de mandioca na manutenção da qualidade de manga, reduzindo a perda de massa e a taxa respiratória, assim como mantendo as propriedades mecânicas e físicas das frutas. Em amorá, o revestimento à base de amido de mandioca aplicado retardou o crescimento microbiano e conservou a qualidade sensorial, principalmente quanto à textura, sabor e

retenção de aroma, durante 10 dias de armazenamento, a 4 °C (Rodríguez et al., 2020). Resultados semelhantes foram obtidos por Costa et al. (2016), nos quais o revestimento de mangas ‘Palmer’ com amido de mandioca a 2% foi eficiente na redução da perda de peso, manutenção da firmeza e cor da casca, sendo, assim, uma alternativa viável para manter a qualidade pós-colheita da fruta.

Devido à natureza hidrofílica do amido de mandioca, a elevada permeabilidade de vapor de água tem limitado sua eficiência, sendo necessária a associação com materiais que promovam maior estabilidade na estrutura dos filmes e coberturas, tais como: proteínas, celulose, extratos de vegetais e óleos essenciais, sendo este último uma alternativa bastante empregada na atualidade, em função de sua natureza lipofílica e componentes químicos de ação inibitória para microrganismo (Assis; Britto, 2014; Lin et al., 2022).

2.4.3 Óleos essenciais

Na natureza, as plantas desenvolvem mecanismos de defesa ao ataque de predadores, através da liberação de compostos secundários específicos, denominados de óleos essenciais, que além de promoverem a defesa da planta, são capazes de atrair polinizadores para dispersão de pólenes e sementes (Almeida; Almeida; Gherardi, 2020). Os óleos essenciais (OE) são metabólitos secundários, produzidos por plantas aromáticas, caracterizado pelo forte odor, devido à sua alta capacidade de volatilização (Perumal et al., 2017). Ricos em compostos biologicamente ativos, como terpenoides e ácidos fenólicos (Hosseini et al., 2013), os OE são armazenados em células secretoras epidérmicas, em cavidades, canais ou tricomas glandulares presentes em todos os órgãos das plantas, como as raízes, caules, folhas, flores e frutas (Bakalli et al., 2008).

As angiospermas dicotiledôneas são as principais fontes dos OE, encontradas em abundância nas espécies das famílias da Asteraceae, Apiaceae, Lamiaceae, Myrtaceae, Myristaceae, Piperaceae, Rutaceae, entre outras (Simões et al., 2007). A extração desta substância ocorre por meio de alguns métodos, como: hidrodestilação, acetilação a vapor, extração por solventes orgânicos, destilação a vapor, extração por fluido supercrítico, enfloração, prensagem a frio, dentre outros (Silveira et al., 2012). De acordo com Yusoff et al. (2011), os OE são obtidos pelo método de destilação a vapor e outros métodos, respectivamente, nas porcentagens de 93% e 7%.

A determinação da composição dos OE, realizada por meio de cromatografia,

demonstra um teor relativamente importante em álcoois, fenóis e aldeídos (eugenol, timol, carvacrol, gerânio), poderosos agentes antissépticos e terpenos (alfa e beta pinenos e limoneno) (Sarantópoulos; Moraes, 2009). Solórzano-Santos et al. (2012) relataram que a composição química dos OE pode ser influenciada pela espécie e parte da planta utilizada para extração. Segundo Dao et al. (2021), outro fator importante está relacionado aos métodos de extração, haja vista a capacidade do mesmo em alterar o grau de pureza dos componentes voláteis.

O Brasil ocupa lugar de destaque no comércio mundial de OE, em parte devido à sua vasta biodiversidade. A extração de OE proporciona condições para a agregação de valor às suas matérias-primas, ou seja, transformando-as em produtos beneficiados (Silveira et al., 2012). O interesse por produtos naturais tem potencializado o uso dos OE como agentes de controle microbiano em frutas e hortaliças (Bajaj et al., 2023). Todavia, estudos que avaliam a utilização dessa substância têm sugerido que os OE, extraídos de diversas espécies, possuem componentes que apresentam potencial para a conservação pós-colheita de frutas e hortaliças, devido às evidências de propriedades antifúngicas, antioxidantes e à capacidade de neutralização dos radicais livres e prevenção da oxidação de ácidos graxos insaturados, aliado ainda à segurança ecológica, quando comparado ao uso de produtos sintéticos (Perdones et al., 2016; Braga et al., 2020; Gyorgy et al., 2023).

2.4.4 Óleo essencial de *Salvia sclarea* L.

A *sálvia sclarea* L. é uma espécie de erva perene, pertencente à família Lamiaceae, nativa da região do Mediterrâneo, Sul da França, Itália e Marrocos. É uma das plantas medicinais mais importantes cultivadas no mundo, devido à sua elevada funcionalidade, sendo empregada como agente aromatizante, preparações de tabaco e licor, em perfumaria, cosméticos e fármacos. O cultivo tem por finalidade o desenvolvimento da parte aérea da planta, sendo as folhas a parte de maior importância, haja vista que são ricas em OE de fácil extração e de grande valor para indústria em geral (Kumar et al., 2017; Alasni et al., 2023).

O OE das plantas do gênero *Salvia* apresenta uma diversidade de compostos, como alcaloides, glicosídeos, flavonoides, saponinas, fenólicos (cumarinas e taninos) e terpenos (monoterpenoides e diterpenoides). Dentre os fitoquímicos, o linalol, acetato de linalila e acetato de geranila são os principais constituintes do óleo de *sálvia sclarea*,

destacando-se o eucaliptol, o principal componente da sálvia que, em função de riqueza aromática, é usado na perfumaria (Ghorbani; Esmailzadeh, 2017).

A busca crescente por uma agricultura sustentável tem levado pesquisadores a ampliarem seus estudos e novas espécies de diversos gêneros têm sido estudadas, tais como: *Rosmarinus officinalis*, *Melaleuca alternifolia* e *Syzygium aromaticum* (Myrtaceae), *Cymbopogon winterianus* (Poaceae) e a *Salvia sclarea* (Lamiaceae) (Agreles et al., 2020; Imune et al., 2020). Diversos pesquisadores têm comprovado que algumas espécies demonstraram potencial de aplicabilidade no manejo de algumas culturas, visto que estas apresentam efeito inibitório no crescimento e/ou proliferação de microrganismos patogênicos. Além disso, os óleos essenciais mostraram-se um importante componente para melhoria nas propriedades tecnológicas dos filmes e coberturas, favorecendo o controle de trocas gasosas (Tariq et al., 2019; Lee et al., 2020; Gyorgy et al., 2023).

2.5 Encapsulação do óleo essencial

Nanopartículas são caracterizadas como materiais que apresentam aglomerados ou dissociados com tamanhos na escala nanométrica, que variam de 1 – 100 nm (Joudeh; Linke, 2022). O emprego destes nanomateriais, na forma encapsulada, tem sido usado para aumentar a eficiência na biodisponibilidade e estabilidade, uma vez que os materiais poliméricos apresentam maior resistência às condições adversas (temperatura, ar, luz e umidade), além de conferir maior segurança (Zhang et al., 2022).

O estudo da incorporação de extratos e óleos essenciais em revestimentos comestíveis filmes biodegradáveis é crescente, potencializando os efeitos favoráveis ao aumento da vida útil, principalmente devido à sua riqueza em substâncias biologicamente ativas. Embora os óleos essenciais apresentem vastas propriedades funcionais, o mesmo é altamente volátil e sensível à presença de luz e calor, tornando sua aplicação limitada. Assim, o encapsulamento dos óleos essenciais surge como uma alternativa para controlar a liberação gradual da substância bioativas (Lopez-Polo et al., 2021).

A técnica do encapsulamento tem sido frequentemente empregada em pesquisas, tendo em vista as diversas vantagens, como a manutenção da qualidade e prolongamento da vida útil de frutas e vegetais, obtidas ao incorporar estes materiais nanoencapsulados na matriz polimérica de revestimentos, além de sua fácil execução. O método baseia-se na dispersão de materiais de núcleo (líquido, gás ou sólido) em substâncias responsáveis

por formar a parte externa da cápsula, denominada de material de parede (lipídico ou aquoso), adicionados de surfatantes, usados para promover a quebra da tensão interfacial entre a fase lipídica e aquosa. Posteriormente, o material é submetido à agitação mecânica e sistema ultrassom, para homogeneização e formação de partículas nanométricas nos quais o núcleo é encapsulado (Pandey et al., 2023; Prakash et al., 2020; Holkem et al., 2015).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Materiais

Mangas ‘Palmer’ (*Mangifera indica* L.) utilizadas neste estudo foram colhidas em um pomar comercial no Sudoeste da Bahia. As frutas foram selecionadas no campo, de acordo com os padrões estabelecidos para comercialização no mercado interno e externo, como: grau de maturação, tamanho, peso e coloração da casca. Para o desenvolvimento dos revestimentos comestíveis, o amido de mandioca da variedade Sergipe foi obtido da cooperativa Conquista, no ano de 2023, situada em Vitória da Conquista/BA. O óleo essencial utilizado foi obtido de comerciantes de produtos naturais da região de Vitória da Conquista/BA. Todos os outros reagentes utilizados foram no mínimo de grau analítico.

3.2 Métodos

3.2.1 Caracterização química do amido de mandioca

A caracterização física, química e tecnológica do amido de mandioca foi realizada conforme metodologias descritas abaixo.

O conteúdo de água foi determinado pelo método gravimétrico n° 925.1, sugerido pela AOAC (2016), que consiste na secagem de 3g de amido em uma estufa a 105°C, até massa constante, sendo posteriormente pesado em balança analítica e obtida a porcentagem de água.

A determinação do teor de cinzas foi realizada de acordo com a técnica n° 923.03, sugerida pela AOAC (2016), que consiste na pesagem do amido seco utilizado na análise

de umidade e aquecimento em mufla, a 550°C, por cerca de 6 h. Após a calcinação, as amostras foram colocadas em dessecador contendo sílica em gel, onde ficaram até alcançar a temperatura ambiente, sendo, em seguida, pesadas novamente.

O teor de lipídios totais do amido foi determinado segundo o método descrito por Bligh e Dyer (1959). Uma amostra de amido, de aproximadamente 5 g, foi dissolvida em uma mistura de clorofórmio, metanol e água, na proporção de 1:2:0,8, respectivamente; proporção esta em que os três solventes coexistiam em uma solução homogênea. Após a agitação por 10 min, foi adicionado 10 mL de clorofórmio e um mesmo volume de solução de sulfato de sódio (1,5% m/v), causando a separação total do clorofórmio (na camada inferior). Esta solução de clorofórmio foi submetida à filtração em funil de separação. Foram feitas as medidas do volume do filtrado e, posteriormente, transferiu-se 5 mL do mesmo a uma estufa a 100 °C (em uma placa de Petri previamente pesada), por cerca de 15 min, obtendo-se, assim, a massa de lipídios em 5 mL de filtrado. Ao final, foi calculado o teor de lipídios da amostra.

A análise de proteínas foi realizada de acordo com a técnica nº 991.20, sugerida pela AOAC (2016), pela determinação do nitrogênio total, sendo as amostras submetidas às etapas de digestão, destilação e titulação. Um fator de correção (5,75) foi utilizado para conversão de nitrogênio total em proteína bruta, sendo os resultados expressos em 100 g⁻¹.

Para a determinação do teor de amilose aparente, foi utilizado o método proposto por Martinez e Cuevas (1989), com modificações. O método baseia-se na transmissão de luz através de um complexo colorido formado pela reação da amilose com o iodo. Primeiramente, as amostras de amido foram desengorduradas em hexano P.A, por três dias, sob refrigeração. Após esse período, as amostras foram secas em estufa a 40 °C ± 2 °C, por 30 min. Amostras de 0,025 g de amido foram pesadas em tubos de ensaio e dissolvidas em 9 mL de solução de hidróxido de sódio (NaOH) 1 mol.L⁻¹ e 1 mL de etanol 95% (v/v), seguida por homogeneização.

As amostras foram aquecidas em banho termostatizado, a 100 °C, por 10 min, e resfriado por 30 min. Em seguida, as amostras foram transferidas quantitativamente para balão volumétrico de 250 mL e o volume foi completado com água destilada. De cada solução anteriormente preparada, foram pipetados 5 mL e transferidos para um balão de 100 mL, com adição de 1 mL de ácido acético (1 mol L⁻¹) e 2 mL de solução de iodo (preparado anteriormente com 0,2 g de I₂ e 2 g de KI, deixado em repouso por 3 h com 50 mL de água e, posteriormente, avolumado para 100 mL), sob agitação, e o volume foi

completado com água destilada. As soluções foram homogeneizadas e deixadas em repouso por 30 min. O branco foi preparado por meio da adição de 1 mL de etanol (95%), 9 mL de solução de NaOH (1 mol L⁻¹), 2 mL de solução de iodo e água destilada em balão de 100 mL, e deixado em repouso por 30 min. Posteriormente, foram realizadas as leituras em espectrofotômetro, em comprimento de onda de 590 nm. O teor de amilose foi obtido por meio de curva padrão, preparada à base de amido de batata (Sigma).

A determinação do amido total foi realizada conforme determinado por Moraes e Chaves (1988). O método baseia-se na determinação espectrofotométrica do composto colorido, formado pela reação entre a antrona e a glicose, resultante da hidrólise do amido. Uma amostra de amido, previamente desengordurada de massa de 0,25 g, foi adicionada a 5 mL de solução de H₂SO₄ 0,5 mol L⁻¹, e aquecida a 100 °C, por 1 h. Em seguida, a amostra foi resfriada e transferida para um balão de 250 mL e o volume foi completado com água destilada. Uma alíquota de 1 mL dessa solução, resfriada a 0 °C; e 5 mL de solução de antrona 0,005 mol L⁻¹, também a 0 °C, foram adicionadas em um tubo de ensaio. Posteriormente, a mistura foi aquecida a 100 °C, por 11 min, seguida de resfriamento em temperatura ambiente, para posteriores leituras em espectrofotômetro em comprimento de onda de 620 nm.

3.2.1.1 Determinação das propriedades de pasta do amido de mandioca

As propriedades de pasta foram determinadas de acordo com a metodologia proposta por Weber, Collares-Queiroz e Chang 22 (2009), em um aparelho Rapid Visco Analyzer - RVA (Perten, RVA 4500, Hudding, Suécia), onde foram determinadas a viscosidade inicial, viscosidade de pico, viscosidade final, queda na viscosidade (quebra) e tendência à retrogradação (recuo), expressa em centipoise (cP), bem como temperatura de pasta (° C).

3.2.1.2 Determinação da cor do amido de mandioca

A cor do amido de mandioca foi determinada seguindo o método usado por Falade e Oyeyinka (2014), utilizando um colorímetro portátil CR400 (Konica Minolta, Osaka, Japão), que utiliza o sistema CIELab, para obtenção dos valores L*, a* e b*. O instrumento foi padronizado e as leituras foram realizadas em três pontos com

equidistância.

3.2.2 Preparo da emulsão de óleo essencial de *Salvia sclarea*

No preparo da emulsão, a mistura de óleo essencial de *Salvia sclarea* L, óleo de canola(*Brassica napus* L.) e o surfactante Tween 80 P.A, na proporção de proporção de 1:5:6 (v/v/v) em tubo Falcon de 50mL, foi homogeneizada em agitador vórtex, por 5 min. Após o término da agitação, a mistura foi transferida para um Becker de 250 mL e adicionado 88 mL de água, para completar o volume de 100mL, sendo utilizado 12 mL da mistura anteriormente citada. Posteriormente, realizou-se a homogeneização da mistura em agitador mecânico, por 10 min. Em seguida, o material foi levado a banho ultrassom, por 30 min, a 40 kHz (Prakash et al., 2020).

Uma emulsão sem adição de óleo essencial (branco), contendo apenas óleo de canola(*Brassica napus* L.) e o surfactante Tween 80 P.A., na proporção de 6:6 (v/v), foi preparada seguindo a mesma metodologia anterior.

3.2.3 Preparo das formulações de revestimentos comestíveis

No preparo das formulações de revestimentos comestíveis, o amido de mandioca (4% m/v) e o agente estabilizador e plastificante glicerol 55% (m/m, em relação à massa de amido utilizada) foram dispersos em água destilada, sob agitação, por um período de 30 min. Em seguida, a mistura foi aquecida a 85 °C, sob agitação constante, até a completa gelatinização (± 20 min). Posteriormente foram incorporadas às formulações as emulsões com concentrações de óleo essencial de *Sálvia esclareia* (0,3; 0,6 e 0,9% m/m, em relação à massa de amido utilizada). A mistura foi agitada em agitador mecânico a 12.000 rpm, por 30 min, para promover a mistura dos componentes dos revestimentos. A formulação da testemunha absoluta (SR) consistiu apenas de amido de mandioca (4% m/v) e glicerol, sem a adição do óleo essencial de sálvia. Já a formulação da testemunha negativa (SOE) consistiu na mistura de óleo de canola e Tween 80 (preparada anteriormente), utilizando o mesmo volume da emulsão, com 0,9% de óleo essencial. As formulações foram resfriadas até temperatura ambiente (± 22 °C), para a posterior imersão das frutas.

3.2.4 Revestimento das frutas com os revestimentos comestíveis

As frutas de manga, previamente selecionadas com base na padronização estabelecida, pelo tamanho, peso e coloração, assim como o Grau 02 de maturação (classificadas como tipo exportação) (Celestino, 2016), foram higienizadas, por meio de imersão em uma solução de hipoclorito de sódio 50 mg L⁻¹, por 5 min. Em seguida, as frutas foram secas em papel toalha e mantidas à temperatura ambiente. Posteriormente, as frutas foram imersas nas soluções filmogênicas, por 20 min. O procedimento de secagem das frutas foi realizado em suportes tipo “grade”, para drenagem do excesso da solução, em temperatura e umidade controlada (15±2 °C e 80% UR) por 24h. Após secas, as frutas foram acondicionadas em embalagens de polietileno e levadas para B.O.D, com temperatura controlada (13±0,5 °C) e 85 % UR, durante um período de 28 dias, quando as análises dos atributos de qualidade pós-colheita foram realizadas, em intervalos de sete dias, totalizando 04 momentos de avaliação.

3.2.5 Determinação dos parâmetros de qualidade pós-colheita de frutos de manga

3.2.5.1 Perda de massa

A perda de massa foi determinada em balança analítica com precisão de ± 0,0001 g (Modelo M 21 4 A IH), para cada unidade amostral. Os resultados foram expressos em perdas percentuais, utilizando-se da relação entre o peso em cada dia de avaliação e o peso inicial (Equação 1) (Bomfim et al., 2011).

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

Em que: PM (%) = porcentagem de perda de massa parcial acumulada; m_i = Massa inicial da amostra em g; m_f = Massa final da amostra no tempo de avaliação em g.

3.2.5.2 Firmeza

A firmeza foi determinada com metodologia adaptada de Li et al. (2017), utilizando penetrômetro (Impact, modelo IP-90DI, Brasil) equipado com uma sonda com 5 mm de diâmetro. A firmeza foi registrada a partir de três pontos diferentes por fruta (base, meio e ápice). As médias foram expressas em Newtons (N).

3.2.5.3 Coloração das frutas

A cor da casca e da polpa das frutas foi medida a 25 ± 1 °C com um calorímetro portátil CR400 (Konica Minolta, Osaka, Japão). Utilizou-se o sistema CIElab para medir a luminosidade (L^* 0: escuro, 100: branco), a^* (valor negativo: verde, valor positivo: vermelho) e b^* (valor negativo: azul, valor positivo: amarelo). Os valores de L^* , a^* e b^* foram obtidos com três leituras, em regiões equidistantes da casca da fruta e da polpa, e foram utilizados para calcular o valor de croma (C) e ângulo Hue (h°), conforme Equações 2 e 3, respectivamente (Resende et al., 2018; Hernández- Guerrero et al., 2020; Oliveira et al., 2020).

$$h^\circ = \arctan \frac{(b^*)}{a^*} \text{ quando } a > 0 \text{ e } b \geq 0 \quad (2)$$

$$h^\circ = 180 + \arctan \frac{(b^*)}{a^*} \text{ quando } a < 0 \quad (3)$$

3.2.5.4 Acidez titulável (AT), sólidos solúveis (SS) e pH

A acidez titulável (AT), expressa em % ácido cítrico, foi avaliada pelo processo de titulação com auxílio de um pHmetro digital, utilizando-se hidróxido de sódio 0,1 N, seguindo método nº 942.15 da AOAC (2016).

A análise dos sólidos solúveis foi realizada seguindo o método da AOAC nº 932.12 (AOAC, 2016), usando um refratômetro digital (Atago, Honcho, Itabashi-Ku, Tóquio, Japão). Para a medição do SS, o prisma do refratômetro foi limpo e calibrado com água destilada, e a leitura realizada em triplicata. Os resultados foram expressos como °Brix a 25°C (Lopez-Palestina, 2018).

Os valores de pH foram determinados seguindo o método nº 981.12 da AOAC (2016), usando um medidor de pH digital HI 2211 (Hanna Instruments Inc., Leighton Buzzard, Reino Unido).

3.2.5.5 Conteúdo de clorofilas (a e b) e carotenoides

Os teores dos pigmentos presentes na casca foram determinados por meio do preparo de três discos das cascas ($1,12 \text{ cm}^2$ de área), que foram colocados em um tubo de

vidro contendo 4 mL de dimetilsulfóxido (DMSO), saturado com CaCO₃ (Hiscox; Israelstam, 1979), por 12 h, em ambiente escuro, onde permaneceram para extração de clorofilas a e b e carotenoides. A determinação foi realizada por meio da leitura em espectrofotômetro, tendo como referência os comprimentos de onda 665, 649 e 480 nm para as quantificações de clorofilas a e b, carotenoides e clorofilas totais, respectivamente, conforme Equações 4-7. Foram obtidas curvas de calibração para cada um dos pigmentos estudados e os resultados foram expressos em µg cm⁻², segundo a metodologia de Lee et al. (1987).

$$\text{Clorofila a} = [(12 \times A_{663,8} - 3,11 \times A_{646,8}) \times V] / (1000 \times W) \quad (4)$$

$$\text{Clorofila b} = [(20 \times A_{646,8} - 4,68 \times A_{663,8}) \times V] / (1000 \times W) \quad (5)$$

$$\text{Carotenoides} = [(1000 \times A_{480} - 1,12 \times \text{Cla} - 34,07 \times \text{Clb}) / 245] / 1000 \times W \quad (6)$$

$$\text{Clorofilas totais} = \text{Clorofila a} + \text{Clorofila b} \quad (7)$$

Em que: A: Absorbância no comprimento de onda indicado (nm); V: Volume final do extrato clorofila em DMSO (mL); e W: Área do disco foliar (cm²); Cla: Clorofila a; Clb: Clorofila b.

3.2.5.6 Conteúdo de ácido ascórbico

O conteúdo de vitamina C foi determinado segundo a metodologia de Oliveira (2010), que se baseia na reação de oxirredução do ácido ascórbico com o 2,6-diclorofenol indofenol sódico (DCFI), em que o DCFI é reduzido, e sua detecção é medida em espectrofotômetro, devido à sua alteração da cor azul, quando oxidado, para cor rosa-arroxeadada, quando reduzido. Inicialmente, foi preparada a solução de DCFI, na concentração de 0,03 mg. mL⁻¹ do reagente P.A, filtrado em papel de filtro quantitativo, com água destilada aquecida a 60°C. Ainda, foi preparada uma solução de ácido oxálico P.A. 0,4% (v/v).

Para determinar o conteúdo de vitamina C, foi realizada a pesagem de aproximadamente 7 g do extrato triturado das frutas, e cada amostra foi diluída em

solução de ácido oxálico 0,4% (v/v), e avolumado em balão volumétrico de 100 mL. Em seguida, as soluções foram filtradas a vácuo, com papel de filtro quantitativo, e o conteúdo recolhido armazenado para as posteriores análises. Em três tubos de ensaio foram adicionados uma alíquota de 1 mL do filtrado, sendo adicionado 9 mL de DCFI, nos dois primeiros tubos; e no terceiro tubo, representando o branco da amostra, 9 mL de água destilada. Os tubos foram agitados em agitador vórtex, para as posteriores leituras em espectrofotômetro a 520 nm. Para preparo do branco geral, em um tubo de ensaio foram adicionados 1 mL de ácido oxálico 0,4% e 9 mL de água destilada. Foram preparados mais dois brancos, sendo nestes adicionados 1 mL de ácido oxálico 0,4% e 9 mL de DCFI, denominados de branco a e b. As leituras foram realizadas em espectrofotômetro, no comprimento de onda de 520 nm. O espectrofotômetro foi zerado com branco geral, seguido da leitura dos brancos (a e b), e das amostras contendo o DCFI. Posteriormente, foi realizada uma segunda leitura, após adicionar uma pequena fração de ácido ascórbico P.A. até alteração, marcada pela ausência de cor.

Uma curva de calibração do ácido ascórbico foi preparada para a quantificação da vitamina C. Os resultados foram expressos em mg de ácido ascórbico por 100 g de polpa.

3.2.6 Análise estatística

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC), sendo três concentrações do óleo essencial (0,30%; 0,60%; 0,90%, (m/m)), e os componentes fixos (4% de amido de mandioca (m/v) + glicerol à 55%). Uma testemunha absoluta (ausência de óleo essencial, + componentes fixos, e uma testemunha negativa (somente a mistura do óleo de canola Tween 80, no volume da maior concentração + componentes fixos), sendo, portanto, 5 tratamentos, com 4 repetições, totalizando 200 frutos.

As análises da caracterização do amido de mandioca foram realizadas em triplicata e os dados foram expressos em média \pm desvio padrão. As propriedades de pasta foram determinadas com análise de amostras em duplicatas e os dados foram expressos em média \pm desvio padrão para cada avaliação. E, para a verificação do efeito dos tratamentos nos parâmetros de qualidade pós-colheita das frutas, foi aplicado o teste Tukey a 5% de probabilidade de erro, utilizando o programa *Statistical Analysis System (SAS) University* para processamento dos dados. Os gráficos foram obtidos utilizando-se o “Proc ANOVA”

como procedimento. Para a determinação dos componentes principais (CP's), utilizou-se o “Proc Princomp Statement” como procedimento. O processamento dos dados foi realizado utilizando-se o programa estatístico.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização do amido de mandioca

O amido de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz.) apresentou-se branco, opaco e inodoro. O teor de umidade (Tabela 1) obtido está dentro dos padrões estabelecidos pela ANVISA, conforme a Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005, que especifica umidade máxima de 18,0 % (g/100 g) para amido ou fécula de mandioca. Os teores de cinzas, lipídeos e proteínas (Tabela 1) foram inferiores aos valores obtidos por Farias et al. (2020), ao avaliarem a característica química de amido de mandioca e taioba, que apresentaram para amido de mandioca média de 0,55% de cinzas, 0,11 % para lipídeos e 0,14 % de proteína. O mesmo comportamento foi evidenciado, quando comparado ao valor obtido por Zou et al. (2023) ao estudarem as características de diversas variedades de amido de mandioca com variação de proteína entre 0,06 a 0,29% e lipídeos de 0,05 a 0,23%.

Tabela 1. Caracterização do amido de mandioca nativo.

| Umidade (%) | Cinzas (%) | pH | Proteínas (%) | Lipídeos (%) | Amilose aparente (%) [*] | Amido total (%) [*] |
|--------------|-------------|-------------|---------------|--------------|-----------------------------------|------------------------------|
| 13,03 ± 0,04 | 0,10 ± 0,05 | 4,80 ± 0,00 | 0,70 ± 0,04 | 0,01 ± 0,00 | 30,75 ± 0,92 | 90,40 ± 6,50 |

Valores representam a média ± desvio padrão, composta por três repetições.

^{*}Resultados expressos em base seca.

Constituintes menores, como: proteínas, lipídeos e cinzas, podem interferir negativamente no rendimento de extração do amido, bem como nas propriedades dos revestimentos, pois interfere diretamente nas propriedades funcionais do amido (Serna et al., 2018; Fontes et al., 2017).

O pH levemente ácido foi inferior aos valores encontrados na literatura para amido de três variedades de mandioca, usado como espessante na produção de iogurte, que varia

de 5,98 a 6,36 % (Agyemang et al., 2020). Segundo Silva et al. (2019), o pH é uma característica importante, uma vez que o amido é um produto armazenado e de ampla utilização na indústria de alimentos. Dessa forma, amidos com baixos valores de pH (ácidos) são favorecidos quanto à menor incidência de microrganismos, e consequente retardo na deterioração.

O teor de amilose aparente encontrado foram superiores ao obtidos por Kayode et al. (2021), ao estudarem amidos de mandioca em diferentes períodos de armazenamento (0 aos 28 dias), os quais encontram valores que variaram de 22,05 % a 26,24% para o teor de amilose. Ainda, segundo os autores, a média do teor de amido total foi de aproximadamente 90%, corroborando o valor encontrado no presente estudo.

É de conhecimento científico que a formação de revestimentos ou filmes à base de amido é influenciada pelo teor de amilose, que apresenta grande influência nas propriedades funcionais do amido, haja vista que a mesma pode alterar as regiões entre os grânulos do amido, denominadas de amorfas, resultando no aumento ou diminuição da gelatinização e retrogradação. Para formação de filmes, é desejável valores superiores a 20 % de amilose (Hasmadi et al., 2021).

O aspecto visual do amido (cor) é um atributo de qualidade do mesmo. Observa-se que o valor de L^* ($93,45 \pm 0,79$) representa alto grau de luminosidade, enquanto os valores de a^* ($-0,13 \pm 0,06$) e b^* ($2,98 \pm 0,35$) apresentaram-se baixos. Ao pesquisar o efeito da fermentação e métodos de secagem em amido de mandioca, Díaz et al. (2018) obtiveram valores de L^* (98,69), a^* (-0,07) e b^* (2,81) que corroboram os valores encontrados no presente estudo. Ogundele et al. (2022) afirmam que a cor branca do amido está relacionada ao seu grau de pureza, e valores de luminosidade (L^*) próximos a 100 seria um indicativo de alta qualidade.

Paixão e Silva (2020) relatam que a mandioca, durante a vida pós-colheita, passa por dois principais processos que interferem diretamente na coloração do amido. O primeiro está relacionado à ação de enzimas oriundas dos processos fisiológicos, como enzimas oxidativas; e o segundo está relacionado à ação de microrganismo que promovem a fermentação dos tecidos, resultando na degradação, sendo essas de natureza fisiológica e patológica, respectivamente.

4.2 Propriedades de pasta do amido de mandioca

O estudo da reologia da pasta do amido é um fator importante e necessário para

predição das propriedades funcionais e tecnológicas do amido, uma vez que são fornecidos os parâmetros de viscosidade do gel, resistência ao cisalhamento e comportamento da retrogradação, que influencia diretamente no produto obtido pelo diverso uso do amido na indústria como fonte de matéria-prima (Fernandes et al., 2019).

O perfil viscoamilográfico do amido foi obtido por meio do RVA (*Rapid Visco Analyzer*), conforme apresentado na Figura 1. Observa-se que o início da gelatinização do amido ocorre a baixas temperaturas, seguida por um aumento gradual, até atingir o pico de viscosidade, quando a temperatura está próxima 90 °C, indicando o aumento no intumescimento dos grânulos, e a perda da birrefringência indicada pela viscosidade de quebra.

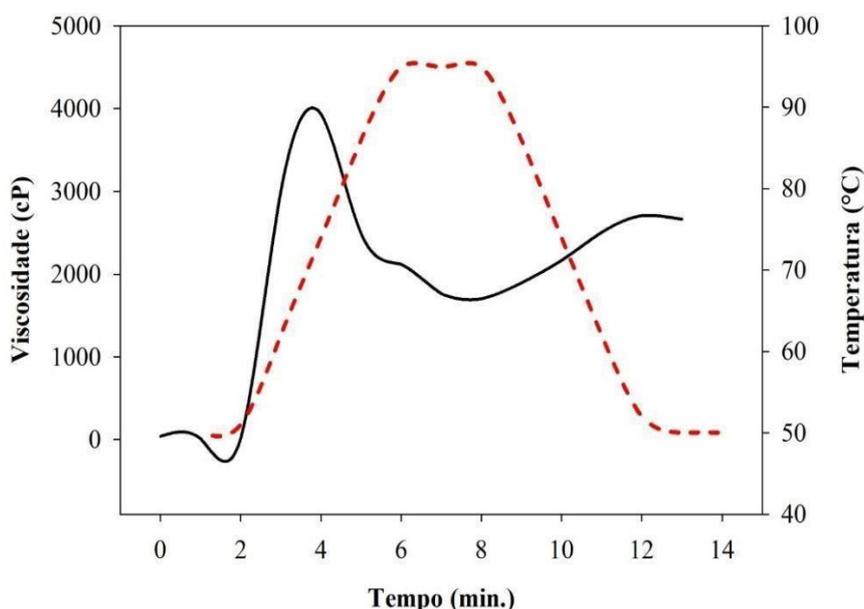


Figura 1. Perfil de viscosidade de amido de mandioca (*Manihot sculenta* Crantz.) obtido no *Rapid Visco Analyzer* – RVA.

Na Tabela 2 estão apresentadas as propriedades de pasta do amido. A tendência à retrogradação é o fenômeno que ocorre quando o amido é submetido ao aquecimento com posterior resfriamento, resultando no endurecimento da pasta, em decorrência da forte força de atração entre as ligações de hidrogênio, promovendo a reassociação das moléculas de amilose e amilopectina, (Agyemang et al., 2020). Segundo Hasmadi et al. (2020), vários fatores podem influenciar esse comportamento da retrogradação, dentre eles: o elevado teor de amilose, a presença de cadeias curtas de amilopectina, bem como

o teor de água, a temperatura e o tempo de armazenamento. Ainda de acordo com os autores, ao estudar diferentes cultivares de mandioca, estes obtiveram resultados médios próximos ao do presente estudo para essa característica, com retrogradação de 895 cP. O mesmo comportamento foi verificado para temperatura de pasta (72,82 °C), tempo de pico (4,02 min) e quebra de viscosidade (3569,33 cP), viscosidade final (2833,66 cP), viscosidade mínima (1993,66 cP). Enquanto, somente para pico de viscosidade (5563,00 cP), foi observado valor superior ao deste estudo.

Tabela 2. Propriedades de pasta de amido de mandioca (*Manihot sculenta* Crantz.) obtidas no *Rapid Visco Analyzer* (RVA).

| Parâmetros | Resultados |
|----------------------------------|-------------------|
| Pico de viscosidade (cP) | 4823,0 ± 36,77 |
| Viscosidade mínima (cP) | 1656,0 ± 26,16 |
| Quebra da viscosidade (cP) | 3163,5 ± 10,61 |
| Viscosidade final (cP) | 2659,5 ± 13,44 |
| Tendência a retrogradação (cP) | 1003,0 ± 12,73 |
| Tempo de pico (min) | 3,43 ± 0,05 |
| Temperatura de empastamento (°C) | 67,45 ± 0,57 |

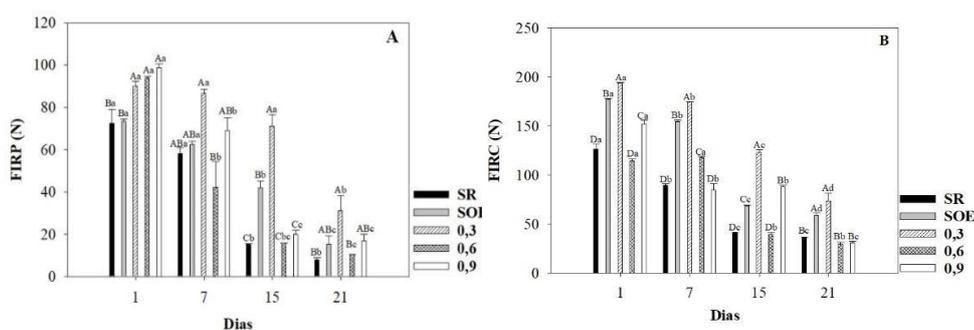
Os valores relatados são as médias ± D.P (n = 2).

Os resultados encontrados permitem inferir que o amido apresenta características desejáveis para formação do revestimento, haja vista que, para a formação da cobertura, é inicialmente necessária a formação do gel, seguida da aplicação/imersão e secagem. Durante a secagem, a matriz filmogênica é formada por meio de ligações cruzadas ou de hidrogênio entre as cadeias poliméricas, levando a uma reticulação. Todavia, para que o filme apresente estrutura contínua, sem a presença de microbolhas e irregularidades na superfície, é necessário que o processo de evaporação do solvente ocorra de forma lenta. Assim, amidos com baixa temperatura de pasta e tendência à retrogradação, como obtido neste estudo, são essenciais para manter as propriedades de barreira (Assis; Britto, 2014).

4.3 Parâmetros de qualidade de mangas ‘Palmer’

Observa-se, na Figura 2A, diferença significativa da firmeza da casca em função do tempo de armazenamento, para todos os tratamentos, ocorrendo diminuição gradual

da mesma. O melhor resultado foi obtido para o tratamento 0,3% de óleo essencial, uma vez que este manteve a firmeza das frutas até os 15 dias de armazenamento, e mostrou-se superior aos tratamentos controle (SR) e 0,6% de óleo essencial até os 21 dias. Para firmeza de casca (Figura 2B), foi verificado o mesmo comportamento para maioria dos tratamentos, com os melhores resultados obtidos para o tratamento com 0,3% de óleo essencial, com manutenção da firmeza da casca entre os períodos de avaliação, havendo apenas diferença aos 21 dias. Os tratamentos SR e 0,6% de óleo essencial também foram superiores ao 0,9% de óleo essencial. O efeito de barreira, promovido pelo uso do revestimento para o tratamento 0,3% de óleo essencial, corrobora os resultados relatados por Bilal e Hashmi (2023) ao estudarem o efeito do revestimento à base de óleo essencial de alecrim em mangas, cujas frutas tratadas apresentaram maior retenção de água, reduzindo o amaciamento das frutas.



*Médias seguidas de letras iguais maiúsculas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a $p < 0,05$ de probabilidade no mesmo período e minúsculas no mesmo tratamento em períodos diferentes.

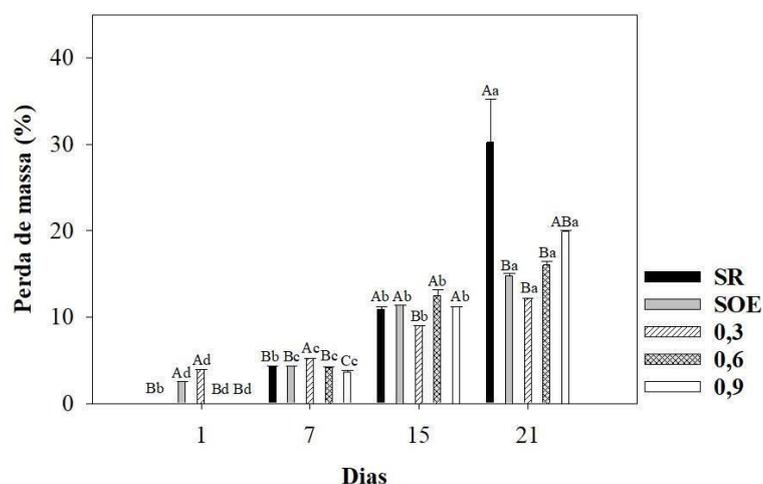
Figura 2. Firmeza da casca (A) e firmeza de polpa (B) de mangas ‘Palmer’ revestidas à base de amido de mandioca com diferentes concentrações de óleo essencial, armazenadas a $13 \pm 0,5^\circ \text{C}$ por 21 dias. SEM: sem revestimento; SOE: sem óleo essencial; 0,3%: 0,30% (m/m) de óleo essencial; 0,6%: 0,60% (m/m) de óleo essencial; 0,9%: 0,90% (m/m) de óleo essencial.

O aspecto visual é uma característica importante para a comercialização de frutas; e a manutenção da firmeza, seja da casca e/ou polpa, possui relação direta com as características visuais e texturais, sendo sua perda um fenômeno negativo que limita a vida útil das frutas (Guerreiro et al., 2015). De acordo com Wigati et al. (2023), os dois principais fatores para perda da firmeza dos frutos são referentes à desintegração da parede celular, resultante de ação enzimática; e o segundo, devido à perda do turgor celular, uma

vez que, com o aumento dos processos metabólicos, ocorre perda de água por transpiração e degradação do amido em açúcares.

Na Figura 3 estão apresentados os resultados para perda de massa ao longo do tempo, nos quais foi observado, para todos os tratamentos, o aumento da perda de massa, sendo o tratamento controle (SR) o que apresentou menor percentual de perda. Contudo, aos 21 dias, apresentou maior perda de massa, quando comparado aos demais tratamentos. Já os tratamentos SOE e 0,3% de óleo essencial apresentaram perda de massa desde o primeiro período de avaliação, seguida de maior estabilidade, a partir dos 7 dias de armazenamento.

A natureza perecível dos frutos é marcada pela redução gradual do peso em decorrência do tempo de prateleira e em detrimento do aumento da taxa de respiração e transpiração, com alteração dos atributos sensoriais, e, por consequência, menor aceitabilidade pelo consumidor (Zhou et al., 2021). Segundo Cissé et al. (2015), a respiração celular favorece a perda de água dos frutos durante o armazenamento. Contudo, os autores ressaltam que o uso de revestimentos pode promover uma barreira à difusão de água pela epiderme dos frutos.



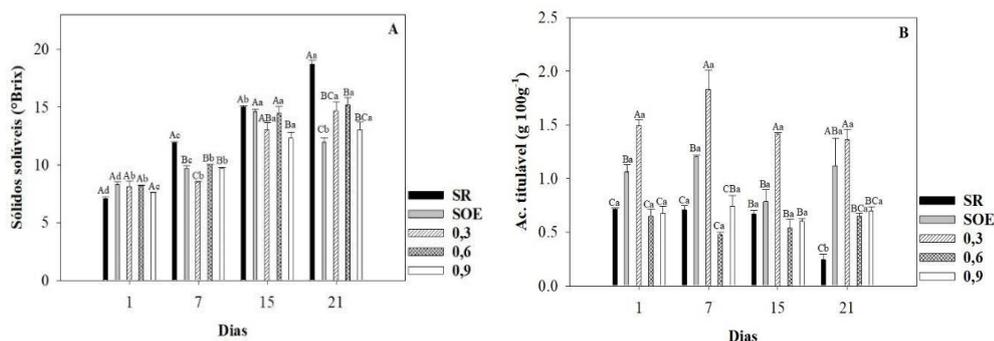
*Médias seguidas de letras iguais maiúsculas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a $p < 0,05$ de probabilidade no mesmo período e minúsculas no mesmo tratamento em períodos diferentes.

Figura 3. Perda de massa de mangas ‘Palmer’ revestidas à base de amido de mandioca com diferentes concentrações de óleo essencial, armazenadas a $13 \pm 0,5^\circ \text{C}$ por 21 dias. SEM: sem revestimento; SOE: sem óleo essencial; 0,3%: 0,30% (m/m) de óleo essencial; 0,6%: 0,60% (m/m) de óleo essencial; 0,9%: 0,90% (m/m) de óleo essencial.

Os resultados obtidos para perda de massa e firmeza de polpa e casca demonstraram que a incorporação do óleo essencial somente favoreceu os parâmetros analisados, quando utilizados em menor concentração, haja vista que 0,6% e 0,9% de óleo essencial, na maioria dos períodos avaliados, não apresentaram diferença significativa, quando comparados ao SR, isento de revestimento. Os resultados corroboram os encontrados por Ahmad et al. (2012), ao estudar filmes de gelatina incorporados com OE de capim-limão e bergamota, quando observaram que o aumento da concentração do OE de bergamota interferiu nas propriedades estruturais do revestimento, resultando na heterogeneidade da matriz do filme, apresentando descontinuidade e irregularidades na superfície. Dessa forma, entende-se que o excesso de componentes extra poliméricos podem resultar em maiores trocas gasosas, com consequente aceleração do processo de amadurecimento das frutas.

Foi observada diferença significativa para o conteúdo dos sólidos solúveis para os tratamentos, marcado pelo aumento gradual deste atribuído. Observa-se que os tratamentos 0,3% e 0,6% de óleo essencial mantiveram os teores estáveis até os 7 dias, enquanto para os demais tratamentos foi evidenciada diferença estatística em relação à primeira avaliação. Aos 21 dias, o tratamento SR mostrou-se superior, com valores próximos a 20° Brix, e demais inferiores a 15° Brix. Em contrapartida, os valores de acidez titulável (Fig. 4B) não apresentaram diferença significativa entre os períodos de avaliação, exceto para o tratamento SR, que demonstrou redução ao 21° dia. Quando analisados os tratamentos em relação ao período de armazenamento, o tratamento 0,3% de óleo essencial demonstrou superioridade a todos os demais tratamentos, até os 15 dias de armazenamento, com aproximadamente 2g/100g. Observa-se, ainda, que, para todos os períodos de avaliação, o tratamento controle (SR) não se diferiu estatisticamente dos tratamentos com maiores concentrações (0,6% e 0,9%) do óleo essencial.

Durante o processo de amadurecimento das frutas, algumas alterações são importantes para que estas atinjam sua máxima qualidade, atribuídas aos elevados teores de açúcares, presentes na polpa, com respectiva redução da AT; e aumento do pH, fator essencial para aceitabilidade do consumidor, haja vista sua influência nos parâmetros sensoriais (Serpaet al., 2014).



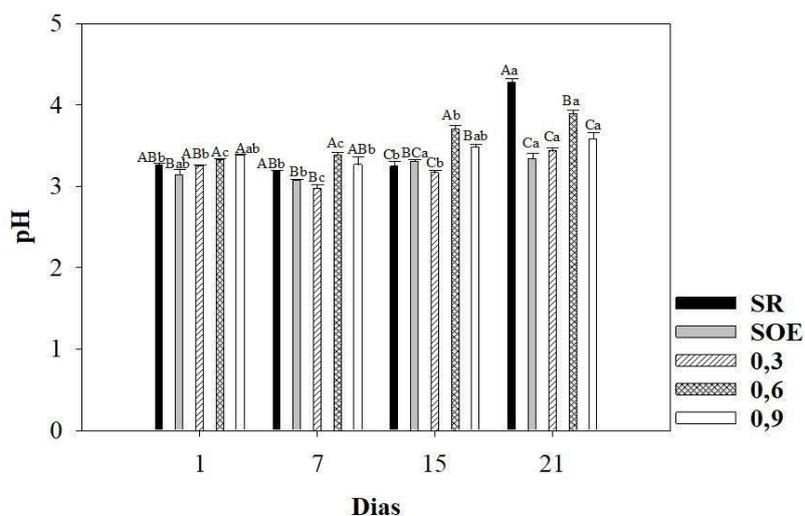
*Médias seguidas de letras iguais maiúsculas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a $p < 0,05$ de probabilidade no mesmo período e minúsculas no mesmo tratamento em períodos diferentes.

Figura 4. Acidez titulável (A) e sólidos solúveis (B) de mangas ‘Palmer’ revestidas à base de amido de mandioca com diferentes concentrações de óleo essencial, armazenadas a $13 \pm 0,5^\circ \text{C}$ por 21 dias. SEM: sem revestimento; SOE: sem óleo essencial; 0,3%: 0,30% (m/m) de óleo essencial; 0,6%: 0,60% (m/m) de óleo essencial; 0,9%: 0,90% (m/m) de óleo essencial.

Azevedo et al. (2016), ao estudarem o efeito do revestimento à base de amido de mandioca com adição de óleos essenciais em frutos de manga, obtiveram resultados com comportamento similar, ocorrendo o aumento dos teores dos sólidos solúveis ao decorrer dos dias de armazenamento. Os autores relatam que, aos 21 dias, o controle apresentou a maior concentração (13,3%), sendo esta maior, quando comparado aos demais tratamentos. Além disso, também foi verificado que os revestimentos adicionados de OE de erva doce (0,9% m/v) não interferiram de forma significativa nessa redução. Segundo Amin et al. (2021), o aumento da presença de ácidos orgânicos pode ser explicado tanto pela degradação dos polissacarídeos em açúcares de cadeia menores, ou ainda pela perda de água dos frutos, explicando, assim, o aumento no teor de sólido solúveis ao decorrer do tempo de armazenamento.

Os resultados apresentados na Figura 5A evidenciam um discreto aumento do pH, observado a partir do 15º dia de armazenamento, para os tratamentos SOE e 0,6% de óleo essencial, enquanto para os tratamentos SR, 0,3% e 0,9% de óleo essencial, o aumento ocorreu apenas aos 21 dias. Neste último período de avaliação, identificou-se diferença estatística, com maior pH (4,0) obtido pelo tratamento controle (SR). Santos et al. (2011), ao estudarem o efeito do revestimento comestível à base amido de mandioca em três concentrações (2%, 4% e 6%), evidenciaram que frutas de manga ‘Tommy Atkins’

apresentaram decréscimo para acidez titulável e aumento para o pH em função do tempo de armazenamento, quando as maiores concentrações de amido de mandioca (4% e 6%) proporcionaram, até o 21º dia de armazenamento, a maior manutenção da acidez das frutas. Os autores ressaltam que o processo de amadurecimento das frutas é marcado pela aceleração do metabolismo, com expressivo aumento do consumo dos ácidos orgânicos, influenciando a redução da acidez e aumento do pH.



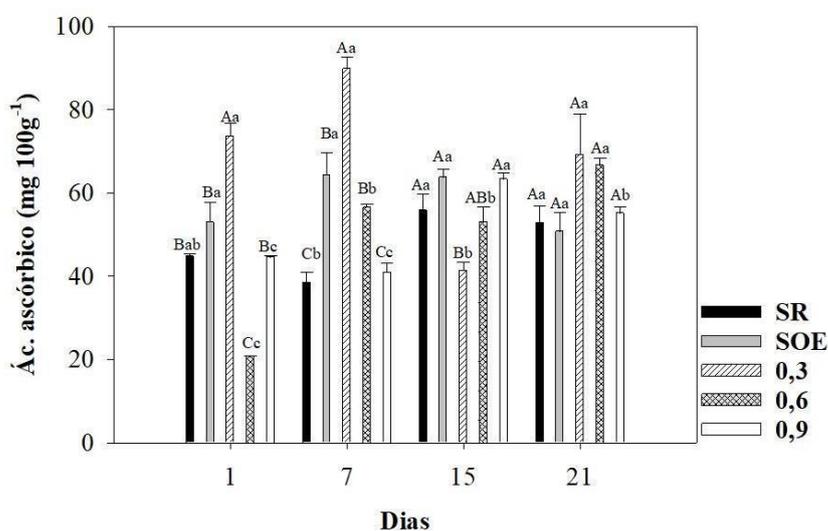
*Médias seguidas de letras iguais maiúsculas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a $p < 0,05$ de probabilidade no mesmo período e minúsculas no mesmo tratamento em períodos diferentes.

Figura 5. pH de mangas ‘Palmer’ revestidas à base de amido de mandioca com diferentes concentrações de óleo essencial, armazenadas a $13 \pm 0,5^\circ \text{C}$ por 21 dias. SEM: sem revestimento; SOE: sem óleo essencial; 0,3%: 0,30% (m/m) de óleo essencial; 0,6%: 0,60% (m/m) de óleo essencial; 0,9%: 0,90% (m/m) de óleo essencial.

O aumento da respiração em frutas climatéricas está tipicamente associado à produção autocatalítica do etileno, que desencadeia processos metabólicos ligados ao amadurecimento, explicando o aumento nos teores de açúcares solúveis e pH e redução da acidez titulável (Zhang et al., 2020). Assim, ao incorporar OE na solução filmogênica aplicada nas frutas, é formada uma barreira à permeabilidade de O_2 e H_2O e aumento da concentração de CO_2 no interior da fruta, alterando o metabolismo fisiológico, uma vez que, para a biossíntese do etileno, é indispensável a presença de O_2 para ação da enzima AAC oxidase, responsável pela conversão de ACC (ácido aminopropanocarboxílico) em

etileno, produto final da rota de síntese deste hormônio. Ainda, o aumento da concentração de CO₂, no interior do fruto, promove competição pelo sítio receptor de etileno, resultando na inibição do processo de amadurecimento (Chitarra; Chitarra, 2005).

Os valores obtidos para ácido ascórbico estão apresentados na Figura 6. Observa-se que houve diferença significativa entre os tratamentos, com exceção do SOE, que não apresentou nenhuma variação ao decorrer do tempo de armazenamento. De acordo com os resultados, o tratamento de 0,3% de óleo essencial foi o que apresentou o maior conteúdo de ácido ascórbico até o 7º dias, enquanto os tratamentos 0,6% e 0,9% de óleo essencial apresentaram menores teores, sem diferença significativa, e igualdade ao 21º dia de armazenamento para os tratamentos estudados.



*Médias seguidas de letras iguais maiúsculas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a $p < 0,05$ de probabilidade no mesmo período e minúsculas no mesmo tratamento em períodos diferentes.

Figura 6. Teor de ácido ascórbico de mangas ‘Palmer’ revestidas à base de amido de mandioca com diferentes concentrações de óleo essencial, armazenadas a $13 \pm 0,5^\circ \text{C}$ por 21 dias. SEM: sem revestimento; SOE: sem óleo essencial; 0,3%: 0,30% (m/m) de óleo essencial; 0,6%: 0,60% (m/m) de óleo essencial; 0,9%: 0,90% (m/m) de óleo essencial.

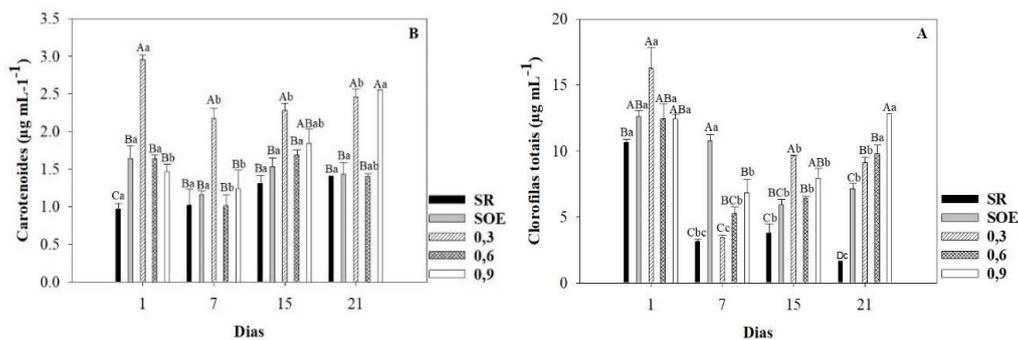
Mangas são ricas em vitaminas, fenólicos e antioxidantes, que agregam valor às frutas, sendo bastante apreciado para consumo “*in natura*”. Todavia, devido à natureza climática da manga, ocorre o aumento da taxa de respiração e alterações em sua composição química (Chitarra; Chitarra, 2005).

Cai et al. (2020), ao pesquisar o efeito de baixas temperaturas em frutos de manga ‘Palmer’ recobertas por filmes à base de amido, com adição de OE de tomilho, também

verificaram diferentes teores de ácido ascórbico, os quais decresceram com período de armazenamento, sendo o tratamento composto por OE, o que manteve maiores teores de ácido ascórbico por mais tempo. O comportamento sugere que o revestimento comestível teve o efeito potencializado pela incorporação do OE, uma vez que revestimentos à base de amido apresentam maior permeabilidade ao vapor de água, em função da sua característica hidrofílica. Assim, ao incorporar o OE na formulação, maior caráter hidrofóbico foi introduzido na solução, favorecendo, assim, maior controle nas trocas gasosas, que resultam na redução dos níveis internos de O₂ e aumento dos níveis de CO₂, os que restringe a síntese do etileno. Além de promover alteração da atmosfera interna das frutas, a aplicação de revestimento pode reduzir o estresse oxidativo das frutas, uma vez que, de acordo com Khaliqet al. (2015), o ácido ascórbico é sintetizado pelas frutas e atuam como principal componente endógeno nos processos fisiológicos responsáveis pelo efeito antioxidante às espécies reativas de oxigênio (EROS), como o oxigênio singlete (1O₂), peróxido de hidrogênio (H₂O₂) e hidroxilas reativas (OH•), responsáveis pelos danos oxidativos.

O efeito dos tratamentos, na concentração de clorofilas e carotenoides presentes nas mangas, está apresentado na Figura 7A-B. Os resultados demonstram poucas variações em função do fator tempo para o conteúdo de carotenoides (Fig. 7A), com destaque para o tratamento 0,3% de óleo essencial que, apesar da redução do conteúdo no 7º dia de avaliação, não apresentou redução para os outros tempos avaliados. Já para clorofilas totais (Fig. 7B), nota-se discreta redução no decorrer do tempo, para a maioria dos tratamentos, demonstrando efeito do revestimento no retardo da degradação das clorofilas, uma vez que o tratamento controle (SR) evidenciou a maior redução ao longo do tempo, com valor médio inferior a 3 µg.mL⁻¹ no 21º dia de armazenamento.

As frutas nos primeiros estádios de maturação apresentam coloração verde, devido à presença da clorofila, pigmentos estes que são degradados ao longo do processo de amadurecimento (Ebrahimi et al., 2020). Por outro lado, pigmentos como carotenoides apresentam um aumento de concentração que pode variar de 3,09 µg.100g⁻¹, no estágio verde, para 70,88 µg.100g⁻¹, no início do amadurecimento, chegando a 251,74 µg.100g⁻¹, quando maduro (Sousa et al., 2021). Os genes responsáveis por codificar as enzimas degradativas, como a clorofilase, são inibidos em decorrência do aumento de CO₂ (Li et al., 2019), acumulado no interior do fruto, devido à propriedade de barreira promovida pelo revestimento comestível.



*Médias seguidas de letras iguais maiúsculas não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a $p < 0,05$ de probabilidade no mesmo período e minúsculas no mesmo tratamento em períodos diferentes.

Figura 7. Teores de carotenoides (A) e clorofilas totais (B) de mangas ‘Palmer’ revestidas à base de amido de mandioca com concentrações de óleo essencial, armazenadas a $13 \pm 0,5^\circ \text{C}$ por 21 dias. SEM: sem revestimento; SOE: sem óleo essencial; 0,3%: 0,30% (m/m) de óleo essencial; 0,6%: 0,60% (m/m) de óleo essencial; 0,9%: 0,90% (m/m) de óleo essencial.

Segundo Nabi et al. (2023), os pigmentos são os principais componentes responsáveis por fornecer cores às plantas, conferindo padrões de uniformidade, conforme a intensidade e variação de cores, interferindo diretamente na aceitabilidade dos consumidores, haja vista sua grande relação com atributos de qualidade sensorial. Além disso, Lu et al. (2021) ressaltam que pigmentos como carotenoides, antocianinas e flavonoides, além de apresentarem uma poderosa ação antioxidante em frutas, são reconhecidos cientificamente por suas propriedades biológicas e farmacológicas, sendo uma fonte importante na dieta humana.

A análise de cor instrumental forneceu parâmetros como o ângulo hue (casca e polpa) e croma (casca e polpa), que estão relacionados ao amadurecimento das frutas (Tabela 43). Observa-se que houve interação significativa para ângulo hue (h°) da polpa e da casca, com valores próximos a 100° , indicando tendência à cor verde amarelada ao longo do tempo de armazenamento. Este comportamento foi mais evidenciado para ângulo hue da polpa, onde os tratamentos SR, 0,3% e 0,6% de óleo essencial apresentaram menores valores nos 21 dias, com ângulo em torno dos 90° . Quanto ao croma da casca e polpa (Tabela 3), observa-se maiores variações em função do tempo e dos tratamentos, sendo possível destacar que, para croma de casca, os tratamentos SR e 0,6% de óleo essencial apresentaram valores mais elevados, enquanto para croma de polpa o mesmo

comportamento foi evidenciado para os tratamentos SR, 0,3% e 0,9% de óleo essencial, indicando maior pureza de cor ao decorrer do tempo.

Costa et al. (2016), ao avaliar os parâmetros de coloração de frutos de manga ‘Palmer’ com revestimento à base de amido de mandioca (1 a 3%), apresentaram resultados que corroboram o presente estudo, com interação significativa entre tempo e tratamentos, para ângulo hue de casca. Entretanto, para ângulo hue de polpa e croma (casca e polpa), não foram obtidos significância. O estudo de Camatari et al. (2018) revelou que revestimentos compostos por quitosana apresentaram impacto significativo para os parâmetros de croma e ângulo hue. Todavia, esses resultados não foram observados para revestimento à base de amido mandioca, resultados que divergem do presente estudo.

Segundo Sousa et al. (2021), os parâmetros referentes à coloração das frutas são de suma importância para predição da qualidade das frutas e vegetais, uma vez que, durante o processo de amadurecimento, ocorrem alterações bioquímicas que promovem mudanças na cor da casca e polpa das frutas, decorrentes da degradação da clorofila e síntese de carotenoides. Os autores destacam que o uso de revestimentos comestíveis é eficaz para retardar a redução do ângulo hue e aumento do croma ao longo do tempo, o que é relevante, dada a importância destas características primordiais para maior aceitabilidade pelos consumidores.

Observa-se que houve incidência de manchas/pintas escuras nas mangas ‘Palmer’ (Fig. 8A e 8B) no 21º dia na amostra SR, as mesmas surgiram a partir do 7º dia, indicando a presença de sintomas característicos da doença antracnose, promovida pelo agente etiológico (*Colletotrichum gloeosporioides*) de grande ocorrência em frutos de manga e outras culturas. Na Figura 8C, pode-se observar que, na fruta com o tratamento SR, houve aumento da coloração amarela no 21º dia, em comparação à manga com 0,3% de óleo essencial, que manteve visualmente sua coloração inicial.

Tabela 3. Ângulo hue e croma (casca e polpa) de mangas ‘Palmer’ revestidas à base de amido de mandioca com diferentes concentrações de óleo essencial (SEM, SOE, 0,3%, 0,6% e 0,9%), armazenadas aos 1, 7, 15 e 21 dias, a $13 \pm 0, 5^\circ$

| Tempo (dias) | Tipo de Revestimento | | | | |
|-----------------|----------------------|-----------------|----------------|----------------|-----------------|
| | SR | SOE | 0,3% | 0,6% | 0,9% |
| °h casca | | | | | |
| 1 | 98,02±0,98 Ca | 95,68±0,83 CDb | 107,39±0,49 Aa | 94,31±0,00 Dbc | 102,30±0,00 Ba |
| 7 | 92,57±1,18 BCb | 94,17±0,86 BCb | 95,76±0,61 ABc | 91,98±0,89 Cc | 98,87±0,00 Ac |
| 14 | 96,13±0,71 Bab | 99,81±2,58 ABab | 95,03±0,67 Bc | 103,65±1,26 Aa | 99,52±0,00 ABb |
| 21 | 97,40±0,00 BCa | 107,39±2,08 Aa | 98,77±0,52 Bb | 95,67±0,12 BCb | 93,58±0,00 Cd |
| °h polpa | | | | | |
| 1 | 98,37±0,27 Ba | 96,08±0,71 Ba | 98,89±0,68 ABa | 98,73±0,99 Ba | 102,25±0,86 Aa |
| 7 | 96,84±0,33 Aab | 95,40±0,45 Aab | 96,96±1,40 Aa | 94,42±0,39 Ab | 95,04±0,66 Ac |
| 15 | 95,70±0,34 BCb | 92,70±0,58 Db | 95,39±0,33 Cab | 98,03±0,93 ABa | 98,77±0,30 Ab |
| 21 | 93,40±0,40 Bc | 96,60±0,95 Aa | 92,40±0,29 BCb | 90,42±0,66 Cc | 96,35±0,41 Abc |
| C casca | | | | | |
| 1 | 24,79±1,74 Aa | 18,10±0,79 Bb | 16,22±0,92 Bb | 20,08±0,38 ABb | 16,16±1,20 Bb |
| 7 | 28,04±0,30 Ba | 16,51±0,24 Db | 95,06±0,65 Aa | 18,94±1,03 CDb | 19,91±0,00 Ca |
| 14 | 25,18±2,36 Aa | 24,03±0,13 Aa | 14,89±0,08 Bb | 22,07±0,72 Ab | 15,85±0,00 Bb |
| 21 | 25,30±0,00 Ba | 23,31±0,67 Ba | 15,27±0,41 Cb | 27,98±0,91 Aa | 15,37±0,00 Cb |
| C polpa | | | | | |
| 1 | 39,48±2,17 Bc | 35,21±2,35 Ba | 36,19±1,93 Bb | 49,14±0,54 Aa | 41,26±0,51 ABc |
| 7 | 44,80±1,23 BCbc | 43,26±2,34 Ca | 14,81±0,53 Dc | 55,73±0,36 Aa | 52,52±2,55 ABab |
| 14 | 46,76±1,21 ABb | 42,68±1,40 ABa | 37,95±0,78 Bb | 51,46±5,50 Aa | 47,30±0,95 ABbc |
| 21 | 57,79±1,53 Aa | 43,26±2,34 Ca | 51,51±1,42 ABa | 45,26±0,19 BCa | 56,89±1,69 Aa |

Letras maiúsculas comparam cada tempo nos diferentes tipos de revestimento e as letras minúsculas comparam cada tipo nos diferentes tempos de avaliação. Os dados são as médias \pm o erro padrão da média.

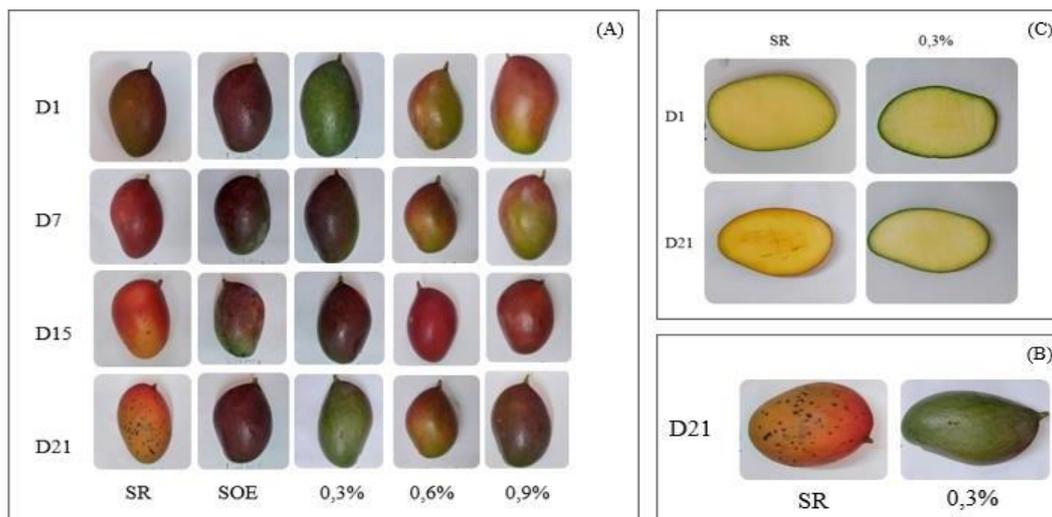


Figura 8. Imagens comparativas da casca de mangas ‘Palmer’ revestidas à base de amido demandioca, com diferentes concentrações de óleo essencial (SEM, SOE, 0,3%, 0,6% e 0,9%), armazenadas aos 1, 7, 15 e 21 dias, a $13 \pm 0,5^\circ \text{C}$ (A); Imagem comparativa dos tratamentos SR e 0,3% de óleo essencial, no 21º dia de armazenamentos (B); Imagens comparativas da polpa dos tratamentos SR e 0,3% de óleo essencial no 21º dia de armazenamentos.

O aspecto visual das frutas é de suma importância para comercialização, e a presença de sintomas de doenças pode resultar em perdas pós-colheita, devido aos padrões estabelecidos pelos mercados no âmbito nacional, e principalmente no tocante às exportações, tendo em vista que o agente etiológico da antracnose é considerado praga quarentenária em alguns países compradores de mangas. Assim, o uso de OE, incorporado à solução filmogênica, surge como uma alternativa aos fungicidas sintéticos no controle de antracnose em pós-colheita de manga, uma vez que o uso de fungicidas comerciais tem gerado preocupação, devido aos fatores relacionados à resistência dos fungos e à associação negativa à saúde humana e ao meio ambiente (Oliveira et al., 2017).

Uma análise de componentes principais foi aplicada, a fim de reduzir o volume de dados obtidos no estudo da interação dos tipos de revestimentos e tempo de armazenamento, para determinação das características físicas e químicas das frutas de manga ‘Palmer’, armazenadas a $13 \pm 0,5^\circ \text{C}$. Os autovalores da matriz de covariância demonstraram que dois componentes principais foram suficientes para representar a maior parte da variabilidade. CP1 e CP2 explicam 61,36% e 20,94%, respectivamente, dos dados, o correspondente a 82,30% da variância total do conjunto de dados. Na Tabela 4

estão apresentados os coeficientes de Correlação de Pearson para os CP1 e CP2 (componentes de principais). Observa-se que o CP1 não apresentou significância ($p < 0,05$) para variável ácido ascórbico, contudo, foi possível identificar significância ($p < 0,05$) com correlação negativa (CP1) para variáveis, pH, sólidos solúveis e perda de massa. Enquanto as variáveis acidez titulável e firmeza (polpa e casca) apresentaram forte correlação positiva, uma vez que os valores se encontram em torno de 0,9. Para CP2, nota-se que apenas ácido ascórbico, acidez titulável e perda de massa apresentaram significância ($p < 0,05$), marcada pela correlação positiva.

Tabela 4. Coeficientes de Correlação de Pearson para os parâmetros de qualidade de manga ‘Palmer’, para os componentes principais (CPs) 1 e 2.

| | Fir. da casca | Fir. da polpa | Ác. ascórbico | Ac. titulável | pH | Sólidos solúveis | Perda de massa |
|------------|------------------------------|------------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------------------|-------------------------------|
| CP1 | -0,9152* | -0,9049* | 0,0254 ^{ns} | -0,5820* | 0,8356* | 0,9037* | 0,8859* |
| CP2 | 0,1311 ^{ns} | - 0,1627 ^{ns} | 0,9113* | 0,6732* | - 0,1154 ^{ns} | 0,1947 ^{ns} | 0,2957* |

n = 60; *: Significativo ($p < 0,05$); ns: Não significativo ($p > 0,05$);

Observa-se (Fig. 9) que houve um agrupamento no quadrante superior esquerdo positivo para os tratamentos SOE e 0,3% de óleo essencial, nos dois primeiros períodos de armazenamento. Enquanto para os mesmos períodos, os tratamentos SR, 0,6% e 0,9% de óleo essencial se agruparam no quadrante inferior esquerdo negativo. Para os demais períodos de avaliação (14 e 21 dias), constatou-se agrupamentos nos quadrantes superior e inferior esquerdo. Diante disso, entende-se que o tempo associado à aplicação de revestimentos são fatores de grande relevância para retardar o processo de amadurecimento, e promover a manutenção da qualidade de frutas.

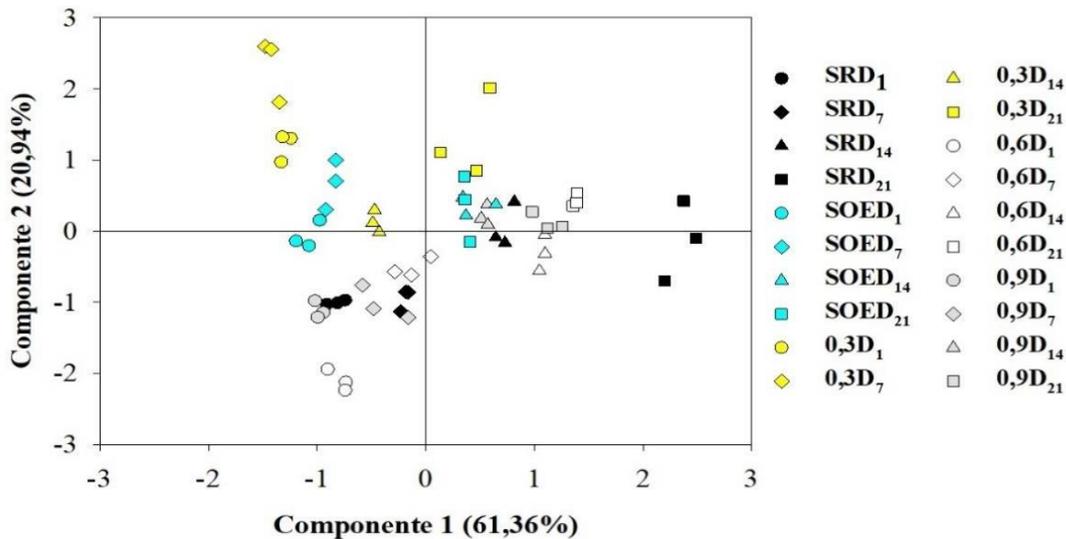


Figura 9. Análise de componentes principais (ACP): distribuição das amostras em gráficos de pontuação para interação do tipo de revestimento e períodos de avaliação. SEM: sem revestimento; SOE: sem óleo essencial; 0,3%: 0,30% (m/m) de óleo essencial; 0,6%: 0,60% (m/m) de óleo essencial; 0,9%: 0,90% (m/m) de óleo essencial; D dia de avaliação.

Na Figura 10, o comportamento das variáveis física e química foi representado pelos CP's (CP1 e CP2). Nota-se que a variável acidez titulável (quadrante superior esquerdo negativo) apresenta-se inversamente proporcional ao pH (quadrante inferior positivo), considerando que, durante o processo de amadurecimento, marcado por alterações bioquímicas, é observado o aumento do pH e a redução da acidez titulável. O mesmo ocorre para perda de massa, ácido ascórbico e sólidos solúveis (quadrante superior direito positivo), que elevam seus teores ao longo do tempo.

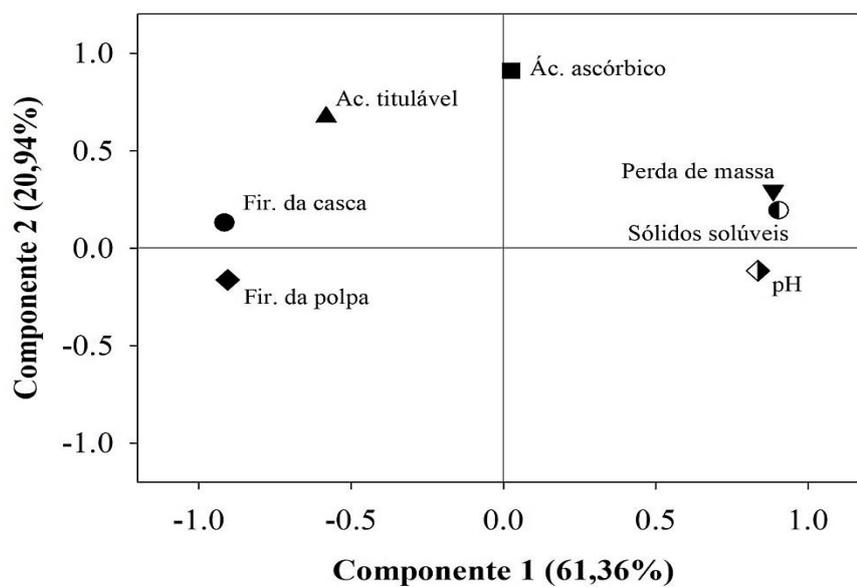


Figura 10. Análise de componentes principais (ACP): gráfico de carga fatorial de variáveis físicas e químicas de manga ‘Palmer’ ao longo do Componente Principal 1 e 2 (CP1 e CP2).

5 CONCLUSÃO

A aplicação do revestimento comestível, adicionado de óleo essencial de *Salvia sclarea* L., foi benéfico para manter a firmeza da casca, reduzir a perda de massa, assim como para manter a acidez titulável, sólido solúveis, carotenoides, clorofilas totais e o croma da casca e polpa de mangas 'Palmer', durante o armazenamento, sendo os melhores resultados observados com a concentração de 0,3%.

A utilização de revestimentos com adição de emulsão apresentou visualmente propriedades fungicida e/ou fungistática para o agente etiológico (*Colletotrichum gloeosporioides*) causador da antracnose, controlando os efeitos sintomatológicos nas frutas. O óleo essencial de *Salvia sclarea* promoveu melhoria nas propriedades do revestimento, indicando maior hidrofobicidade.

Dessa forma, os revestimentos com adição de óleo essencial são uma alternativa ao uso de produtos químicos em pós-colheita para controle de qualidade, e maior aceitação pelo consumidor.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABAFRUTAS. Brasil é o maior e o terceiro maior produtor de frutas do mundo, diz Abrafrutas. 2019. Disponível em: [https://Brasil é o terceiro maior produtor de frutas do mundo, diz Abrafrutas – Abrafrutas/](https://Brasil%20%C3%A7%C3%B5es%20da%20mundo,%20diz%20Abrafrutas-%20Abrafrutas/). Acesso em: 03 abr. 2021.

ABAFRUTAS. Exportação de manga brasileira bate recorde em 2020 totalizando US\$ 246 milhões, diz Abrafrutas. 2021. Disponível:

[https://abrafrutas.org/2021/04/exportacao-de-manga-brasileira-bate-recorde-em-2020-](https://abrafrutas.org/2021/04/exportacao-de-manga-brasileira-bate-recorde-em-2020-totalizando-us-246)

[totalizando-us-246 milhoes/#:~:text=Em%202020%2C%20as%20exporta%C3%A7%C3%B5es%20da%2020mil%20toneladas%20de%20manga.](https://abrafrutas.org/2021/04/exportacao-de-manga-brasileira-bate-recorde-em-2020-totalizando-us-246-milhoes/#:~:text=Em%202020%2C%20as%20exporta%C3%A7%C3%B5es%20da%2020mil%20toneladas%20de%20manga.) Acesso em: 03 abr. 2021.

ABRAFRUTAS. Clima e crise geopolítica mundial fazem exportações de frutas recuarem em 2022 – Abrafrutas. Disponível em: [https://abrafrutas.org/2023/01/Clima e crise geopolítica mundial fazem exportações de frutas recuarem em 2022/](https://abrafrutas.org/2023/01/Clima-e-crise-geopolitica-mundial-fazem-exportacoes-de-frutas-recuarem-em-2022/). Acesso em: 01 jul. 2023.

Agreles, M.A.A.; Cavalcanti, I.D.L.; Cavalcanti, I.M.F. The Role of Essential Oils in the Inhibition of Efflux Pumps and Reversion of Bacterial Resistance to Antimicrobials. **Current Microbiology**, v. 78, n.10, p.3609-3619, 2021. <https://doi.org/10.1007/s00284-021-02635-1>.

Agyemang, P. N.; Akonor, P. T.; Tortoe, C.; Johnsona, P.-N. T.; Manu-Aduening, J. Effect of the use of starches of three new Ghanaian cassava varieties as a thickener on the physicochemical, rheological and sensory properties of yoghurt. **Scientific African**, v. 9, e00521. ISSN 2468-2276. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2020.e00521>

Ali, A.; Hei, G. K.; Keat, Y. W. Efficacy of ginger oil and extract combined with gum arabic on anthracnose and quality of papaya fruit during cold storage. **Journal of Food Science and Technology**, v. 53, n.3, p.1435-1444. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-2124-5>.

Almeida, J.C.; Almeida, P.P.; Gherardi, S.R M. Potencial antimicrobiano de óleos essenciais: uma revisão de literatura de 2005 a 2018. **Óleos essenciais, produtos naturais, atividades antimicrobianas**, v. 17, n.1, p. 8623-8633. 2020.

Amin, U.; Khan, M. K. I.; Khan, M. U.; Ehtasham A. M.; Pateiro, M.; Lorenzo J.M.; Maan, AA. Improvement of the performance of chitosan-aloe vera coatings by adding beeswax on postharvest quality of mango fruit. **Foods**. v. 10, n. 10, p. 2240. 2021. <https://doi.org/10.3390/foods10102240>

AOAC. 2016. Association of Official Analytical Chemists. Official Methods of Analysis of AOAC International, 20^a ed. Gaithersburg, USA, 2016.

Assis, O. B. G., & Britto, D. Revisão: Coberturas comestíveis protetoras em frutas: fundamentos e aplicações. **Campinas**, v. 17, n. 2, p. 87-97, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/bjft.2014.019>

Aslani, Z.; Hassani, A.; Mandoulakani, B.A.; Barin, M.; Ramin Maleki, R. Effect of

drought stress and inoculation treatments on nutrient uptake, essential oil and expression of genes related to monoterpenes in sage (*Salvia officinalis*). **Science Horticulturae**. v. 309, p. 111610. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111610>

Ahmad, M.; Benjakul, S.; Prodpran, T.; Agustini, T. W. (2012). Physico-mechanical and antimicrobial properties of gelatin film from the skin of unicorn leatherjacket incorporated with essential oils. **Food Hydrocolloids**. v. 28, n. 1, p. 189–199. 2012. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.12.003>

Assis, O. B. G., Britto, D. Revisão: coberturas comestíveis protetoras em frutas: fundamentos e aplicações. Campinas, v. 17, n. 2, p. 87-97. 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/bjft.2014.019>

Azerêdo, L. P. M.; Silva, S. D. M.; Lima, M. A. C.; Dantas, R. L.; Pereira, W. E. Qualidade de manga “tommy atkins” da produção integrada recoberta com fécula de mandioca associada a óleos essenciais e quitosana. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 38, n. 1, p. 141–150. 2016. doi:10.1590/0100-2945-270/14

Braga, S. P.; Giovanna Alencar Lundgren, G. A.; Macedo, S. A.; Tavares, J. F.; Vieira, W. A. S.; Câmara, M. P.S.; Souza, E. L. Application of coatings formed by chitosan and Mentha essential oils to control anthracnose caused by Colletotrichum gloesporioides and C. brevisporum in papaya (*Carica papaya* L.) fruit. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 139, p. 631-639. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.08.010>.

Bajaj, K.; Adhikary, T.; Gill, P. P. S.; Kumar, A. (2023). Edible coatings enriched with plant- based extracts preserve postharvest quality of fruits: A review. **Progress in Organic Coatings**, v. 182, 107669, ISSN 0300-9440. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2023.107669>

Bakalli, F.; Averbeck, S.; Averbeck, D.; Idaomar, M. Biological effects of essential oils: a review. **Food and Chemical Toxicology**, v. 46, n. 2, 446-475, 2008. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.09.106>

Barros, W.K.C.; Carvalho, F.L.C.; Barbosa Júnior, L.B.; Sousa, R.R.; Veras, F.H.C.; Sousa, P.H. S.; Souza Lobo, R.F.S. Utilização de revestimentos alternativos na conservação pós-colheita de mamão ‘sunrise solo’. **Agri-Environmental Sciences**, v. 5, e019002, 2019. <https://doi.org/10.36725/agries.v5i0.1205>

Benitez, F. J. B.; Leyva, B.M.; Güitrón, L.A.; Hernández, C. L. M.; Cantabrana, A. F.; Islas, L. C. R.; Estrada, R. R. G. (2022). Impact of edible coatings on quality of fruits: A review. **Food Control**, v. 39, 109063, ISSN 0956-7135. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.109063>.

Bilal, H., & Hashmi, S. M. Combination of rosemary oil and potassium sorbate controls anthracnose in mango fruit by triggering defense-related enzymes. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 127, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.pmpp.2023.102112>

Bligh, E.G.; Dyer, W. J. A rapid method of total lipid extraction and purification. **Canadian Journal of Biochemistry and Physiology**, v. 37, n. 8, p. 911-917, 1959. <https://doi.org/10.1139/o59-099>

Bomfim, M.P.; Lima, G.P.P.; São José, A.R.; Vianello, F.; Oliveira, L.M. Conservação pós- colheita de manga ‘tommy atkins’ com 1-metilciclopropeno. **Revista brasileira de fruticultura**, Jaboticabal - SP, Volume Especial, p. 290-297, 2011. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452011000500036>

Botelho, L. N.; Rocha, D. A.; Braga, M.A.; Silva, A.; Abreu, C. M. P. Quality of guava cv. ‘Pedro Sato’ treated with cassava starch and cinnamon essential oil. **Scientia Horticulturae**, v. 209, p. 214–220, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.06.012>.

Bouyahya, A.; Lagrouh, F.; Omari, N.; Bourais, I.; Jemli, M.; Marmouzi, I.; Salhi, N.; Braga, S. P.; Magnani, M.; Madruga, M.S.; Galvão, M. S.; Medeiros, L. L.; André Batista, U. D.; Dias, R. T. A.; Fernandes, L. R.; Medeiros, E. M.; Souza, E. L. Characterization of edible coatings formulated with chitosan and Mentha essential oils and their use to preserve papaya (*Carica papaya* L.). **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 65, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102472>

BRASIL (2005). Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. Dispõe do regulamento técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. Disponível em: http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/2718376/RDC_263_2005_.pdf/2b494d48-0d39-4c8d-84d1-e20ec6e9190f. Acesso em: 17/07/2023.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. Instrução Normativa nº 20, de 21 de jul. de 1999. Diário oficial da União. Brasília, DF, 27 jul. 1999.

Burrell, M.M. Starch: the need for improved quality or quantity—an overview. **Journal of Experimental Botany**, v. 54, n. 382, p. 451-456, 2003. <https://doi.org/10.1093/jxb/erg049>

Cai, C.; Ma, R.; Duan, M.; Deng, Y.; Liu, T.; Lu, D. Effect of starch film containing thyme essential oil microcapsules on physicochemical activity of mango. **LWT**, v. 131, 109700, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.109700>

Camatari, F. O. S.; Santana, L. L. A.; Carnelossi, M. A. G. Impact of edible coatings based on cassava starch and chitosan on the post-harvest shelf life of mango (*Mangifera indica*) ‘Tommy Atkins’ fruits. **Food Science and Technology**, v. 38, p. 86-95, 2017. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.16417>

Celestino, S. M. **Qualidade e conservação de manga ‘tommy atkins’ revestidas com blendas de quitosana e fécula**. 2016. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró.

CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. Disponível em: < [HFBRASIL/CEPEA](http://www.cepea.com.br): Produção de abacate cresce com força no Brasil - Centro de Estudos

Avançados em Economia Aplicada - CEPEA-Esalq/USP>, 05 jul. 2023.

CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. Disponível em: < HF BRASIL/CEPEA: Produção de abacate cresce com força no Brasil - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada - CEPEA-Esalq/USP>, 05 jul. 2023.

CEPEA - Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada. Disponível em: < HORTIFRUTI/CEPEA: Anuário 2022/23 - retrospectiva 2022 e perspectiva 2023 - HF Brasil>, 02 jul. 2023.

Chen, P.; Xie, F.; Zhao, L.; Qiao, Q.; Liu, X. Effect of acid hydrolysis on the multi-scale structure change of starch with different amylose content. **Food Hydrocolloids**, v. 69, p.359-368, 2017. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2017.03.003>

Chitarra, M.I.F.; Chitarra, A.B. Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio. 2ª ed. Lavras: UFLA, 2005. 785 p.

Chiumarelli, M.; Ferrari, C.C.; Sarantópoulos, C.I.G.L.; Hubinger, M.D. Fresh cut “Tommy Atkins” mango pre-treated with citric acid and coated with cassava (*Manihot esculenta* Crantz) starch or sodium alginate. **Innovative Food Science & Emerging Technologies**, v. 12, n. 3, p. 381–387, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2011.02.006>

Cissé, M.; Polidori, J.; Montet, D.; Loiseau, G.; Ducamp-Collin, M. N. Preservation of mango quality by using functional chitosan-lactoperoxidase systems coatings. **Postharvest Biology and Technology**, v. 101, p. 10–14, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.11.003>

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Boletim Hortigranjeiro, Brasília, DF, v. 8, n. 12, 2022.

Corkidi, G.; Balderas-Ruíz, K.A.; Taboada, B.; Serrano-Carreón, L.; Galindo, E. Assessing mango anthracnose using a new three-dimensional image-analysis technique to quantify lesions on fruit. **Plant Pathology**, v. 55, n. 2, p. 250–257, 2006. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.2005.01321.x>

Costa, M.D.S.; Costa, J.D. de S.; Figueiredo Neto, A.; Quirino, A.K.R.; Araújo, A.J. de B.; Almeida, F.D.A.C. Physical quality of “Palmer” mango coated with cassava starch. **Científica**, v. 44, n. 4, p. 513–519, 2016. <https://doi.org/10.15361/1984-5529.2016v44n4p513-519>

Czaikoski, A.; Czaikoski, K.; Bezerra, J.R.M.V.; Rigo, M.; Teixeira, A.M. Elaboração de sorvete com adição de polpa de manga (Tommy Atkins). **Ambiência- Revista do Setor de Ciências Agrárias e Ambientais**. Guarapuava (PR), v. 12, p. 785-794, 2016. <http://dx.doi.org/10.5935/ambiencia.2016.04.02>

Dao, T.P.; Tran, N.Q.; Tran, T.T.; Lam, V.T. Assessing the kinetic model on extraction of essential oil and chemical composition from lemon peels (*Citrus aurantifolia*) by hydro-distillation process. **Materials Today: Proceedings**, v. 51, n. 1, p. 172-177, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.05.069>

De Souza Fernandes, D.; dos Santos, T. P. R.; Fernandes, A. M.; Leonel, M. Harvest time optimization leads to the production of native cassava starches with different properties. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 132, p. 710-721, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.03.245>

Debeaufort, F.; Voilley, A. Effect of surfactants and drying rate on barrier properties of emulsified edible films. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 30, n. 2, p. 183– 190, 1995. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.03.245>

Denardin, C.C.; Silva, L.P. Estrutura dos grânulos de amido e sua relação com propriedades físico-químicas. **Ciência Rural**, v. 39, n. 3, p. 945–954, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0103-84782009005000003>

Dhall, R.R. Advances in Edible Coatings for Fresh Fruits and Vegetables: A Review. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 53, n.5, p. 435-450, 2013. <https://doi.org/10.1080/10408398.2010.541568>

Díaz, A.; Dini, C.; Viña, S. Z.; García, M. A. Technological properties of sourcassava starches: Effect of fermentation and drying processes. **LWT**, v. 93, p. 116–123, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.03.029>

Dong, S.; Fang, G.; Luo, Z.; Gao, Q. Effect of granule size on the structure and digestibility of jackfruit seed starch. **Food Hydrocolloids**, v. 120, 106964, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106964>

Duc, D.L.; Nguyen-Tri, P.; Le, K.H.; Nguyen, P.T.M.; Dac-Binh, N.M.; Vo, A.T.K.; Nguyen, M.T.H.; Chang, S.W.; Tran, L.D.; Chung, W.; Nguyen, D.D. Effects of antibacterial ZnO nanoparticles on the performance of a chitosan/gum Arabic edible coating for post-harvest banana preservation, **Progress in Organic Coatings**, v. 151, <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2020.106057>

Ebrahimi, F., & Rastegar, S. Preservation of mango fruit with guar-based edible coatings enriched with *Spirulina platensis* and Aloe vera extract during storage at ambient temperature. **Scientia Horticulturae**, v. 265, 109258, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109258>

EMBRAPA. Atualização dos dados sobre a cultura da manga com dados da pam/ibge até 2021. Embrapa Semiárido. Disponível em: <Observatório da Manga 2022 - Portal Embrapa>. Acesso em: 02 jul. 2023.

EMBRAPA. Atualização dos dados sobre a cultura da manga com dados da pam/ibge até 2021. Embrapa Semiárido. Disponível em: <Observatório da Manga 2022 - Portal Embrapa>. Acesso em: 02 jul. 2023.

J.B.; C.L.; I.C. How are the properties of biocomposite foams influenced by the substitution of cassava starch for its residual sources. **Food Hydrocolloids**, v. 118, 106790, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2021.106790>

Eom, H.; Chang, Y.; Lee, E.; Choi, H.-D.; Han, J. Development of a starch/gum-

based edible coating for rice cakes to retard retrogradation during storage. **LWT**, v. 97, p. 516–522, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.07.044>

Falade, K. O., & Oyeyinka, S. A. Color, Chemical and Functional Properties of Plantain Cultivars and Cooking Banana Flour as Affected by Drying Method and Maturity. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 39, n. 6, p. 816–828, 2014. <http://dx.doi.org/10.1111/jfpp.12292>

Faouzi, M.E.A.; Belmehdi, O.; Dakka, N.; Bakri, Y. Essential oils of *Mentha viridis* rich phenolic compounds show important antioxidant, antidiabetic, dermatoprotective, antidermatophyte and antibacterial properties. **Agricultural Biotechnology**, v. 23, 101471, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.>

Farias, F. de A. C.; Moretti, M. M. de S.; Costa, M. S.; Bordignon Junior, S. E., Cavalcante, K. B.; Boscolo, M.; Silva, R. da. Structural and physicochemical characteristics of taioba starch in comparison with cassava starch and its potential for ethanol production. **Industrial Crops and Products**, v. 157, 112825, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112825>

Farina, V.; Tripodoa, L.; Gianguzzi, G.; Sortino, G.; Giuffrea, D.; Lo C.U.; Candiab, R.; Collurab, A. Innovative Techniques to Reduce Chilling Injuries in Mango (*Mangifera Indica* L.) Trees under Mediterranean Climate. **Chemical Engineering Transactions**, v.58, p. 823-828, 2017. <http://dx.doi.org/10.3303/CET1758138>

Fontes, S. M.; Cavalcanti, M. T.; Roberlúcia Araújo Candeia, R. A.; Almeida, E. L. Characterization and study of functional properties of banana starch green variety of Mysore (*Musa AAB* - Mysore). **Food Science and Technology**, Campinas, v. 37, n. 2, p. 224-231, 2017. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.18916>

Gaenssle, A.L.O.; Satyawan, C.A.; Xiang, G.; Van der Maarel, M.J.E.C. Jurak, E. Long chains and crystallinity govern the enzymatic degradability of gelatinized starches from conventional and new sources. **Carbohydrate Polymers**, v. 260, 117801, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.117801>

Genú, P.J.C.; Pinto, A.C.A. A Cultura da Mangueira. **Embrapa Informação Tecnológica**, Brasília, 2002. 454 p.

Gentile, C.; Di Gregorio, E.; Di Stefano, V.; Mannino, G.; Perrone, A.; Avellone, G.; Sortino, G.; Inglese, P.; Farina, V. Food quality and nutraceutical value of nine cultivars of mango (*Mangifera indica* L.) fruits grown in Mediterranean subtropical environment. **Food Chemistry**, v. 277, p. 471-479, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.10.109>

Ghorbani, A., & Esmailizadeh, M. Pharmacological properties of *Salvia officinalis* and its components. **Journal of Traditional and Complementary Medicine**, v. 7, n. 4, p. 433–440. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jtcme.2016.12.014>

Guerreiro, A.C.; Gago, C.M.; Faleiro, M.L.; Miguel, M.G.; Antunes, M.D. The effect of alginate-based edible coatings enriched with essential oils constituents on *Arbutus unedo* L. fresh fruit storage. **Post-harvest Biology and Technology**, v. 100, 226e23.

2015. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2014.09.002>

Gyorgy, E., Laslo, E., Salamon, B. Antimicrobial impacts of selected Lamiaceae plants on bacteria isolated from vegetables and their application in edible films, **Food Bioscience**, v. 51, 102280, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2022.102280>.

Hasmedi, M.; Harlina, L.; Jau-Shya L.; Mansoor, AH.; Jahurul, MHA.; Zainol, MK. Extraction and characterisation of cassava starch cultivated in different locations in Sabah, Malaysia. **Food Research**. v. 5, n. 3, p. 44-52, 2021. [http://dx.doi.org/10.26656/fr.2017.5\(3\).550](http://dx.doi.org/10.26656/fr.2017.5(3).550)

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, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2017.11.097>

Hernández-Guerrero, S.E.; Balois-Morales, R.; Palomino-Hermosillo, Y.A.; López-Guzmán, G.G.; Berumen-Varela, G.; Bautista-Rosales, P.U.; Alejo-Santiago, G. Novel Edible Coating of Starch-Based Stenospermocarpic Mango Prolongs the Shelf Life of Mango “ataulfo” Fruit. **Journal of Food Quality**, 1320357, p. 1-9, 2020. <https://doi.org/10.1155/2020/1320357>

Hirasa, K.; Takemasa, M. Spice science and technology. **Dekker Inc**, New York. 1^a ed, p. 232, 1998. <https://doi.org/10.1201/9780367800451>

Hitarra, M. I. F.; Chitarra, A. B. Pós-colheita de frutos e hortaliças - fisiologia e manuseio. Lavras: UFLA, 2005. 785p.

Hor, S.; Léchaudel, M.; Mith, H.; Bugaud, C. Fruit density: A reliable indicator of sensory quality for mango. **Scientia Horticulturae**, v. 272, 109548, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109548>

Holkem, A. T.; Codevilla, C. F.; Silva, C.B.; Menezes, C.R. Técnicas de preparação de sistemas nanotecnológicos aplicados a alimentos. **Ciência e Natura**, v. 37, p. 87-96, 2015. <http://dx.doi.org/10.5902/2179460X19720>

Hosseini, S.F.; Zandi, M.; Rezaei, M.; Farahmandghavi, F. Two-step method for encapsulation of oregano essential oil in chitosan nanoparticles: Preparation, characterization and in vitro release study. **Carbohydrate Polymers**, v. 95, n. 1, p. 50–56, 2013. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.02.031>

Hosseini, S.N.; Pirsá, S.; Farzi, J. Biodegradable nano composite film based on modified starch- albumin/MgO; antibacterial, antioxidant and structural properties, **Polymer Testing**, v. 97, 107182, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2021.107182>

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Sistema IBGE de Recuperação Automática– SIDRA. PAM – 2019: tabelas. Rio de Janeiro, 2021. Disponível em: < <https://sidra.ibge.gov.br/pesquisa/pam/tabelas> >. Acesso em: 02 jul. de 2023.

Imune, N. I.; Fouzia, H.; Azzahra, L. F.; Ahmed, E.; Ismail, G.; Idrissa, D.; Nouredine, B. Chemical composition, antibacterial and antioxidant activities of some essential oils against multidrug resistant bacteria. **European Journal of Integrative Medicine**, v. 35, 101074, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.eujim.2020.101074>

Imelouane, B.; Elbachiri, A.; Ankit, M.; Benzeid, H.; Khedid, K. Physico-chemical compositions and antimicrobial activity Food Bioprocess Technol of essential oil of Eastern Moroccan *Lavandula dentata*. **International Journal of Agriculture and Biology**, v.11, n. 2, p.113– 118, 2009. <http://www.fspublishers.org/>

Jinhao Zou.; Yan Li.; Feng Wang.; Xiaojun Su.; Qingming Li. Relationship between structure and functional properties of starch from different cassava (*Manihot esculenta* Crantz) and yam (*Dioscorea opposita* Thunb) cultivars used for food and industrial processing. **LWT**, v. 173, 114261, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.114261>.

Joudeh, N., & Linke, D. Nanoparticle classification, physicochemical properties, characterization, and applications: a comprehensive review for biologists. **Journal of Nanobiotechnology**, v. 20, n. 262, 2022. <https://doi.org/10.1186/s12951-022-01477-8>

Kabbashi, E.B.M.; Abdelrahman, N.A.; Modathir, M.; Siyam, A.S.A. Coating of guava (*psidium guajava* l.) Fruits with botanical edible oils for shelf life and fruit flies. **Food Biology**, v. 7, p. 14-18, 2022. <https://doi.org/10.1186/s12951-022-01477-8>

Kayode, B. I.; Kayode, R. M. O.; Salami, K. O.; Obilana, A. O.; George, T. T.; Dudu, O. E.; Oyeyinka, S. A. Morphology and physicochemical properties of starch isolated from frozen cassava root. **LWT**, v. 147, 111546, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111546>

Khaliq, G.; Mohamed, M.T.; Ali, A.; Ding, P.; Ghazali, H.M. Effect of gum arabic coating combined with calcium chloride on physico-chemical and qualitative properties of mango (*Mangifera indica* L.) fruit during low temperature storage. **Scientia Horticulturae**, v. 190, p. 187– 194, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.04.020>

Kharchoufi, S.; Parafati, L.; Licciardello, F.; Muratore, G.; Hamdi, M.; Cirvilleri, G.; Restuccia, C. Edible coatings incorporating pomegranate peel extract and biocontrol yeast to reduce *Penicillium digitatum* postharvest decay of oranges. **Food Microbiology**, v. 74, p. 107–112, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2018.03.011>

Kumar, K.; Kaundal, M.; Sharma, S.; Thakur, M.; Kumar, N.; Kaur, T.; Vyas, D.; Kumar, S. Effect of elevated [CO₂] and temperature on growth, physiology and essential oil composition of *Salvia sclarea* in the western Himalayas. **Journal of Applied Research in Medicinal and Aromatic Plants**, v. 6, p. 22-30, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jarmap.2017.01.001>

Kupervaser, M. G.; Traffano-Schiffo, M. V.; Dellamea, M. L.; Flores, S. K.; Sosa, C. A. Trends in starch-based edible films and coatings enriched with tropical fruits extracts: a Review. **Food Hydrocolloids for Health**. v. 4, 100138, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.fhfh.2023.100138>

Leach, H.W.; Mc Cowen, L.D.; Schoch, T.J. Structure of the starch granules. In:

swelling and solubility patterns of various starches. **Cereal Chemistry**, v. 36, p. 534 – 544, 1959. Lee, D.W.; Brammeier, S.; Smith, A.P. The Selective Advantages of Anthocyanins in Developing Leaves of Mango and Cacao. **Biotropica**, v. 19, n. 1, p. 40-49, 1987. <https://doi.org/10.12691/ajfst-6-1-7>

Lee, J.S.; Chang, Y.; Park, M.A.; Oh, J.; Han, J. Insect-repellent activity of PET-based film with star anise essential oil and its pilot-scale production for food packaging. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 25, 100539, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2020.100539>

Lemos, L. M.C.; Coutinho, P.H.; Salomão, L.C.C.; Siqueira, D.L.; Cecon, P.R. 2013. Controle da antracnose na pós-colheita de manga 'UBÁ' com o uso de produtos alternativos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 35, p. 962-970, 2013. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452013000400006>

Li, D.; Zhang, X.; Li, L.; Aghdam, M. S.; Wei, X.; Liu, J.; Luo, Z. Elevated CO₂ delayed the chlorophyll degradation and anthocyanin accumulation in postharvest strawberry fruit. **Food Chemistry**, v. 285, p. 163–170, 2019. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.01.150>

Li, L.; Sun, J.; Gao, H.; Shen, Y.; Li, C.; Yi, P.; Tang, Y. Effects of Polysaccharide-Based Edible Coatings on Quality and Antioxidant Enzyme System of Strawberry during Cold Storage. **International Journal of Polymer Science**, p. 1–8, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/9746174>

Lieu, M. D., & Dang, T. K. T. Improvement of shelf-life of mangoes by chitosan coating enriched with cinnamon oil dissolved in Tween 80 combined with ethanol. **Food Bioscience**, v. 44, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101341>

Lin, L.; Peng, C.; Li, C.; Hua, Z.; Cui, H. Preparation and characterization of cassava starch/sodium carboxymethyl cellulose edible film incorporating apple polyphenols. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 212, p. 155-164, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.05.121>

Liu, D.K.; Xu, C.C.; Guo, C.X.; Zhang, X.X. Sub-zero temperature preservation of fruits and vegetables: A review. **Journal of Food Engineering**, v. 275, 109881, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2019.109881>

Lopez-Palestina, U.C.; Aguirre-Mancilla, L.C.; Raya-Pérez, C.J.C.; Ramírez Pimentel, G.J.; Gutiérrez-Tlahque, J.; Hernandez-Fuentes, D.A.D. The effect of an edible coating with tomato oily extract on the physicochemical and antioxidant properties of Garambullo (*Myrtillocactus geometrizans*) fruits. **Agronomy**, v. 8, n. 248, p. 1–14, 2018. <http://dx.doi.org/10.3390/agronomy8110248>

Lopez-Polo, J.; Monasterio, A.; Cantero-López, P.; Osorio, F.A. Combining edible coatings technology and nanoencapsulation for food application: A brief review with an emphasis on nanoliposomes. **Food Research International**, v. 145, 110402, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110402>

Lu, W.; Shi, Y.; Wang, R.; Su, D.; Tang, M.; Liu, Y.; Li, Z. Antioxidant Activity and

Healthy Benefits of Natural Pigments in Fruits: A Review. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 22, n. 9, p. 1-18, 2021. <http://dx.doi.org/10.3390/ijms22094945>

Martinez, César; Cuevas, Federico. Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz. **Guía de estudio**, CIAT, 1989.

Matos, A. P. Manga: produção. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 2000. 63p.

Moreira, E. de S.; Silva, N. M. C. da.; Brandão, M. R. S.; Santos, H. C.; Ferreira, T. A. P. de C. Effect of modified starch and gelatin by-product based edible coating on the postharvest quality and shelf life of guava fruits. **Food Science and Technology**, v. 42, e26221, 2022. <https://doi.org/10.1590/fst.26221>

Motlagh, S.; Ravines, P.; Karamallah, K.A.; Ma, Q. The analysis of Acacia gums using electrophoresis. **Food Hydrocolloids**, v. 20, n. 6, p. 848–854. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2005.08.007>

Muengkew, R.; Whangchai, K.; Chaiprassart, P. Application of calcium–boron improve fruit quality, cell characteristics, and effective softening enzyme activity after harvest in mango fruit (*Mangifera indica* L.). **Horticulture, Environment, and Biotechnology**, v. 59, p. 537–546, 2018. <https://doi.org/10.1007/s13580-018-0059-2>

Mukherjee, S.K. Origin of Mango (*Mangifera indica*). **Economic Botany**, v. 26, p. 260–264, 1972. <https://doi.org/10.1007/BF02861039>

Mukherjee, S.K.; Litz, R.E. Introduction: botany and importance. In: LITZ, R. E. (Ed.). **Mango: botany production and uses**. Wallingford: CABI. p. 1–18, 2009.

Nabi, B. G.; Mukhtar, K.; Ahmed, W.; Manzoor, M. F.; Ranjha, M. M. A. N.; Zuhaib, M.K. F. Bhat, Aadil, R. M. Natural pigments: Anthocyanins, carotenoids, chlorophylls, and betalains as colorants in food products. **Food Bioscience**, v. 52, 102403, 2023. <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102403>

Nadeem, M.; Imran, M.; Khalique, A. Promising features of mango (*Mangifera indica* L.) kernel oil: a review. **Journal of Food Science and Technology**, v. 53, n. 5, p. 2185–2195, 2016. <https://doi.org/10.1007/s13197-015-2166-8>

Nicolau-Lapeña, I.; Colàs-Medà, P.; Alegre, I.; Aguiló-Aguayo, I.; Muranyi, P.; Viñas, I. Aloe vera gel: An update on its use as a functional edible coating to preserve fruits and vegetables. **Progress in Organic Coatings**, v. 151, 106007, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2020.106007>

Nunes, M.C.N.; Emond, J.P.; Brecht, J.K.; Dea, S.; Proulx, E. Quality curves for mango fruit (cv. Tommy Atkins and Palmer) stored at chilling and non-chilling temperatures. **J. Food Quality**. V. 30, p. 104–120, 2007. <https://doi.org/10.1111/j.1745-4557.2007.00109.x>

Ogundele, O. M.; Muazu, S. T.; Oyedeji, A. B.; Kayitesi, E.; Njobeh, P. B.; Oyeyinka, S.A. Chemical, functional, pasting and sensory properties of custard from refrigerated

cassava root. **British Food Journal**, v. 123, n. 2, p. 509–519, 2020.
<http://dx.doi.org/10.1108/BFJ-07-2020-0570>

Oliveira, K. A. R.; Berger, L. R. R.; Araújo, S. A.; Câmara, M. P. S.; Souza, E. L. Synergistic mixtures of chitosan and *Mentha piperita* L. essential oil to inhibit *Colletotrichum* species and anthracnose development in mango cultivar Tommy Atkins. **Food Microbiology**, v. 66, p. 96-103, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2017.04.012>

Oliveira, L. A. **Manual de laboratório: análises físico-químicas de frutas e mandioca**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010. 248p.

Oliveira, L.I.G.; Oliveira, K.Á.R.; Medeiros, E.S.; Batista, A.U.D.; Madruga, M.S.; Lima, M.S.; Souza, E.L.; Magnani, M. Characterization and efficacy of a composite coating containing chitosan and lemongrass essential oil on postharvest quality of guava. **Innovative Food Science and Emerging Technologies**, v. 66, 102506, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2020.102506>

Oriani, V. B., Molina, G., Chiumarelli, M., Pastore, G. M., & Hubinger, M. D. Properties of Cassava Starch-Based Edible Coating Containing Essential Oils. **Journal of Food Science**, v. 79, n. 2, E189–E194, 2014. doi:10.1111/1750-3841.12332

Oussalah, M. Inhibitory effects of selected plant essential oils on the growth of four pathogenic bacteria: *E. coli* O157:H7, *Salmonella* Typhimurium, *Staphylococcus aureus* and *Listeria monocytogenes*. **Food Control**, v. 18, n. 5, p. 414-420, 2007. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2005.11.009>

Oyeyinka, S. A.; Adeloje, A. A.; Olaomo, O. O.; Kayitesi, E. Effect of fermentation time on physicochemical properties of starch extracted from cassava root. **Food Bioscience**, 100485, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2019.100485>

Paixão e Silva, G. de L.; Bento, J. A. C.; Oliveira, A. R.; Garcia, M. C.; Soares Júnior, M.S.; Caliani, M. Pasting and thermal properties of fermented cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Journal of Food Science and Technology**, v. 58, n. 4, p. 1441–1448, 2020. <https://doi.org/10.1007%2Fs13197-020-04656-3>

Palavecino, P.M.; Penci, M.C.; Ribotta, P.D. Impact of chemical modifications in pilot-scale isolated sorghum starch and commercial cassava starch. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 135, p. 521–529, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.05.202>

Pandey, V. K.; Srivastava, S.; Singh, R.; Dar, Aamir, H.; Dash, K. K. Effects of clove essential oil (*Caryophyllus aromaticus* L.) nanoemulsion incorporated edible coating on shelf-life of fresh cut apple pieces. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 14, 100791, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100791>

Perdones, Á.; Escriche, I.; Chiralt, A.; Vargas, M. Effect of chitosan–lemon essential oil coatings on volatile profile of strawberries during storage. **Food Chemistry**, v. 97, p. 979–986, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.11.054>

Perdones, A.; Sánchez-González, L.; Chiralt, A.; Vargas, M. Effect of chitosan–lemon

essential oil coatings on storage-keeping quality of strawberry. **Postharvest Biology and Technology**, v. 70, n. 3241, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2012.04.002>

Perumal, A.B.; Sellamuthu, P.S.; Nambiar, R.B.; Sadiku, E.R. Effects of Essential Oil Vapour Treatment on the Postharvest Disease Control and Different Defence Responses in Two Mango (*Mangifera indica* L.) Cultivars. **Food and Bioprocess Technology**, v. 10, n. 6, p. 1131–1141, 2017. <https://doi.org/10.1007/s11947-017-1891-6>

Pinzon, M. I.; Sanchez, L. T.; Garcia, O. R.; Gutierrez, R.; Luna, J. C.; Villa, C. C. Increasing shelf life of strawberries (*Fragaria* spp) by using a banana starch- chitosan-Aloe vera gel composite edible coating. **International Journal of Food Science & Technology**, v.55, n. 1, 2019. <http://dx.doi.org/10.1111/ijfs.14254>

Prakash, A.; Baskaran, R.; Vadivel, V. Citral nanoemulsion incorporated edible coating to extend the shelf life of fresh cut pineapples. **LWT – Food Science and Technology**, v. 118, p. 108851, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108851>

Raghav, P.K.; Agarwal, N.; Saini, M. “Edible coating of fruit and vegetables: areview”. **International Journal of Scientific Research Modern Education**. v. 1, p. 188-204, 2016. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.02.397>

Resende, N.S.; Gonçalves, G.A.S.; Reis, K.C.; Tonoli, G.H.D.; Boas, E.V.B.V. Chitosan/Cellulose Nanofibril Nanocomposite and Its Effect on Quality of Coated Strawberries. **Journal of Food Quality**, v. 1, p. 1-13, 2018. <https://doi.org/10.1155/2018/1727426>

Rocha, R. H. C.; Menezes, J. B.; Morais, E. A.; Silva, G. G.; Ambrósio, M. M. Q.; Alvez, M. Z. Uso do índice de degradação de amido na determinação da maturidade da manga "Tommy Atkins". **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, p. 302-305, 2001. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452001000200020>

Rodríguez, M.C.; Yépez, C.V.; González, J.H.G.; Ortega-Toro, R. Effect of a multifunctional edible coating based on cassava starch on the shelf life of Andean blackberry. **Heliyon**, v. 6, 03974, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e03974>

Rojas-Graü, M. A.; Avena-Bustillos, R. J.; Olsen, C.; Friedman, M.; Henika, P. R.; Martín-Belloso, O.; McHugh, T. H. Effects of plant essential oils and oil compounds on mechanical, barrier and antimicrobial properties of alginate–apple puree edible films. **Journal of Food Engineering**, v. 81, n. 3, p. 634–641. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.01.007>

Sab, M.; Ashok, M.B.; Sudhakara, S.N. Estimation of post-harvest losses of mangoes at different stages from harvesting to consumption. **Int. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**. v. 6 n, 12, 310–318, 2017. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.612.037>

Sacchetti, G.; Maietti, S.; Muzzoli, M.; Scaglianti, M.; Manfredini, S.; Radice, M.; Bruni, R. Comparative evaluation of 11 essential oils of different origin as functional antioxidants,antiradicals and antimicrobials in foods. **Food Chemistry**, v. 91, n. 4, p.

621-632, 2005. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.06.031>

Santos, A. E. O. dos; Assis, J. S. de.; Berbert, P. A.; Santos, O. O. dos.; Batista, P. F.; Gravina, G. de A. Influência de biofilmes de fécula de mandioca e amido de milho na qualidade pós-colheita de mangas ‘Tommy Atkins’. **Revista Brasileira De Ciências Agrárias**, v. 6, n. 3, p. 508-513, 2022. <https://doi.org/10.5039/agraria.v6i3a755>

Sarantópoulos, C.I.G.L.; Moraes, B.B. Embalagens ativas e inteligentes para Frutas e Hortaliças. **Boletim do Instituto de Tecnologia de Alimentos e Desenvolvimento de Embalagens – ITAL**. V. 21, n.1, p. 1-7, 2009.

Scariot, M.A.; Reichert Júnior, F.W.; Radünz, L.L.; Barro, J.P.; Mossi, A.J. *Salvia officinalis* essential oil in bean weevil control. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 46, n. 2, p.177– 182, 2016. <https://doi.org/10.1590/1983-40632016v46i40034>

Serna-Loaiza, S.; Carmona-Garcia, E.; Cardona, C.A. Potential raw materials for biorefineries to ensure food security: the Cocoyam case. **Industrial Crops and Products**, v. 126, p. 126, 92–102, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.10.005>

F. B.; de Almeida, T. H. Conservação de manga com uso de fécula de mandioca preparada com extrato de cravo e canela. **Revista Ceres**, v. 61, n. 6, p. 975-982, 2014. <http://dx.doi.org/10.1590/0034-737X201461060013>

Shah, S.; Hashmi, M.S. Chitosan–aloe vera gel coating delays postharvest decay of mango fruit. **Horticulture, Environment, and Biotechnology**, v. 61, p. 279-289, 2020. <http://dx.doi.org/10.1007/s13580-019-00224-7>

Sharma, P.; Kehinde, B.A.; Kaur, S.; Vyas, P. Application of edible coatings on fresh and minimally processed fruits: a review. **Nutrition & Food Science**, v. 25, n. 3, p. 295-314, 2019. <https://doi.org/10.1108/NFS-08-2018-0246>

Silva, L. S.; Martim, S.; de Souza, R. A.; Machado, A. R.; Teixeira, L.; de Sousa, L.; de Vasconcellos, M.; Teixeira, M. F. Extração e caracterização de amido de espécies de *Dioscorea* cultivadas na Amazônia. **Boletim Do Museu Paraense Emílio Goeldi - Ciências Naturais**, v. 14, n. 3, p. 439-452, 2019. <https://doi.org/10.46357/bcnaturais.v14i3.230>

Silveira, J.C.; Busato, N.V.; Costa, A.O.S.; Junior, E.F.C. Levantamento e análise de métodos de extração de óleos essenciais. Goiânia, GO: **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, v.8, n.15, p. 2038-2052, 2012.

Simões, C.M.O.; Schenkel, E.P.; Gosmann, G.; Mello, J.C.P.; Mentz, L.A.; Petrovick, P.R. Farmacognosia: da planta ao medicamento. 6 ed. Porto Alegre/Florianópolis: **Editora da Universidade UFRGS / Editora da UFSC**, 2007.

Singh, Z.; Singh, R.K.; Sane, V.; Nath, P.A. Mango - Postharvest Biology and Biotechnology. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 32, p. 217–236, 2013. <https://doi.org/10.1080/07352689.2012.743399>

Sistema de informações e estatística de mercado da companhia de entrepostos e

armazénsgerais de são paulo –SIEM. São Paulo: GEAGESP, Seção de Economia e Desenvolvimento, 2017.

Solórzano-Santos, F.; Miranda-Navales, M.G. Essential oils from aromatic herbs as antimicrobial agents. **Current Opinion in Biotechnology**, v. 23, n. 2, p. 136- 141, 2012. <https://doi.org/10.3390%2Fmedicines4030058>

Sousa, F. F.; Pinsetta Junior, J. S.; Oliveira, K. T. E. F.; Rodrigues, E. C. N.; Andrade, J. P.; Mattiuz, B.-H. Conservation of “Palmer” mango with an edible coating of hydroxypropyl methylcellulose and beeswax. **Food Chemistry**, v. 346, 128925, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128925>

Sousa, F.F.; Pinsetta Junior, J.S.; Oliveira, K.T.E.F.; Rodrigues, E.C.N.; Andrade, J.P.; Mattiuz, B.H. Conservation of ‘Palmer’ mango with an edible coating of hydroxypropyl methylcellulose and beeswax. **Food Chemistry**, v. 346, 128925, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128925>

Sousa, F.F.; Pinsetta Junior, J.S.; Oliveira, K.T.E.F.; Rodrigues, E.C.N.; Andrade, J.P.; Mattiuz, B.H. Conservation of ‘Palmer’ mango with an edible coating of hydroxypropyl methylcellulose and beeswax. **Food Chemistry**, v. 346, 128925, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.128925>

Souza, A. C. F., & Lima, J. R. F. Comportamento dos preços de manga Palmer ao produtor do Vale do Submédio São Francisco. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, v. 61, n. 1, e259161, 2023. <https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.250161>

Souza, S. J.F.; Alves, A.I.; Vieira, E.N.R.; Vieira, J.A.G.; Ramos, A.M.; Telis-Romero, J. Study of thermodynamic water properties and moisture sorption hysteresis of mango skin. **Food Science and Technology**, Campinas, v. 35, n. 1, p. 157-166, 2015. <https://doi.org/10.1590/1678-457X.6557>

Stalin, S. T. Edible coatings based on cassava starch, salicylic acid and essential oils for preservation of fresh-cut mango. **Revista Facultad Nacional de Agronomía Medellín**, v.74,n. 1, p. 9461-9469, 2021. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v74n1.83837>

Sun, L.; Xu, Z.; Song, L. Removal of starch granule associated proteins alters the physicochemical properties of annealed rice starches. **International Journal of Biological Macromolecules**. v. 185, p. 412-418, 2021. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.105504>

Tampe, j.; parra, l.; huaiquil, k.; mutis, a.; quiroz, a. Repellent effect And metabolite volatile profile of the essential oil of achillea millefolium Against aegorhinus nodipennis (hope) (coleoptera: curculionidae). **Neotropical entomology**, v. 44, n. 3, p. 279–285, 2015. <https://doi.org/10.1007/s13744-015-0278-5>

Tariq, S., Wani, S., Rasool, W., Shafi, K., Bhat, M. A., Prabhakar, A., Shalla, A. H., & Rather, M. A. A comprehensive review of the antibacterial, antifungal and antiviral potential of essential oils and their chemical constituents against drug resistant microbial pathogens. **Microbial Pathogenesis**, v. 134, 103580, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2019.103580>

Teodosio, A.E.M.M.; Araújo, B.G.F.L.; Santos, R.G.F.; Linné, J.A.; Medeiros, M.L.S.; Onias, E. A.; Morais, F.A.; Silva, S.M.; Lima, J.F. Effects of edible coatings of *Chlorella* sp. containing pomegranate seed oil on quality of *Spondias tuberosa* fruit during cold storage. **Food Chemistry**, v. 338, 127916, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127916>

Tesfay, S.Z.; Magwaza, L.S. Evaluating the efficacy of moringa leaf extract, chitosan and carboxymethyl cellulose as edible coatings for enhancing quality and extending postharvest life of avocado (*Persea americana* Mill.) fruit. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 11, p. 40–48, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.fpsl.2016.12.001>

Vieira, A.L.S.; Duarte, G. B.; Queiroz, V.A.V.; Correa, T.R.; Silva, V.D.M.; Araújo, R.L.B.; Garcia, M.A.V.T.; Fante, C.A. Caracterização do amido isolado de diferentes cultivares de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench). **Brazilian Journal of Development**. Curitiba, v. 6, n.5, p. 24704-24718, 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n5-067>

Wang, W.; Hostettler, C.E.; Damberger, F.F; Kossmann, J.; Lloyd, J.R.; Zeeman, S.C. Modification of Cassava Root Starch Phosphorylation Enhances Starch Functional Properties. **Frontiers in Plant Science**, v. 9, 2018. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01562>

Weber, F.H.; Collares-Queiroz, F.P.; Chang, Y.K. (2009). Caracterização físico-química, reológica, morfológica e térmica dos amidos de milho normal, ceroso e com alto teor de amilose. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 29, n. 4, p. 748–753, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612009000400008>

Wigati, L. P.; Wardana, A.A.; Tanaka, F.; Tanaka, F. Strawberry preservation using combination of yam bean starch, agarwood Aetoxylon bouya essential oil, and calcium propionate edible coating during cold storage evaluated by TOPSIS-Shannon entropy, **Progress in Organic Coatings**, v. 175, 107347, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2022.107347>.

Xing, Y.; Xu, Q.; Li, X.; Chen, C.; Ma, L.; Li, S.; Lin, H. Chitosan-Based Coating with Antimicrobial Agents: Preparation, Property, Mechanism, and Application Effectiveness on Fruits and Vegetables. **International Journal of Polymer Science**, p. 1–24, 2016. <http://dx.doi.org/10.1155/2016/4851730>

Xing, Y.; Yang, H.; Guo, X.; Bi, X.; Liu, X.; Xu, Q.; Zheng, Y. Effect of chitosan/Nano- TiO₂ composite coatings on the postharvest quality and physicochemical characteristics of mango fruits. **Scientia Horticulturae**, v. 263, 109135, 2020. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2019.109135>

Xu, J.; Kuang, Q.; Wang, K.; Zhou, S.; Wang, S.; Liu, X. InSightts into molecular structure and digestion rate of oat starch. **Food Chemistry**, v. 220, p. 25-30, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.09.191>

Yusoff, Z.M.; Nordin, M.N.N.; Rahiman, M.H.F.; Adnan, R.; Taib, M.N. Characterization of Down-Flowing Steam Distillation System using Step Test Analysis.

IEEE CSGRC, p. 197-201, 2011. <http://dx.doi.org/10.1109/ICSGRC.2011.5991856>

Zafar, T.A.; Sidhu, J.S. Composition and Nutritional Properties of Mangoes. In J.K. B. and J. S. S. Muhammad Siddiq (Ed.), *Handbook of Mango Fruit: Production, Postharvest Science, Processing Technology and Nutrition*, 1^a ed, p. 217–236, 2017. <http://dx.doi.org/10.1002/9781119014362>

Zhang, J.; Ma, Y.; Dong, C.; Terry, L.A.; Christopher, B.; Yu, W.Z.; Cheng, Z.M. Meta-analysis of the effects of 1-methylcyclopropene (1-MCP) treatment on climacteric fruit ripening. **Horticulture research**, v. 7, p. 208, 2020. <http://dx.doi.org/10.1038/s41438-020-00405-x>

Zhang, W.; Jiang, H.; Rhim, J.-W.; Cao, J.; Jiang, W. Effective strategies of sustained release and retention enhancement of essential oils in active food packaging films/coatings. **Food Chemistry**, v. 367, 130671. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2021.130671>

Zhong, Y.; Godwin, P.; Jin, Y.; Xiao, H. Biodegradable polymers and greenbased antimicrobial packaging materials: A mini-review. **Advanced Industrial and Engineering Polymer Research**, v. 3, n. 1, p. 27–35, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.aiepr.2019.11.002>

Zhou, Y.; Wu, X.; Chen, J.; He, J. Effects of cinnamon essential oil on the physical, mechanical, structural and thermal properties of cassava starch-based edible films. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 184, p. 574–583, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2021.06.060>