



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE CIÊNCIAS DA SAÚDE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM NUTRIÇÃO - POSNUTRI

MARIA BRÍGIDA FONSECA GALVÃO

**Desenvolvimento de Revestimentos Comestíveis à Base de Casca
de Abacaxi (*Ananas comosus* L.) e Amido de Inhame (*Dioscorea alata*) para
Aplicação em Acerolas (*Malpighia emarginata* D.C.)**

RECIFE

2024

MARIA BRÍGIDA FONSECA GALVÃO

**Desenvolvimento de Revestimentos Comestíveis à Base de Casca
de Abacaxi (*Ananas comosus* L.) e Amido de Inhame (*Dioscorea alata*) para
Aplicação em Acerolas (*Malpighia emarginata* D.C.)**

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Nutrição da Universidade Federal
de Pernambuco, como requisito à
obtenção do título de mestre em
nutrição.

Área de concentração: Ciência dos
Alimentos.

Orientadora: Dra. Tania Lúcia Montenegro Stamford

Coorientadora: Dra. Maria Elieidy Gomes de Oliveira

RECIFE

2024

Catálogo na fonte:
Bibliotecário: Aécio Oberdam, CRB4: 1895

G182d Galvão, Maria Brígida Fonseca.
Desenvolvimento de revestimentos comestíveis à base de casca de abacaxi (ananas comosus l.) e amido de inhame (dioscoreaalata) para aplicação em acerolas (malpighia emarginata d.c.) / Maria Brígida Fonseca Galvão – 2024.
88 p.

Orientadora: Tânia Lúcia Montenegro Stamford
Coorientadora: Maria Elieidy Gomes de Oliveira
Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Ciências da Saúde. Programa de Pós-Graduação em Nutrição. Recife, 2024.
Inclui referências.

1. Resíduos agroindustriais. 2. Revestimento comestível. 3. Conservação de acerola. 4. Parâmetros de qualidade. Stamford, Tânia Lúcia Montenegro (orientadora).
II. Título.

612.3 CDD (23.ed.)

UFPE (CCS 2024 - 158)

MARIA BRÍGIDA FONSECA GALVÃO

**Desenvolvimento de Revestimentos Comestíveis à Base de Casca
de Abacaxi (*Ananas comosus* L.) e Amido de Inhame (*Dioscorea alata*) para
Aplicação em Acerolas (*Malpighia emarginata* D.C.)**

Dissertação apresentada ao
Programa de Pós-Graduação em
Nutrição da Universidade Federal
de Pernambuco, como requisito
parcial para obtenção do título de
Mestre em Nutrição.

Área de concentração: Ciência dos
Alimentos.

Aprovada em: 20/02/2024

BANCA EXAMINADORA

Prof.^a. Dr.^a. Jenyffer Medeiros Campos Guerra (Examinadora Interna)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Marcos Antônio Barbosa de Lima (Examinador Interno)
Universidade Federal de Pernambuco

Prof. Dr. Carlos Eduardo Vasconcelos de Oliveira (Examinador Externo)
Centro Universitário UNIESP

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que me protegeu e fortaleceu diante das dificuldades, proporcionando momentos de aprendizado.

Aos meus pais, Tania Helena e Alcides Carvalho, por toda dedicação, apoio e incentivo, que me motivam a prosseguir em minha caminhada.

A todos meus irmãos de sangue e de coração, em especial, Délia, Fabiene, Tiago, Jonas e Fernanda, que me ajudaram sempre que foi preciso e me apoiaram em cada etapa, desde o processo de seleção.

Ao meu namorado, Victor Bessa, por toda cumplicidade, apoio e motivação nos momentos difíceis, sempre com palavras positivas.

À minha orientadora, professora Tânia Stamford, pela orientação e dedicação desde o primeiro momento. Seu acolhimento de mãe, paciência e simpatia foram muito importantes no desenvolvimento deste trabalho, és uma inspiração para mim.

À professora Elieidy Gomes, pela coorientação, generosidade, acolhimento e por todos os ensinamentos durante o andamento da pesquisa. Sou admiradora da grande profissional que és.

À professora Thayza Stamford, agradeço por toda orientação e colaboração no andamento da pesquisa, sempre atenciosa e disposta a esclarecer minhas dúvidas.

Ao professor Carlos Eduardo, por disponibilizar acesso ao laboratório sob sua coordenação e equipamentos. Seus ensinamentos e direcionamentos foram fundamentais na minha atuação em pesquisa.

Aos professores presentes em minha banca de qualificação e membros da banca de defesa, agradeço por todas as contribuições, vocês foram essenciais para a qualidade e finalização deste experimento.

À professora Marcia Vanusa e João Victor, essenciais na realização das análises de atividade antioxidante.

À professora Ana Luíza pelo acolhimento no CTDR e por viabilizar equipamentos importantes para a análise física do revestimento.

Aos meus colegas de mestrado, em especial minha amiga Flávia Rolim e seu esposo Júnior, por todo acolhimento, companheirismo e positividade, principalmente nos momentos mais difíceis.

À minha amiga Dra. Gerlane Souza, sempre paciente e disposta a contribuir com seu amplo conhecimento na área da pesquisa em alimentos. Muito obrigada!

Aos técnicos de laboratório que tornaram as análises mais leves e muito gratificantes, em especial, Ingrid Nicácio e Rita Bidô. Profissionais excelentes que guardo no coração.

Ao LaMAp e LEAAL (UFPE), Laboratórios de Bromatologia e Técnica Dietética (UFPB), LANALI e LTPA (UNIESP) pela disponibilidade de materiais e equipamentos no desenvolvimento dos experimentos necessários.

À Universidade Federal de Pernambuco, à Universidade Federal da Paraíba e ao Programa de Pós-Graduação em

Nutrição (POSNUTRI), pela oportunidade em desenvolver essa pesquisa.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa concedida.

A todos que participaram, direta ou indiretamente do desenvolvimento desta pesquisa, enriquecendo o meu processo de aprendizado.

“Se fosse fácil achar o caminho
das pedras, tantas pedras no
caminho não seria ruim.”

Engenheiros do Hawaii

RESUMO

A acerola possui relevância nutricional e econômica, entretanto, apresenta rápida degradação, prejudicando sua comercialização. A utilização de revestimentos reduz o número de modificações bioquímicas após a colheita e fornece proteção física e biológica para vegetais como acerola. Nesse estudo objetivou-se desenvolver e caracterizar um revestimento comestível elaborado a partir de farinha de casca de abacaxi pérola (FCA) e amido de inhame (AI), destinado à conservação dos padrões de qualidade de frutos de acerola durante armazenamento sob temperatura ambiente e de refrigeração. A FCA apresentou características tecnológicas similares às características esperadas para aditivos em revestimentos, como índice de absorção em água ($2,85 \pm 0,14$ g absorvida/g), índice de solubilidade em água ($27,55 \pm 2,95\%$) e cor ($L^* 76,76 \pm 0,12$, $a^* 29,23 \pm 1,00$ e $b^* 76,76 \pm 0,12$), além de teor de compostos fenólicos ($320,34 \pm 0,62$ mg EAG/g). Foram realizados ensaios preliminares de avaliação sensorial subjetivas (continuidade, homogeneidade e manuseabilidade) com formulações de revestimentos contendo diferentes concentrações e combinações de FCA e AI. Os testes preliminares indicaram a formulação FG com qualidades sensoriais satisfatórias, sendo selecionada para a caracterização das propriedades físicas (umidade, cor e opacidade, e solubilidade em água), propriedades mecânicas, teor total de compostos fenólicos e atividade antioxidante. Foi observado que o revestimento apresentou excelente teor de umidade (11%) e tonalidade clara ($L^* = 83,68$) e opacidade similar a revestimentos que contém amido (45%). Quanto ao comportamento mecânico, o filme apresentou resistência à tração de 27,77 Mpa, módulo elástico de 1,38 MPa e percentual de alongamento de 20%, tais valores podem ser explicados devido à redução de forças intermoleculares entre as cadeias poliméricas. O revestimento apresentou excelente teor de fenólicos totais ($278,68 \pm 0,45$), e atividade antioxidante igual a ($28,85 \pm 0,27 \%$), características importantes na apresentação e manutenção dos padrões de qualidade das acerolas a serem revestidas. A última etapa do estudo consistiu na avaliação, durante o armazenamento em temperatura ambiente ($25 \pm 0,5$ °C) e de refrigeração ($5 \pm 0,5$ °C), dos parâmetros de qualidade de acerolas revestidas com 3 tratamentos, a citar: T1 - controle negativo (frutos sem revestimento); T2 - controle positivo (frutos revestidos com glicerol a 1%) e T3 – frutos revestidos com FG. O tratamento T3 reduziu a perda de peso das acerolas armazenadas em temperatura ambiente e refrigerada, proporcionando ainda,

a manutenção da coloração clara e brilhosa dos frutos. Além disso, T3 foi eficaz no retardo da diminuição de sólidos solúveis, principalmente nos frutos refrigerados. Esses dados sugerem que o revestimento contendo FCA e AI foi eficiente na redução da atividade metabólica, com consequente retardo no amadurecimento dos frutos. Sendo assim, revestimentos comestíveis a base de farinha de abacaxi e amido de inhame podem ser sugeridos como tecnologias eficazes para o controle de parâmetros físicos e físico-químicos de acerolas durante armazenamento, beneficiando principalmente, a qualidade pós-colheita deste fruto.

Palavras-chave: resíduos agroindustriais; revestimento comestível; conservação de acerola; parâmetros de qualidade.

ABSTRACT

The acerola holds nutritional and economic relevance; however, it undergoes rapid degradation, impairing its commercialization. The use of coatings reduces the number of biochemical modifications post-harvest and provides physical and biological protection for fruits like acerola. This study aimed to develop and characterize an edible coating made from pineapple peel flour (FCA) and yam starch (AI), intended for preserving the quality standards of acerola fruits during storage at room temperature and under refrigeration. FCA exhibited technological characteristics similar to those expected for coating additives, such as water absorption index (2.85 ± 0.14 g absorbed/g), water solubility index ($27.55 \pm 2.95\%$), and color ($L^* 76.76 \pm 0.12$, $a^* 29.23 \pm 1.00$, and $b^* 76.76 \pm 0.12$), along with a phenolic compounds content (320.34 ± 0.62 mg GAE/g). Preliminary subjective sensory evaluations (continuity, homogeneity, and handling) were conducted with coating formulations containing different concentrations and combinations of FCA and AI. The preliminary tests indicated that the FG formulation exhibited satisfactory sensory qualities and was selected for the characterization of physical properties (moisture, color, water solubility, and opacity), mechanical properties, total phenolic content, and antioxidant activity. The coating demonstrated excellent moisture content (11%) and light shade ($L^* = 83.68$) with opacity similar to starch-containing coatings (45%). In terms of mechanical behavior, the film showed tensile strength of 27.77 MPa, elastic modulus of 1.38 MPa, and elongation percentage of 20%, values explained by the reduction of intermolecular forces between polymer chains. The coating presented an excellent total phenolic content (278.68 ± 0.45) and antioxidant activity ($28.85 \pm 0.27\%$), crucial characteristics for presenting and maintaining the quality standards of coated acerolas. The final stage of the study involved evaluating the quality parameters of acerolas coated with three treatments during storage at room temperature (25 ± 0.5 °C) and refrigeration (5 ± 0.5 °C): T1 - negative control (uncoated fruits); T2 - positive control (fruits coated with 1% glycerol); and T3 - fruits coated with FG. Treatment T3 reduced the weight loss of acerolas stored at room temperature and refrigerated, also maintaining the light and glossy color of the fruits. Moreover, T3 was effective in delaying the decrease in soluble solids, especially in refrigerated fruits. These data suggest that the coating containing FCA and AI was efficient in reducing metabolic activity, consequently delaying fruit ripening. Thus, edible coatings based on pineapple flour and yam starch can be

recommended as effective technologies for controlling physical and physicochemical parameters of acerolas during storage, benefiting primarily the post-harvest quality of this fruit.

Keywords: agroindustrial waste; edible coating; acerola preservation; quality parameters.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Frutas de acerola (<i>Malpighia emarginata</i> D C)	19
Figura 2 - Tubérculos de <i>Dioscorea alata</i> L	24
Figura 3 - Principais variedades de abacaxi.....	25
Figura 4 - Esquema do delineamento experimental.....	29
Figura 5 - Etapa de decantação (A) e amido de inhame (B).....	31
Figura 6 - Farinha da casca de abacaxi.....	31
Figura 7 - Análises microbiológicas da FCA	32
Figura 8 - Ensaio volume de Intumescimento	35
Figura 9 - Revestimento das acerolas.....	45
Figura 10 - Revestimento correspondente à formulação FG.....	57
Figura 11 - Efeito do revestimento comestível FG sobre a perda de peso e cor instrumental das acerolas armazenadas em temperatura ambiente ($25 \pm 0,5$ °) nos tempos 0 (A) e 4 (B) dias de armazenamento (Foto 1) e temperatura de refrigeração ($5 \pm 0,5$ °C), nos te tempos 0 (A) e 8 (B) dias de armazenamento (Foto 2)	65
Figura 12 - Perda de peso das acerolas armazenadas em temperatura ambiente ($25 \pm 0,5$ °C).....	66
Figura 13 - Perda de peso das acerolas armazenadas em temperatura de refrigeração ($5 \pm 0,5$ °C).....	67

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Descrição das formulações desenvolvidas.....	42
Tabela 2 -	Resultados das análises microbiológicas da FCA	48
Tabela 3 -	Resultado da análise granulométrica da FCA	49
Tabela 4 -	Resultados das análises tecnológicas (Média $\pm$ DP) da FCA	49
Tabela 5 -	Cor instrumental (Média $\pm$ DP) da FCA	50
Tabela 6 -	Características físicas e físico-químicas (Média $\pm$ DP) da FCA.....	51
Tabela 7-	Resultados dos testes preliminares com avaliação subjetiva dos revestimentos comestíveis desenvolvidos	56
Tabela 8 -	Cor instrumental apresentada pelo revestimento FG.....	59
Tabela 9 -	Atividade antioxidante e dosagem de compostos fenólicos.....	62
Tabela 10 -	Resultado da avaliação microbiológica de acerolas revestidas com FG durante armazenamento sob temperatura ambiente ($25 \pm 0,5$ °C)	64
Tabela 11 -	Resultado da avaliação microbiológica de acerolas revestidas com FG durante armazenamento sob temperatura de refrigeração ($5 \pm 0,5$ °C)	64
Tabela 12 -	Efeito do revestimento FG sobre a cor instrumental de acerolas arma- zenadas em temperatura ambiente ($25 \pm 0,5$ °C)	69
Tabela 13 -	Efeito do revestimento FG sobre a cor instrumental de acerolas arma- zenadas em temperatura de refrigeração ($5 \pm 0,5$ °C).....	70
Tabela 14 -	Características físico-químicas de acerolas revestidas com FG arma- zenadas em temperatura ambiente ($25 \pm 0,5$ °C)	73
Tabela 15 -	Características físico-químicas de acerolas revestidas com FG armazenadas em temperatura de refrigeração ($5 \pm 0,5$ °C).....	74

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	18
2.1	ACEROLA (<i>Malpighia emarginata</i> DC).....	18
2.2	PERDAS PÓS-COLHEITA DA ACEROLA	20
2.3	REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS APLICADOS EM FRUTOS PÓS- COLHEITA.....	20
2.4	POTENCIAL USO DO AMIDO DE INHAME NO DESENVOLVIMENTO DE REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS COMESTÍVEIS	23
2.5	POTENCIAL DO USO DO ABACAXI PÉROLA NO DESENVOLVIMENTO DE REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS.....	24
3	HIPÓTESE	27
4	OBJETIVOS.....	28
5	MATERIAL E MÉTODOS.....	29
5.1	LOCAL DE EXECUÇÃO DA PESQUISA.....	29
5.2	DELINEAMENTO DA PESQUISA	29
5.3	OBTENÇÃO DAS MATÉRIAS-PRIMAS	30
5.4	PREPARO DO AMIDO DE INHAME	30
5.5	PREPARO DA FARINHA DA CASCA DE ABACAXI (FCA)	31
5.5.1	Análises microbiológicas da FCA.....	32
5.5.1.2	Detecção de <i>E. coli</i>	32
5.5.1.2	Detecção de <i>Salmonella</i> spp.....	33
5.5.1.3	Contagem de bolores e leveduras.....	33
5.5.2	Análise física e propriedades tecnológicas da FCA.....	33
5.5.2.1	Granulometria.....	33
5.5.2.2	Índice de Absorção de Água (IAA).....	34
5.5.2.3	Índice de Solubilidade em Água (ISA)	34
5.5.2.4	Volume de Intumescimento (VI)	34
5.5.2.5	Densidade Aparente (DA).....	35
5.5.2.6	Determinação da cor instrumental	35
5.5.3	Análises físico-químicas da FCA	35
5.5.3.1	Determinação de umidade.....	36
5.5.3.2	Determinação do teor de cinzas.....	36

5.5.3.3	Determinação do teor de proteínas.....	37
5.5.3.4	Determinação do teor de lipídeos	37
5.5.3.5	Determinação do teor de fibras totais	38
5.5.3.6	Determinação do teor de carboidratos	38
5.5.3.7	Determinação de acidez titulável	38
5.5.3.8	pH	39
5.5.3.9	Atividade de água (a_w).....	39
5.5.4	Determinação do teor total de compostos fenólicos.....	39
5.5.5	Determinação de atividade antioxidante	40
5.5.5.1	ABTS (2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolin) 6-ácido sulfônico)	40
5.5.5.2	DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazila)	41
5.6	RENDIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DO AMIDO DE INHAME.....	41
5.7	DESENVOLVIMENTO DAS DIFERENTES FORMULAÇÕES DE REVESTI- MENTOS COMESTÍVEIS.....	42
5.8	CARACTERIZAÇÃO DA MELHOR FORMULAÇÃO DE REVESTIMENTO COMESTÍVEL	43
5.8.1	Espessura.....	43
5.8.2	Umidade	43
5.8.3	Cor e opacidade	43
5.8.4	Solubilidade em água.....	44
5.8.5	Propriedades mecânicas.....	44
5.8.6	Determinação do teor total de compostos fenólicos e atividade antioxi- dante	45
5.9	AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DE FRUTOS DE ACE- ROLA REVESTIDOS COM A MELHOR FORMULAÇÃO DURANTE ARMA- ZENAMENTO SOB TEMPERATURA AMBIENTE E DE REFRIGERAÇÃO.....	45
5.9.1	Análise microbiológica das acerolas revestidas	46
5.9.2	Análise física e físico-químicas das acerolas revestidas.....	46
5.9.2.1	Perda de peso.....	46
5.9.2.2	Sólidos Solúveis	47
5.10	ANÁLISES ESTATÍSTICAS	47
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	48
6.1	CARACTERIZAÇÃO DA FARINHA DA CASCA DO ABACAXI	48

6.1.1	Análise microbiológica da FCA	48
6.1.2	Propriedades físicas e tecnológicas da FCA	48
6.1.3	Caracterização física e físico-química da FCA.....	51
6.1.4	Dosagem de compostos fenólicos totais.....	53
6.1.5	Atividade antioxidante da FCA	53
6.2	RENDIMENTO DA EXTRAÇÃO DE AMIDO DO INHAME (AI)	54
6.3	CARACTERIZAÇÃO DO AI	55
6.4	CARACTERIZAÇÃO DOS FILMES COMESTÍVEIS.....	56
6.4.1	Espessura.....	57
6.4.2	Análise de umidade	58
6.4.3	Propriedades colorimétricas e opacidade.....	58
6.4.4	Solubilidade em água.....	60
6.4.5	Propriedades mecânicas.....	60
6.4.6	Conteúdo total de compostos fenólicos e atividade antioxidante.....	61
6.5	EFEITO DO REVESTIMENTO COMESTÍVEL (FG) SOBRE OS PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS E FÍSICO-QUÍMICOS DAS ACEROLAS DURANTE ARMAZENAMENTO SOB TEMPERATURA AMBIENTE E DE REFRIGERAÇÃO	63
6.5.1	Avaliação microbiológica	63
6.5.2	Perda de peso.....	64
6.5.3	Cor instrumental.....	67
6.5.4	Análise de pH, acidez total titulável e sólidos solúveis.....	70
7	CONCLUSÃO	75
	REFERÊNCIAS	76

1 INTRODUÇÃO

A acerola (*Malpighia emarginata* DC) é cultivada em vários países, sendo os maiores produtores mundiais China, Índia e Brasil, com uma produção global capaz de ultrapassar 40 milhões de toneladas ao ano. Ao longo dos anos o Brasil vem liderando o ranking de produção (Silva *et al.*, 2020).

De acordo com o IBGE (2017), no ano de 2017 a produção nacional de acerola compreendeu, aproximadamente, seis mil hectares, totalizando uma produtividade que excede a marca de setenta mil toneladas e tendo como maior produtor o estado de Pernambuco que atingiu o valor de 29.926 mil reais e uma área colhida que alcança 1.465 hectares, seguido do Piauí (13.054) e Ceará (12. 499 mil reais).

Trata-se de um fruto tropical que se adapta a climas tropicais e subtropicais, apresentando excelente composição de compostos fenólicos, compostos bioativos como as antocianinas, carotenóides e flavonóides e vitamina C (Barros *et al.*, 2020). O Brasil também controla parte do mercado internacional de derivados da acerola, tendo em vista que os frutos são comercializados em forma *in natura*, congelados e em forma de polpas (Ferreira *et al.*, 2021; Silva *et al.*, 2021).

Por ser um fruto tropical climatérico, a acerola apresenta elevadas taxas de respiração e uma vida útil extremamente curta após a colheita, o que restringe o período disponível para transporte e armazenamento do fruto *in natura*, dificultando a disponibilidade no mercado e podendo resultar em perdas substanciais após a colheita (EMBRAPA, 2020; Souza *et al.*, 2020). Esses aspectos reforçam a necessidade de aplicação de estratégias biotecnológicas para ampliar a vida de prateleira dessa fruta. Dentre as ferramentas biotecnológicas para aumentar a preservação de frutos tropicais, como a acerola, a aplicação de cobertura comestível vem sendo estudada e tem sido apontada como uma potente técnica alternativa (Pinto *et al.*, 2020).

Um outro fruto que também apresenta popularidade e produtividade mundial é o abacaxi. No Brasil as variedades mais cultivadas e comercializadas incluem a *Smooth Cayenne* e pérola. Normalmente, o abacaxi é consumido fresco, além de ser utilizado como matéria-prima na produção de alimentos (Silva *et al.*, 2023). O abacaxi pérola (*Ananas comosus* L.) é destaque em produção nacional, compreendendo a cultivar produzida no país, tendo como principais estados produtores o Pará, a Paraíba e Minas Gerais (Félix Junior, 2022; IBGE, 2019). Esta variedade é bastante

utilizada para produção industrial, o que acaba gerando resíduos que são ricos em nutrientes, tais como fibras, lipídios, proteínas, fósforo e compostos bioativos, como vitamina C e carotenoides, podendo compreender materiais úteis na composição de coberturas comestíveis, agregando características nutricionais e funcionais a este produto alternativo (Sousa *et al.*, 2020).

A utilização do amido no desenvolvimento de novas tecnologias em recobrimentos de frutos se deve ao fato dele se tratar de um polissacarídeo encontrado de forma abundante como reserva energética de muitos produtos de origem vegetal. Ademais, este carboidrato possui excelentes propriedades físico-químicas como capacidade de absorção de água e solubilidade, além de propriedades reológicas como a formação de géis, tornando-se importante constituinte de base polimérica em coberturas biodegradáveis (Donmez *et al.*, 2021; Omoregie; Gharevba, 2020).

Revestimentos comestíveis podem ter a capacidade de prolongar a vida útil de frutas, sendo capaz de melhorar sua aparência e manter sua qualidade. Em sua maioria, são provenientes de fontes renováveis, sendo ecosustentáveis e baixo custo. Além disso, são capazes de reduzir o número de reações bioquímicas após a colheita, agregando proteção contra doenças bacterianas e fúngicas (De Bruno *et al.*, 2023; Paolucci *et al.*, 2020).

O impacto ambiental causado pelo descarte inadequado de resíduos agroindustriais pode ser minimizado por meio do seu aproveitamento no desenvolvimento de novos produtos, a exemplo dos revestimentos comestíveis que apresentam resultados promissores contribuindo para a sustentabilidade (Melo *et al.*, 2023).

Neste contexto, a presente pesquisa teve como objetivo desenvolver e caracterizar revestimento comestível a partir de farinha de casca de abacaxi Pérola (*Ananas comosus* L.) e amido de inhame (*Discorea alata*), com aplicabilidade na conservação dos padrões de qualidade de acerola (*Malpighia emarginata* DC).

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 ACEROLA (*Malpighia emarginata* DC)

A acerola (*Malpighia emarginata* DC) (Figura 1) representa um gênero que compreende 45 espécies, pertencentes à família Malpighiaceae. A planta é comumente encontrada em regiões tropicais e subtropicais das Américas e seu período de safra se estende de abril a novembro. Sua produção ocorre ao longo de todo o território nacional, além de apresentar popularidade por devido ao elevado teor de ácido ascórbico e vitaminas do complexo B como riboflavina, niacina e tiamina, além de proteínas e sais minerais, a exemplo do cálcio e do fósforo (Ferreira *et al.*, 2021; IBGE, 2017; Vega-Baudrit *et al.*, 2023).

O Brasil encontra-se entre os três maiores produtores de acerola no mundo, com produção que excede o valor de 41 milhões de toneladas ao ano, com ênfase na Região Nordeste. Em termos de importância agrícola, o fruto se destaca devido à procura para consumo *in natura* e por sua ampla aplicação na indústria de alimentos, como o desenvolvimento de sorvetes, geleias, sucos e polpa, devido ao seu aroma frutado e doce, e processamento para extração de vitamina C (EMBRAPA, 2020; Magalhães *et al.*, 2021).

A nível nacional, é possível destacar a região Nordeste como a maior produtora de acerola, sendo possível ressaltar a produção no Estado de Pernambuco, que alcançou no ano de 2017, uma safra de 21.351 toneladas do fruto, seguido do Ceará, com aproximadamente 7.578 toneladas colhidas, e em terceiro lugar Sergipe, com uma produção que totalizou 5.427 toneladas de frutas. Juntos, estes três estados somam 40,05% da área total de cultivo de acerola no Brasil (IBGE, 2017).

Com relação ao setor internacional de comercialização, a exportação de acerola atingiu no ano de 2015 um total aproximado de 33.000 toneladas, cultivadas em uma área de aproximadamente 11.000 hectares. É importante destacar que a planta apresenta facilidade em se adaptar a diferentes condições climáticas, além de florescer e frutificar várias vezes no ano, o que explica a ampla produção de do fruto no Brasil (De Oliveira; Nicodemo; De Oliveira, 2015).

A popularidade do fruto se deve ao fato de apresentar sabor agradável, altos níveis de compostos antioxidantes, a exemplo dos polifenóis e elevada concentração de vitamina C, teor que varia de 1,90 a 0,97 g a cada 100 g de suco do fruto. Além

disso, é possível destacar a riqueza de minerais, dentre os quais é possível destacar a presença de cálcio, fósforo, magnésio, potássio e ferro, tornando-se um excelente alimento para a saúde humana. Sua composição centesimal está descrita no Quadro 1 (Magalhães *et al.*, 2021; Saqueti *et al.*, 2021).

Quadro 1 – Composição centesimal da acerola *in natura*.

Parâmetros	Composição centesimal da acerola <i>in natura</i>
Umidade (%)	90,50
Energia (kcal)	33,00
Proteínas (g)	0,90
Lipídios (g)	0,20
Carboidratos (g)	8,00
Fibras (g)	1,50
Vitamina C (mg)	941,40

Fonte: TACO, 2011.

Os frutos da aceroleira são classificados como drupa, possuem casca fina e lisa, possuem peso que varia entre 3 a 15g e comumente apresentam variações de tons que vão do amarelo ao vermelho ou roxo na coloração da casca, dependendo do seu grau de maturação (Souza, 2020).

Figura 1 - Frutas de acerola (*Malpighia emarginata* D C).



Fonte: IBF (2024).

A perecibilidade do fruto se deve ao fato da sua alta atividade de água, além de serem propensos a danos mecânicos, contaminação microbiana e também condições ambientais desfavoráveis. A colheita fora do período de maturação indicado

para o fruto em conjunto com a ausência de práticas eficazes para conservação da qualidade das acerolas, podem resultar em um índice significativo de perdas na produção (Cavalcante; Mauro, 2022; EMBRAPA, 2020).

O acondicionamento de acerolas em baixas temperaturas é importante para aumentar sua vida pós-colheita, reduzindo a taxa respiratória e a perda de água, além de retardar o amadurecimento do fruto. Em armazenamento refrigerado, a acerola cultivada na região Nordeste apresenta vida útil que varia de 14 a 21 dias, quando colhida em seu estágio ideal de maturação (EMBRAPA, 2016; EMBRAPA 2020).

2.2 PERDAS PÓS-COLHEITA DA ACEROLA

O fruto da aceroleira passa por transformações bioquímicas tanto quando ainda está na planta quanto após a colheita, tais modificações compreendem as fases de maturação, amadurecimento e senescência da acerola. Por se tratar de um fruto com elevada taxa respiratória, após a colheita ocorre a redução da acidez e a perda do ácido ascórbico, em decorrência do amadurecimento acelerado (Santos *et al.*, 2020).

Araújo *et al.* (2023) destacam que as alterações bioquímicas relacionadas ao amadurecimento impactam de modo expressivo em sua comercialização *in natura*, pois alteram a cor, textura, sabor e aroma dos frutos e influenciam tanto em seu aspecto visual quanto em seu teor nutritivo.

As condições climáticas às quais o fruto é submetido e a contaminação por microorganismos, em especial, a infecção fúngica, a exemplo dos gêneros *Aspergillus* e *Alternaria*, também são motivos para tais prejuízos. Com relação ao ataque de pragas e desenvolvimento de doenças, o mesmo pode acometer o fruto nos períodos pré e pós-colheita e na maioria das vezes essa infecção ocorre através de danos mecânicos no fruto, durante a produção e a colheita (EMBRAPA, 2020).

2.3 REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS APLICADOS EM FRUTOS PÓS-COLHEITA

A busca por aplicação de técnicas capazes de melhorar ou substituir características presentes nos frutos tem sido elevada, tendo em vista as necessidades e exigências dos consumidores. Desta forma, é possível destacar a o emprego de coberturas comestíveis como um método que vem sendo abordado tanto para aplicação em frutas quanto em hortaliças (Oliveira *et al.*, 2018).

A utilização de coberturas comestíveis tem sido indicada como uma tecnologia emergente, frutos tropicais que apresentam uma maior taxa de respiração e consequentemente, possuem um curto tempo pós-colheita, cerca de 3-5 dias sob temperatura de 25 °C. Os componentes da cobertura comestível dependem das características sensoriais e/ou nutricionais do fruto, bem como, dos objetivos esperados para o recobrimento, como por exemplo a inibição de microrganismos ou melhoria de aspectos visuais como textura e retardo da perda de massa do fruto (Pinto, 2020; Xisto *et al.*, 2004).

As coberturas comestíveis podem ser produzidas a partir de bases poliméricas compostas por polissacarídeos, proteínas ou lipídios (amido, gelatina ou ceras), uma vez que são mais sensíveis à umidade e apresentam uma boa capacidade de permeabilidade ao vapor de água (Rasmussen; Silva, 2019).

Com o intuito de melhorar a lucratividade, a indústria tem apoiado estudos que abordam a utilização de matérias primas reutilizáveis e ao mesmo tempo biodegradáveis capazes de melhorar características de frutas *in natura* (Xavier, 2020). O desenvolvimento de coberturas comestíveis oriundas de biopolímeros naturais vem ganhando espaço como uma tecnologia que apresenta benefícios como a redução de impactos ambientais, tendo em vista sua biodegradabilidade aliada à presença de compostos não poluentes (Guimarães *et al.*, 2020).

O emprego dos recobrimentos proporciona a diminuição da perda de água do fruto, fornece capacidade de barreira a trocas gasosas, além disso, confere propriedades de resistência a trações mecânicas e proteção contra degradação química ou biológica, melhorando a vida útil do produto (Ciolin *et al.*, 2021).

O revestimento de frutos é capaz de retardar a senescência e manter a firmeza do fruto, graças à redução da produção do etileno que necessita de uma boa disponibilidade de oxigênio para que seja produzido, uma vez que a cobertura controla o oxigênio, seu amadurecimento é postergado, conforme levantamento realizado em diferentes frutas e apresentado no Quadro 2.

Quadro 2 - Efeito de diferentes revestimentos biodegradáveis aplicados em frutas pós-colheita.

Fruta	Revestimento	Condição	Resultado	Referência
Ameixa	Amido de mandioca	Integra	Retardo no metabolismo de deterioração dos frutos	Stracke <i>et al.</i> (2023)
Abacate	Pectina do pomelo (<i>Citrus grandis</i>)	Íntegro	Redução na perda de massa e melhora no teor de sólidos solúveis	Oliveira, (2020)
Acerola	Quitosana	Integra	Controle de perda de umidade e respiração	Nogueira (2021)
Caju	Hidroxipropilmetilcelulose + cera de abelha	Integro	Manutenção da cor, firmeza e teor de ácido ascórbico, além da redução da perda de massa	Oliveira, (2020)
Goiaba	Fécula de mandioca + óleo essencial de canela	Integra	Conservação por um maior período em decorrência da manutenção das características físico-químicas	Martins <i>et al.</i> (2021)
Laranja	Extrato aquoso de própolis + extrato alcoólico + cera de carnaúba	Integra	Menor perda de massa no fruto, melhor índice de maturação e acidez equilibrada	Lisboa <i>et al.</i> (2023)
Mamão	Fécula de mandioca + óleo de cravo da índia	Integro	Preservação de características físico-químicas e sensoriais	Batista <i>et al.</i> (2022)
Manga	Carboximetilquitosana + pululana	Integra	Prolongamento da vida útil, redução na perda de peso e melhora nos parâmetros firmeza, acidez titulável e sólidos solúveis	Zhou <i>et al.</i> (2021)
Pêssego	Extrato de erva mate/ Fécula de mandioca	Íntegra	Redução da perda de massa, manutenção da cor e aumento da atividade da enzima peroxidase	Sapelli <i>et al.</i> (2020)
Uva	Fécula de batata/ amido de milho/ gelatina	Íntegra	Aumento da estabilidade e prolongamento da vida útil	Jesus Filho <i>et al.</i> (2020)

Como um dos benefícios mais importantes no uso do recobrimento comestível, é possível destacar a viabilidade de incluir componentes capazes de reforçar sua

eficiência, a exemplo de aditivos com potenciais antimicrobianos e antioxidantes. Deste modo, as perdas nutricionais são minimizadas no período de armazenamento, através do controle e inibição do crescimento de microrganismos, retardando as reações bioquímicas existentes no fruto (Hassan *et al.*, 2018).

Diversos benefícios potenciais vêm sendo apresentados, a partir do desenvolvimento de revestimentos comestíveis biodegradáveis provenientes de resíduos de frutas e vegetais, um exemplo é a redução no custo de produção, características físicas e mecânicas dos revestimentos melhores ou similares aos revestimentos convencionais, além de proporcionar ao alimento propriedades antimicrobianas e antioxidantes (Ferreira *et al.*, 2022).

2.4 POTENCIAL USO DO AMIDO DE INHAME NO DESENVOLVIMENTO DE REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS

O amido é um polissacarídeo facilmente encontrado em vegetais na forma de reserva energética e atualmente vem ganhando destaque na produção de materiais biodegradáveis, sendo classificado como uma matéria-prima bastante promissora. Sua atratividade é decorrente da sua ampla acessibilidade na natureza, o que favorece sua utilização a nível industrial como um polímero termoplástico através da aplicação de calor e quando submetido a altas temperaturas (Jacobs *et al.*, 2020).

Os grânulos de amido são formados de diferentes proporções de amilose e amilopectina. A amilose apresenta estrutura química que compreende cadeias longas e lineares, enquanto a amilopectina é formada por cadeias ramificadas e mais curtas e apresentam uma junção de pontos amorfos e também cristalinos, por conta dessas duas frações (Donmez *et al.*, 2021).

Com o intuito de minimizar o impacto ambiental de novas tecnologias na cadeia produtiva de alimentos, o amido tem se destacado como material útil produção de revestimentos e filmes protetores de vegetais, uma vez que possui ampla aplicabilidade, facilidade de extração e possibilidade de modificação química, física ou genética. Entretanto, filmes derivados de amido possuem algumas carências, como baixa resistência ao alongamento na ruptura e facilidade de quebra em situações que envolvem baixo teor de umidade. Sendo necessária a adição de reticulantes ou plastificantes com o intuito de melhorar suas propriedades mecânicas (De Sousa *et al.*, 2023; Zhong *et al.*, 2020).

As fontes de amido mais conhecidas mundialmente são a mandioca, o milho e a batata. No entanto, a utilização de fontes não convencionais apresenta vários benefícios como a diminuição do desperdício, sustentabilidade, desenvolvimento tecnológico local e promoção da sustentabilidade. O inhame (*Dioscorea alata* L.) (Figura 2) é um exemplo de fonte não convencional de amido que apresenta escassez de estudos sobre suas propriedades e que possui grande importância socioeconômica na região Nordeste do Brasil (Andrade; Barbosa & Pereira, 2021; De Menezes *et al.*, 2022; Oliveira, 2021).

Figura 2 - Tubérculos de *Dioscorea alata* L.



Fonte: EMATER (2024).

2.5 POTENCIAL DO USO DO ABACAXI PÉROLA NO DESENVOLVIMENTO DE REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS

O gênero *Ananas comosus* (L.) Merrill abrange todas as cultivares de abacaxi existentes. Trata-se do fruto da planta do abacaxizeiro, pertencente à família Bromeliaceae que apresenta características sensoriais atraentes como aroma e sabor adocicado (Freitas, 2019). As maiores fontes de cultivo de abacaxi estão presentes em regiões que apresentam alta umidade relativa do ar, o que proporciona ao fruto propriedades mais suculentas e menos ácidas e além disso pode ser cultivado em uma diversa variedade de solos, desde que sejam drenados e apresentem uma boa aeração (FAO, 2022).

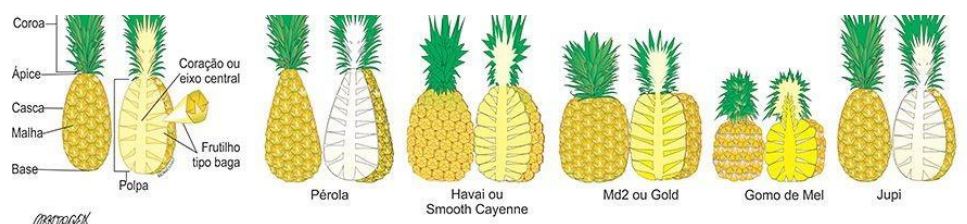
A nível mundial, o Brasil é classificado como o segundo maior produtor mundial de abacaxi, perdendo apenas para a Costa Rica, e o cultivo do fruto se estende a todas as regiões brasileiras, tendo como liderança no ranking nacional os estados do Pará, Paraíba e Minas Gerais, respectivamente. No ano de 2018 foram produzidos a

nível nacional, cerca de 1,7 milhões de frutos. Essa produção sofre influências de vários fatores como logística, condição climática, variáveis econômicas e principalmente, aspectos internos e externos do fruto capazes de atender as necessidades do consumidor final (CONAB, 2020; IBGE, 2018; Reinhardt *et al.*, 2018).

O abacaxi é fonte de vitaminas e minerais essenciais à saúde humana e proporciona benefícios à saúde digestiva (Santos, 2021). A presença de nutrientes como magnésio, sódio, potássio e vitaminas B6, C e E, tornam o abacaxi um alimento com excelente composição nutricional que pode ser consumido tanto na forma *in natura* quanto em calda, desidratado e cristalizado, sendo ainda, um ótimo ingrediente na formulação de doces, sucos e sorvetes (Junior *et al.*, 2022).

As cultivares mais produzidas e comercializadas no Brasil (Figura 3) são a *Smooth Cayenne*, Pérola, Gold, Gomo de mel, Jupí, *A. comosus* e Rio Branco (RBR-1), sendo as duas últimas cultivares, limitadas à região amazônica. Particularidades relacionadas ao menor teor de acidez, na faixa de 0,50 a 0,60% em frutos maduros e maior teor de açúcares de 10 a 20% tornam o abacaxi pérola a cultivar mais explorada em termos de consumo nacional, bem como para exportação em comparação a outras variedades, como por exemplo, a cultivar *Smooth Cayenne* com teor de açúcar similar, em torno de 13-19% e acidez superior a outras cultivares (Canepelle *et al.*, 2020; CEAGESP, 2024; Junior, *et al.*, 2022; Marques, *et al.*, 2020).

Figura 3 - Principais variedades de abacaxi.



Fonte: CEAGESP (2024).

De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento - CONAB (2020) aproximadamente 26.289.762 toneladas do fruto são produzidas anualmente e o processamento acarreta uma grande produção de resíduos orgânicos (casca, coroa e talo), representando cerca de 40% do peso total do fruto. Essa volumosa quantidade de resíduos influencia na ocorrência de problemas ecológicos, por meio da geração

de subprodutos que quando não são descartados da forma correta originam fontes de contaminantes ambientais (Ghinea; Leahu, 2020; Sousa *et al.*, 2020).

Dentre estes resíduos é possível destacar a casca do abacaxi, rica em fibras, alto teor de fenólicos totais, além de potente atividade antioxidante, que podem agregar valor nutricional a preparações destinadas a alimentação humana, bem como reduzir o impacto ambiental a partir dos resíduos gerados (Fortes *et al.*, 2020).

De acordo com Gomes (2020) o abacaxi possui um composto de isoenzimas com função de quebrar proteínas denominado bromelina, sua utilização abrange diferentes setores devido a sua atividade proteolítica. A bromelina pode estar presente tanto na polpa do abacaxi quanto em partes não comestíveis do fruto, como coroa e casca. Destaca-se por apresentar propriedades anti-inflamatórias e antioxidantes, apresentando ainda, efeitos positivos no processo de digestão (Ferreira *et al.*, 2021).

A enzima também apresenta potencial antimicrobiano, estudos destacam sua capacidade de inibição do desenvolvimento de bactérias intestinais como *Vibrio cholera* e *Escherichia coli*, bem como sua capacidade de inibir a produção de enterotoxinas dessa última bactéria, além de auxiliar no tratamento de infecções fúngicas. A bromelina tem apresentado potenciais benefícios nos sistemas respiratório, digestivo, circulatório e principalmente no sistema imunológico (Chakraborty *et al.*, 2021).

Com relação ao potencial antifúngico, a bromelina apresenta ação contra patógenos causadores de doenças pós-colheitas em frutos, por exemplo, *Fusarium verticillioides*, *Fusarium oxysporum* e *Fusarium proliferatum*, causadores de doenças importantes em plantações e em seus respectivos frutos. Tal ação, deve-se à sua atividade proteolítica (Hikisz; Bernasinska-Slomczewska, 2021).

Diante deste contexto, torna-se relevante o desenvolvimento de experimentos que busquem a aplicação de tratamentos alternativos eficazes na redução de perdas pós-colheita de frutos tropicais, a exemplo de acerola, causadas principalmente por microrganismos responsáveis por doenças.

3 HIPÓTESE

A utilização da cobertura comestível desenvolvida a partir da farinha da casca de abacaxi (pérola) e amido de inhame será capaz de conservar a qualidade microbiológica e físico-química de acerolas, atuando na melhora dos seus parâmetros de qualidade durante armazenamento.

4 OBJETIVOS

4.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver e caracterizar revestimento comestível elaborado a partir de farinha de casca de abacaxi pérola (*Ananas comosus* L.) e amido de inhame (*Discorea alata*), destinado à conservação dos padrões de qualidade de frutos de acerola (*Malpighia emarginata* DC) durante armazenamento sob temperatura de refrigeração e ambiente.

4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Obter o amido de inhame e a farinha da casca de abacaxi;
- Caracterizar os aspectos tecnológicos, microbiológicos e físico-químicos da farinha de casca de abacaxi;
- Caracterizar os aspectos físico-químicos do amido de inhame;
- Desenvolver diferentes formulações de revestimentos comestíveis a partir da farinha da casca de abacaxi e de amido de inhame;
- Definir a melhor formulação de revestimento com base em testes preliminares de avaliação subjetiva de características sensoriais de continuidade, homogeneidade e manuseabilidade;
- Caracterizar os aspectos tecnológicos e físico-químicos da melhor formulação de revestimento comestível;
- Determinar o teor de compostos fenólicos totais e atividade antioxidante da melhor formulação de revestimento comestível;
- Realizar a cobertura de frutos de acerola com a melhor formulação de revestimento comestível e avaliar os parâmetros de qualidade tecnológica, microbiológica e físico-química durante armazenamento em temperatura ambiente e sob refrigeração.

5 MATERIAL E MÉTODOS

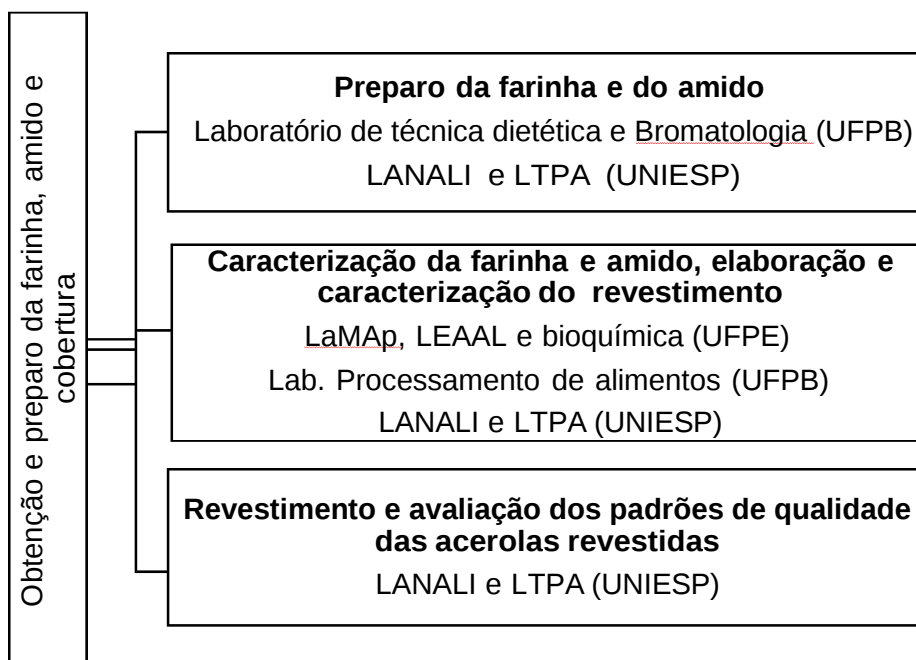
5.1 LOCAL DE EXECUÇÃO DA PESQUISA

Os experimentos foram desenvolvidos em diferentes etapas que estão representadas na Figura 4. Os ensaios foram iniciados no ano 2022 e foram realizados nos Laboratórios de Bromatologia e Técnica Dietética/DN/CCS e Laboratório de Processamento de Alimentos/DTA/CTDR, *Campus I* da Universidade Federal da Paraíba; no Laboratório de Tecnologia e Processamento de Alimentos (LTPA) e Laboratório de Análise de Alimentos (LANALI)/UNIESP - Centro Universitário e nos Laboratórios de Microbiologia Aplicada (LaMAp), Laboratório de Experimentação e Análise de Alimentos (LEAAL)/DN/CCS e no Laboratório de Produtos Naturais (LPN)/DB/ do *Campus* de Recife da Universidade Federal de Pernambuco.

5.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL DA PESQUISA

As etapas de execução da pesquisa, juntamente com os locais de realização das análises estão demonstradas na Figura 4.

Figura 4 - Esquema do delineamento experimental.



Fonte: Própria autora (2024).

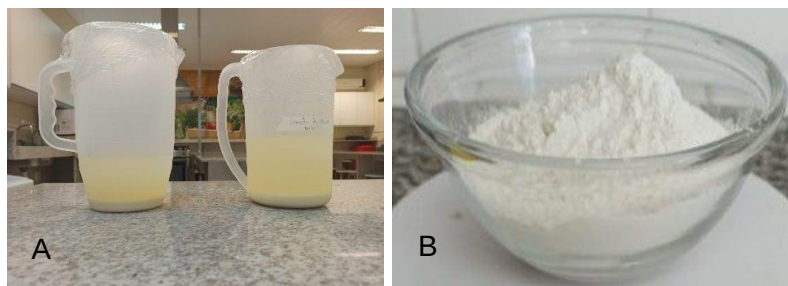
5.3 OBTENÇÃO DAS MATÉRIAS-PRIMAS

A acerola (*Malpighia emarginata* DC), abacaxi (*Ananas comosus* L.) e inhame (*Dioscorea alata* L.) foram adquiridos no comércio local de João Pessoa, Paraíba, Brasil. As acerolas foram selecionadas de acordo com a coloração, sendo escolhidos frutos que apresentavam 100% da casca vermelha e textura macia, sem contaminação microbiológica visível, ausência de infecções visíveis e danos mecânicos. Os abacaxis pérola foram selecionados pelo grau de maturação, sendo escolhidos os com coloração verde-amarelo (pelo menos 30% da casca amarelada) e bom estado de conservação, através da análise visual. Enquanto que os inhames foram selecionados através de análise visual, excluindo aqueles com casca enrugada, fissuras ou machucadas.

5.4 PREPARO DO AMIDO DE INHAME

O preparo do amido do inhame (AI) foi realizado inicialmente a partir da lavagem dos tubérculos com detergente neutro e auxílio de escovas, friccionando-os em toda a superfície. Os inhames foram enxaguados para total eliminação do detergente neutro, e imersos em água clorada a 100 ppm (20 mL/L de água), por 10 min. Em seguida, foram descascados manualmente e cortados em cubos. Os cubos foram deixados em imersão por 24 h em metabissulfito de sódio a 5.000 ppm (7 g/L) por 5 min. Posteriormente, o amido foi extraído por trituração em um liquidificador (MONDIAL, modelo turbo Power L-99-F, Bahia, Brasil) em baixa velocidade por 15 min, até a formação de uma pasta. Após a homogeneização, foi realizada uma filtração, por meio da utilização de tecido *voil* na qual o líquido resultante foi depositado em um recipiente para decantação do material amiláceo. Após 24 h, foram feitas duas decantações, sendo o sobrenadante removido através do auxílio de uma concha de aço inox e, posteriormente, descartado. O resíduo branco foi espalhado em uma bandeja de aço inox e seco em estufa sem circulação de ar (TECNAL, modelo TE – 371, Kyoto, Japão) a 60 °C por 24 h, e por fim, peneirado em malha 100 mesh, obtendo-se o amido em forma de pó, conforme é possível identificar na Figura 5.

Figura 5 - Etapa de decantação (A) e amido de inhame (B).



Fonte: Própria autora (2024).

5.5 PREPARO DA FARINHA DA CASCA DE ABACAXI (FCA)

As cascas do abacaxi foram separadas da polpa com o auxílio de uma faca (chef) e lavadas em água corrente, sanitizadas com solução de hipoclorito de sódio a 100 ppm (20 mL/L) por 10 min, enxaguadas em água destilada, e em seguida foram imersas em solução de metabissulfito de sódio a 5.000 ppm (7 g/L) por 5 min.

Após o processo de higienização, as cascas de abacaxi foram trituradas em miniprocessador (Black&Decker, modelo MP120, Uberaba, Brasil), e previamente congeladas a -40 ± 1 °C e secas em liofilizador (LIOTOP, modelo L101, São Paulo, Brasil) por um período de 24 h (54 uHg; -57 °C; 226 Vca). O material foi triturado em miniprocessador (Black&Decker) por 10 minutos e, posteriormente, peneirado em malha de 100 mesh para uniformização da farinha, conforme a Figura 6. Após isso, foi embalado a vácuo, em embalagens de polipropileno, seguido de armazenamento sob congelamento a -40 ± 1 °C até sua utilização.

Figura 6 - Farinha da casca de abacaxi.



Fonte: Própria autora (2024).

Após o processamento, a FCA foi submetida, em triplicata, às análises microbiológicas (*E. coli*, *Salmonella* spp. e bolores e leveduras), físicas e tecnológicas (granulometria, índice de absorção de água, índice de solubilidade em água, volume de intumescimento, densidade aparente, cor instrumental e físico-químicas (composição centesimal, pH e atividade de água).

5.5.1 Análises microbiológicas da FCA

Foram realizadas análises de detecção de *E. coli* e *Salmonella* sp. e contagem de bolores e leveduras (Figura 7), conforme preconizado pela Instrução Normativa nº 161, de 1 de julho de 2022 (Brasil, 2022).

Figura 7 - Análises microbiológicas da FCA.



Fonte: Própria autora (2024).

5.5.1.1 Detecção de colônias de *E. coli*

As análises foram realizadas pela técnica de Petrifilm™, seguindo a descrição do método validado pela *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC) 2019. A detecção das colônias de *E. coli* foi realizada a partir do inóculo das amostras na placa Petrifilm EC (3M Company). Foram efetuadas diluições seriadas da amostra em água destilada (1:9, 10^{-1} - 10^{-5}). A partir das diluições realizadas, foi seguida a metodologia descrita em AOAC (2019), em que alíquotas de 1 ml da amostra das respectivas diluições foram depositadas nas placas de Petrifilm EC. Posteriormente, as placas foram incubadas a $36 \pm 1^\circ\text{C}$ por 24 horas. Foram identificadas e contadas, colônias consideradas características para *Escherichia coli* e o resultado expresso como UFC.g-1 de *E. coli*.

5.5.1.2 Detecção de *Salmonella* spp.

Para detecção de *Salmonella* spp., foram utilizadas 25 gramas da amostra que foram adicionadas em Erlenmeyer contendo 225 mL de água peptonada tamponada a 0,1% (BPW), e incubadas a 37 °C em estufa (TECNAL, modelo TE – 371, Kyoto, Japão) durante 18 horas para pré-enriquecimento.

Posteriormente, foi transferido 1 mL para tubo contendo Caldo Tetracionato, e o mesmo, foi incubado durante 24 horas a 37 °C. Após 24 horas, foi retirada uma alçada do caldo tetracionato e semeado em placas contendo meio de cultura *Salmonella* e *Shigella* (SS). Após semeadura, colônias características foram transferidas para a prova bioquímica com ágar *triple sugar iron* (TSI) e lisina ferro (LIA) (APHA, 2015).

5.5.1.3 Contagem de bolores e leveduras

As amostras foram diluídas em água peptonada a 0,1%, homogeneizadas e submetidas a diluições decimais seriadas e plaqueadas, pela técnica Spread Plate, em Ágar Sabouraud Dextrose a 4%. As placas foram incubadas a 25 °C durante 5 dias. Os resultados foram expressos em UFC/mL (MORAES *et al.*, 2021).

5.5.2 Análise física e propriedades tecnológicas da FCA

5.5.2.1 Granulometria

A granulometria foi determinada conforme Dias *et al.* (2020), com modificação no mesh, usando passagem de 100 g da FCA que foi adicionada em aparelho agitador mecânico (produtest, modelo T) equipado com peneiras (16, 18, 20 e 35 mesh). O tempo de vibração foi de 15 minutos com o equipamento ajustado para a escala máxima de vibração (10). As frações da farinha retiradas dos tamises foram pesadas e os resultados obtidos, expressos em porcentagem conforme a Equação 1:

$$\% \text{ Retenção} = \frac{P_f - P_i}{P_a} \times 100 \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde:

Pf = massa (g) da peneira com o conteúdo retido;

Pi = massa (g) da peneira;

PA = massa (g) da amostra.

5.5.2.2 Índice de Absorção de Água (IAA)

Foi pesado 1 g da amostra e acrescido de 10 mL de água destilada, seguido de agitação por 30 s em vórtex e deixado em repouso em temperatura ambiente (23 ± 1 °C) por 30 min. Logo após, centrifugou-se a 3.000 rpm por 30 minutos e anotou-se o volume do sobrenadante. A absorção foi calculada em mg/mL como o resultado da diferença entre o valor inicial do volume de água adicionado à amostra e o volume do sobrenadante (Dias *et al.*, 2020). O IAA foi calculado pela Equação 2.

$$IAA = \frac{\text{Água absorvida pela amostra (g)}}{\text{Peso da amostra (g)}} \quad (\text{Eq. 2})$$

5.5.2.3 Índice de Solubilidade em Água (ISA)

A análise da solubilidade em água da farinha foi realizada pela adição de 30 mL de água a 600 mg de farinha, seguida de agitação, por 30 minutos, entre 55-85 °C. Posteriormente, o material foi centrifugado a 3500 rpm por 15 minutos e o sobrenadante foi seco a 130 °C por 12 horas, seguido de pesagem. Foi calculada a solubilidade pela relação entre a massa do sobrenadante seco e a massa da farinha inicial, multiplicada por cem, expressando os resultados em porcentagem (Dias *et al.*, 2020), conforme a Equação 3.

$$ISA = \frac{\text{Resíduo da evaporação (g)}}{\text{Peso da amostra (g)}} \quad (\text{Eq. 3})$$

5.5.2.4 Vólumume de intumescimento (VI)

O volume de intumescimento (VI) foi determinado com a adição de 30 mL de água destilada a 1 g de amostra, em proveta de 100 mL. Ao decorrer de 30 minutos em agitação com barra magnética (conforme a Figura 8), a amostra foi repousada por

15 horas para completa decantação. O VI foi expresso em mL/g de matéria seca através da observação do volume ocupado pela amostra na proveta (Dias *et al.*, 2020).

Figura 8 - Ensaio volume de Intumescimento.



Fonte: Própria autora (2024).

5.5.2.5 Densidade Aparente (DA)

A densidade aparente (DA) foi calculada através do peso gerado pela farinha da casca de abacaxi em proveta graduada de 50 mL, e foi expressa em g/mL. A análise foi realizada em duplicata (Dias *et al.*, 2020).

5.5.2.6 Determinação da cor instrumental

A cor foi verificada através do colorímetro digital (Konica Minolta CR 400), tomando-se 3 leituras por amostra. Conforme o sistema CIELAB, foram lidas as coordenadas cromáticas (L^* , a^* e b^*), sendo o eixo L^* (luminosidade) que varia do preto (0) ao branco (100), eixo a^* , do verde (-a) ao vermelho (+a) e eixo b^* , do azul (-b) ao amarelo (+b).

5.5.3 Análises físico-químicas da FCA

5.5.3.1 Determinação de umidade

A determinação de umidade da amostra foi realizada de acordo com a metodologia da *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 2019). Três amostras com massa igual a 3 g foram pesadas em cápsula de porcelana e, posteriormente, submetidas a aquecimento em estufa a 100 °C durante 4 horas. Em seguida, as amostras foram dispostas em dessecador por 30 minutos e por fim, pesadas em balança analítica (Shimadzu, modelo ATX 224, Kyoto, Japão). A determinação foi calculada através da Equação 4:

$$U\% = 100 \times \frac{N}{P} \quad (\text{Eq. 4})$$

Onde:

N = n° de gramas de umidade (perda de massa em g: P amostra úmida - P amostra seca);

P = n° de gramas da amostra.

5.5.3.2 Determinação teor de cinzas

O teor de cinzas foi determinado através da carbonização de 2 g da amostra, seguido de incineração em mufla a 550 °C por cerca de 6 horas, até a destruição da matéria orgânica, conforme metodologia da *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 2019). Posteriormente, as amostras foram acondicionadas em um dessecador até atingir a temperatura ambiente. A obtenção do percentual de cinzas foi calculada através da Equação 5:

$$\text{Cinzas \%} = \frac{N}{P} \times 100 \quad (\text{Eq. 5})$$

Onde:

N = massa de cinzas (peso da cápsula (g) + amostra incinerada (g)) – (peso da cápsula (g));

P = massa da amostra (g).

5.5.3.3 Determinação teor de proteínas

O teor de proteínas foi obtido por meio do método de Kjeldahl, em que se utilizou 1 g da amostra para a avaliação da concentração de nitrogênio total, de acordo com a metodologia da *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 2019), em seguida, foi realizada a etapa de destilação (TECNAL, modelo TE - 0364, Piracicaba – Brasil), com posterior titulação das amostras. O resultado foi multiplicado pelo fator de conversão estabelecido pela Resolução RDC nº 360/2003, equivalente a 5,75 para proteína vegetal. O teor proteico foi calculado conforme a Equação 6:

$$\text{Teor de proteína} = \frac{V \times F \times f \times 0,14}{PA} \quad (\text{Eq. 6})$$

Onde:

V = volume de HCL gasto (mL);

F = Fator de correção da solução de HCL 0,1N;

PA = Peso da amostra (g);

f = Fator de correção (5,75).

5.5.3.4 Determinação do teor de lipídios

O teor de lipídios foi determinado conforme a metodologia de Folch, Lees e Stanley (1957). *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 2019). Inicialmente pesaram-se 2 g, ao qual foi adicionado 30 mL de clorofórmio: metanol (2:1), seguido de agitação em homogeneizador (Tecnal, modelo TE – 102, Piracicaba, Brasil). Posteriormente, a mistura foi filtrada em papel de filtro qualitativo em proveta, sendo adicionados mais 10 mL do solvente para limpeza do frasco, seguido de filtração. Foi adicionado 20% do volume do filtrado de sulfato de sódio a 1,5% e, posteriormente, agitado. A proveta foi mantida em descanso para a separação das fases, e a fase superior foi descartada. Em seguida, foi retirada uma alíquota de 5 mL do extrato da fase inferior, ou seja, o extrato de clorofórmio, sendo adicionado ao béquer e mantido em estufa a 90 °C para a total evaporação da mistura dos solventes. Por fim, o béquer contendo a gordura foi acondicionado em dessecador por 30 min e, em seguida, foi pesado e o resíduo de gordura, determinados a partir da Equação 7:

$$\text{Gordura \%} = \frac{(P1 \times Vb)}{(Va \times P2)} \times 100 \quad (\text{Eq. 7})$$

Onde:

P1 = peso do resíduo de gordura na alíquota tomada (após secagem em estufa);

P2 = peso da amostra;

Va = volume da alíquota (5 mL);

Vb= volume inferior do extrato lido na proveta.

5.5.3.5 Determinação teor de fibras totais

A determinação do teor de fibras foi feita a partir do método enzimático. As amostras foram tratadas com Termamil (amilase termoestável) em tampão fosfato pH 6 com o intuito de hidrolisar os amidos presentes, sendo, em seguida, enzimaticamente digeridas com protease (em tampão fosfato) e amiloglucosidase, para remover proteínas e amido. Nesta solução, estavam contidas as fibras solúveis e as insolúveis. O resíduo foi separado por filtração, lavado com álcool a 95%, com acetona pa-ac, seco em estufa e pesado (AOAC, 2019).

5.5.3.6 Determinação do teor de carboidratos

O teor de carboidratos totais foi obtido por diferença a partir da análise prévia individual dos teores de umidade, cinzas, lipídeos, proteínas e fibra bruta, somados e subtraídos da amostra total.

5.5.3.7 Determinação de acidez titulável livre

Para a determinação da acidez livre, inicialmente foi pesado na balança analítica (Shimadzu, modelo ATX 224, Kyoto, Japão) 1 g da amostra em um frasco Erlenmeyer de 250 mL. Após a pesagem, foram adicionados 50 mL de água destilada e agitados até as partículas se uniformizarem. Em seguida, foram adicionadas 3 gotas da solução de fenoftaleína a 1% e procedeu-se a titulação com solução de hidróxido

de sódio a 0,1 M, até observar o ponto de virada, quando apresentava uma coloração rósea (AOAC, 2019). A acidez foi determinada através da Equação 8.

$$V_{\text{NaOH}} \times F / P = \text{Acidez Livre (Eq. 8)}$$

Onde:

V_{NaOH} = Volume gasto de NaOH na titulação;

P = peso da amostra coletada;

F = fator de correção do ácido (0,67).

5.5.3.8 pH

Foram homogeneizados 5 g de amostra em 50 mL de água destilada. As medidas de pH foram realizadas conforme a metodologia da *Association of Official Analytical Chemists* (AOAC, 2019). As leituras foram medidas diretamente com potenciômetro digital (Tecnal, modelo TEC-7, Piracicaba, Brasil) previamente calibrado.

5.5.3.9 Atividade de água (a_w)

A atividade de água foi determinada utilizando-se o medidor de atividade de água (Decagon, modelo Pawkit, Washington, Estados Unidos), previamente calibrado. A amostra foi adicionada no equipamento até o preenchimento de toda a superfície. Em seguida, o equipamento foi devidamente acoplado ao suporte contendo a amostra e foi efetuada a medida.

5.5.4 Determinação do teor total de compostos fenólicos

A análise dos compostos fenólicos totais foi realizada de acordo com Hua-Bin (2007), com pequenas modificações. Inicialmente, foi preparado o extrato metanólico conforme Silva *et al.* (2022). Em seguida, 20 μL do extrato foi adicionado em uma placa de 96 poços junto com 100 μL do reagente de Folin-Ciocalteu (10%, v/v), seguido de 80 μL de carbonato de sódio (75 g/L). Após 90 min de incubação no escuro e à temperatura ambiente ($25 \pm 1^\circ\text{C}$), a absorbância foi lida no comprimento de onda

de 765 nm em espectrofotômetro (BioTek µQuant Biospectro, Winooski, USA). Os fenóis totais contidos nas amostras foram calculados usando curva-padrão do ácido gálico como referência e os resultados foram expressos em miligramas de equivalente de ácido gálico por grama de amostra (mg EAG/g).

5.5.5 Determinação de atividade antioxidante

Para a determinação da atividade antioxidante da farinha, foram realizadas as análises de % de eliminação dos radicais ABTS^{•+} (ácido 2,2-azino-bis-3-etilbenzotiazolina-6-sulfônico) e DPPH[•] (2,2-difenil-1-picrilhidrazil).

5.5.5.1 ABTS (2,2'-azino-bis (3-etilbenzotiazolin) 6-ácido sulfônico)

O ensaio de eliminação de radicais ABTS foi realizado de acordo com Re *et al.* (1999), com modificações. Inicialmente, foi preparado o extrato metanólico de acordo com Silva *et al.* (2022). Em seguida, foi preparada uma solução do radical ABTS^{•+} dissolvendo 7 mM do ABTS em 2,45 mM de persulfato de potássio (K₂S₂O₈). A mistura foi deixada em repouso durante 16 horas (tempo necessário para a formação do radical) no escuro e à temperatura ambiente (25 ± 1 °C) antes da utilização. Esta solução previamente preparada foi diluída em etanol P.A para se obter uma absorbância de 0,70 ± 0,02 a 734 nm. Para o método de ABTS, foram misturados 20 µL dos extratos líquidos (10%) com 1 mL da solução de ABTS e deixados em repouso durante 6 min. Em seguida, foi lida a absorbância a 734 nm em espectrofotômetro (BioTek µQuant Biospectro, Winooski, USA). A eliminação dos radicais ABTS foi estimada em porcentagem após o cálculo da inibição dos radicais, de acordo com a Equação 9.

$$\text{Inibição do radical ABTS (\%)} = \left[1 - \left(\frac{A_a - A_b}{A_c} \right) \right] \times 100 \quad (\text{Eq. 9})$$

Onde:

A_a = absorbância da amostra + solução de ABTS

A_b = absorbância da amostra sem a solução do ABTS

A_c = absorbância do branco controle sem a amostra

5.5.5.2 DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazila)

O método utilizado foi baseado na metodologia de Blois (1958), utilizando o radical estável DPPH[•]. 1 mg dos extratos foi diluído em 1 mL de metanol P. A., dos quais foi realizada uma diluição seriada nas concentrações de 15,625 µg/mL - 1000 µg/mL. 40 µL destas concentrações foram adicionadas a 250 µL do reagente DPPH em uma placa de 96 poços. Após 30 min de incubação no escuro à temperatura ambiente (25 ± 1 °C), as absorbâncias foram lidas em espectrofotômetro a 517 nm. Calculou-se a porcentagem de atividade de eliminação de radical DPPH pela Equação 10.

$$\text{DPPH (\%)} = (\text{Ab} - \text{Aa} / \text{Ab}) \times 100 \quad (\text{Eq. 10})$$

Onde:

Aa = absorbância da amostra + solução de DPPH;

Ab = absorbância do branco controle sem a amostra.

5.6 RENDIMENTO E CARACTERIZAÇÃO DO AMIDO DE INHAME

O rendimento da extração do amido de inhame (AI) foi calculado através da Equação 11 e expresso em %:

$$\text{RE} = 100 \left(\frac{\text{A}}{\text{MS}} \right) \quad (\text{Eq. 11})$$

Onde:

RE= Rendimento de extração do amido;

A= Rendimento do amido;

MS= Teores de matéria seca.

Para a caracterização do AI foram avaliados em triplicata o teor de umidade, cinzas, proteína e lipídios, conforme descrito em 5.5.3.1, 5.5.3.2, 5.5.3.3, 5.5.3.4, respectivamente.

5.7 DESENVOLVIMENTO DAS DIFERENTES FORMULAÇÕES DE REVESTIMENTOS COMESTÍVEIS

O desenvolvimento das coberturas comestíveis consistiu na mistura de FCA com água destilada (3 e 4 g/100 mL, p/v), seguido da adição de Al (25, 50, 75 e 100%, p/p em relação à FCA), aquecimento sob agitação constante a 80 °C por 15 min, adição de glicerol (10%, p/p em relação à FCA), aquecimento sob agitação a 80 °C por 15 min, filtração a vácuo em gaze Cicatrisan® (Americana, Brasil), emplacamento (40 mL de solução filmogênica) e desidratação em estufa a 50 °C por 48 horas. As diferentes formulações são apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Descrição das formulações desenvolvidas.

Formulação	FCA (g)	Amido (g)	Tempo de aquecimento sob agitação (min)	Glicerol (%)	Alíquota (solução filmogênica em mL)
FA	3	0	30	1	40
FB	3	1,5	30	1	40
FC	3	2,25	30	1	40
FD	3	3	30	1	40
FE	4	0	30	1	40
FF	4	2	30	1	40
FG	4	3	30	1	40
FH	4	4	30	1	40

Fonte: Própria autora (2024).

As formulações foram submetidas aos testes preliminares utilizando-se a técnica de *casting* a partir de formulações filmogênicas aquosas, com o intuito de obter o melhor revestimento, com base nas melhores qualidades sensoriais de continuidade (ausência de rompimento após a secagem), homogeneidade (inexistência de bolhas, zonas opacas ou apresentando cores diferentes) e manuseabilidade (fácil manuseio e ausência do risco de rompimento da cobertura), de acordo com Gontard (1991) *apud* Arquélau (2018).

Com base nos resultados dos testes preliminares, a melhor formulação revestimento foi definida como aquela que apresentasse fácil desprendimento da placa de poliestireno, com aspecto homogêneo, flexível e brilhante. Essa formulação foi caracterizada posteriormente, conforme metodologias a seguir.

5.8 CARACTERIZAÇÃO DA MELHOR FORMULAÇÃO DE REVESTIMENTO COMESTÍVEL

O revestimento que apresentou o melhor resultado quanto à continuidade, homogeneidade e manuseabilidade foi selecionado para a realização das análises de caracterização. Foram avaliadas, em triplicata, as propriedades físicas (umidade, cor, opacidade e solubilidade em água), propriedades mecânicas, teor total de compostos fenólicos e atividade antioxidante.

5.8.1 Espessura

A espessura do revestimento foi medida através de micrômetro digital (Multicomp pro, Shangai, China). As medidas foram realizadas aleatoriamente em cinco posições diferentes do revestimento e foi determinada a espessura através da média dessas medidas.

5.8.2 Umidade

Foram pesadas 0,5 gramas do revestimento. Posteriormente, estes fragmentos foram secos em estufa a 105 °C durante 24 horas. Após esse processo, foi determinada a massa final destes revestimentos e foi obtido o percentual dos revestimentos, conforme a Equação 5.

5.8.3 Cor e opacidade

A cor das coberturas comestíveis foi determinada com o auxílio de um colorímetro (Konica Minolta CR 400), baseada nos parâmetros CIELAB (L^* , a^* e b^*). O cálculo da opacidade foi realizado através da leitura dos revestimentos sobre um fundo branco e posteriormente um fundo preto, sendo calculados pela Equação 12.

$$Op = \left(\frac{Opp}{Oppb} \right) \times 100 \quad (\text{Eq. 12})$$

Onde:

Opp = Opacidade do revestimento contra fundo preto e Oppb = Opacidade do revestimento contra fundo branco. Os valores padrões utilizados em fundo branco foram 84,67; 0,55; 0,68 para L, a e b, respectivamente.

5.8.4 Solubilidade em água

A solubilidade dos revestimentos foi definida pela razão entre o peso inicial e final da amostra solubilizada, após imersão em água destilada conforme Equação 13. Amostras dos revestimentos, com aproximadamente 2 cm de diâmetro, foram pesadas para determinação do peso inicial. Em paralelo, a umidade dos revestimentos foi determinada para cálculo da massa seca inicial (mi). As amostras foram imersas em um Erlenmeyer contendo 50 mL de água destilada e colocadas sob agitação constante em incubadora refrigerada com agitação (marca Tecnal, modelo TE- 424, Piracicaba, São Paulo) por 24 h a temperatura ambiente (25 ± 1 °C). Após este período, a solução contida em cada Erlenmeyer foi descartada, retirando a parte sólida do revestimento. A massa seca final da amostra não solubilizada (mf) foi determinada após secagem em estufa a 105 °C até peso constante.

$$\% MS = mi - mf \div mi \times 100 \quad (\text{Eq. 13})$$

Onde:

%MS = porcentagem de material solubilizado;

mi = massa seca inicial da amostra;

mf = massa seca final da amostra não solubilizada.

5.8.5 Propriedades mecânicas

A determinação das propriedades mecânicas foi feita de acordo com Tafa *et al.* (2023), com adaptações. Para tanto, foram analisadas as propriedades de resistência

à tração (MPa), módulo elástico e percentual de elongação (%) em texturômetro (Brookfield, modelo CT3 Texture Analyzer, Middleboro, EUA). A velocidade da garra para a análise foi de 5 mm/min, a distância inicial das garras foi de 40 mm e a dimensão do corpo de prova foi igual a 2,5 cm (largura) x 7,5 cm (altura).

5.8.6 Determinação do teor total de compostos fenólicos e atividade antioxidante

A avaliação do teor total de compostos fenólicos foi realizada conforme citado no item 5.5.5. A atividade antioxidante foi realizada conforme item 5.5.6, sendo realizado um teste paralelo para comparação do teor de fenólicos e atividade antioxidante entre a formulação G e uma formulação sem a adição de FCA, composta por amido de inhame e glicerol.

5.9 AVALIAÇÃO DOS PARÂMETROS DE QUALIDADE DE FRUTOS DE ACEROLA REVESTIDOS COM A MELHOR FORMULAÇÃO DURANTE ARMAZENAMENTO SOB TEMPERATURA AMBIENTE E DE REFRIGERAÇÃO

A última etapa da pesquisa consistiu na avaliação dos parâmetros de qualidade de frutos de acerola revestidos com a melhor formulação. Para tanto, três tratamentos foram considerados, a citar: T1 - controle negativo (frutos sem revestimento); T2 - controle positivo (frutos revestidos com glicerol a 1%) e T3 – frutos com a melhor formulação revestimento comestível, conforme Figura 9.

Figura 9 - Revestimento das acerolas.



Fonte: Própria autora, 2024.

As acerolas maduras foram selecionadas conforme a ausência de infecções microbianas visíveis e de danos físicos, observando-se a integridade do fruto. Inicialmente, os frutos foram sanitizados a partir da imersão em solução de hipoclorito de sódio (1%, v/v) durante 10 minutos; após isso, foram lavados com água corrente e, por fim, submetidos à secagem natural por um período de 1 hora em temperatura ambiente (24 ± 1 °C). Após secos, os frutos de acerola separadamente foram imersos por 3 minutos, respectivamente, nos 3 tratamentos de revestimentos comestíveis supracitados e logo após, submetidos a secagem natural a partir de disposição em bandejas contendo tecido *Voil*, e distribuídos aleatoriamente em placas de petri (150 x 25 mm) identificadas com o tratamento (T1, T2 e T3), temperatura (ambiente: $25 \pm 0,5$ °C e refrigeração: $5 \pm 0,5$ °C).

O experimento foi realizado em triplicata (três bandejas, contendo cada uma, 50 gramas de acerolas) para cada formulação de revestimento, temperatura e tempo de armazenamento. A avaliação do padrão de qualidade dos frutos foi realizada no tempo 0 (logo após o revestimento) e em intervalos de 2 dias em cada temperatura de armazenamento, com base nas características microbiológicas, físicas e físico-químicas, conforme descrito a seguir.

5.9.1 Análise microbiológica das acerolas revestidas

Ao longo do armazenamento nas diferentes temperaturas os frutos foram submetidos às análises de detecção de *E. Coli* e de *Salmonella* spp. (BRASIL, 2022).

5.9.2 Análise física e físico-químicas das acerolas revestidas

Durante o armazenamento nas diferentes temperaturas, as acerolas revestidas foram avaliadas quanto à perda de peso, sólidos solúveis, cor instrumental, acidez total titulável e pH, conforme citado nos itens 5.5.3.6, 5.5.4.7 e 5.5.4.8, respectivamente.

5.9.2.1 Perda de peso

A perda de peso foi avaliada conforme Gol *et al.* (2013). Os frutos foram pesados no tempo 0 (logo após o revestimento) e a cada 2 dias, de acordo com o

intervalo de tempo definido para as demais análises microbiológicas e físico-químicas. O resultado foi expresso em porcentagem e levou em conta a perda de peso dos frutos, comparada ao seu peso inicial.

5.9.2.2 Sólidos Solúveis

O teor de sólidos solúveis (SS) foi determinado de acordo com a AOAC (2019), através da leitura em refratômetro digital de bancada (Tecnal, modelo AR 200, New York, USA), com os resultados expressos em °Brix.

5.10 ANÁLISES ESTATÍSTICAS

Todas as análises foram realizadas em triplicata em dois experimentos independentes e os resultados foram expressos como média e desvio padrão. O teste de normalidade Shapiro-Wilk foi usado para determinar a distribuição normal dos dados, sendo escolhido por conta do número amostral que foi < 50 . Após a aplicação do teste foi escolhido com análise de variância o teste (ANOVA) seguido pelo teste de Tukey para verificar possíveis diferenças entre as médias obtidas, considerando o nível de 5% de significância ($p < 0,05$). Para o cálculo dos dados foi utilizado o pacote de *software* Sigma Stat 3.5 (Jandel Scientific Software, San Jose, Califórnia) (SIGMASTAT, 2006).

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

6.1 CARACTERIZAÇÃO DA FARINHA DA CASCA DO ABACAXI

6.1.1 Análise microbiológica da FCA

Os resultados das análises microbiológicas da farinha de casca de abacaxi (FCA) estão expressos na Tabela 2. Todos os parâmetros microbiológicos analisados atenderam à Instrução Normativa (IN) nº 161, de 1 de julho de 2022, que complementa a RDC nº 724, de 1 de julho de 2022, certificando a farinha como alimento seguro para consumo.

Tabela 2 - Resultados das análises microbiológicas da FCA.

Grupo microbiano	Farinha da casca de abacaxi (UFC/g)	Padrões Microbiológicos* (UFC/g)
<i>E. coli</i>	Ausente	$< 5 \times 10^2$
<i>Salmonella</i> spp.	Ausente	Ausência
Contagem de bolores e leveduras	$3,2 \times 10^4$	$< 5 \times 10^4$

*Instrução Normativa (IN) nº 161, de 1º de julho de 2022.

6.1.2 Propriedades físicas e tecnológicas da FCA

Após o processamento das cascas de abacaxi foi gerada uma farinha com quatro tamanhos de partículas, conforme apresentado na Tabela 3. A análise de granulometria, por taxa de retenção, apontou que 62,99% das partículas de FCA possuíam tamanho > 16 Mesh, resultado que atendeu ao esperado pois diferentes dimensões de partículas atrapalham o processo de solubilização da farinha e dos demais componentes da formulação do revestimento. A análise granulométrica teve por finalidade uniformizar o tamanho do grânulo da farinha a ser utilizada no revestimento comestível (Rodrigues, 2022).

De acordo com Marcon (2021), o tamanho do grânulo tem grande influência na capacidade de absorção de água e tempo de mistura quando associada a solventes.

Essas características são importantes para o revestimento comestível desenvolvido neste estudo, uma vez que a farinha precisa ser totalmente solubilizada em água para que possa ser elaborado o revestimento.

Tabela 3 - Resultado da análise granulométrica da FCA.

Granulometria				
Mesh	Tamanho (mm)	Peso inicial (g)	Peso final (g)	% Retenção
16	1,19	456,62	519,61*	62,99
18	1,00	458,35	464,09*	5,74
20	0,84	513,07	524,34*	11,32
35	0,50	379,33	385,85*	6,52
Base	< 0,07	387,07	402,58*	15,51

*Valores em relação ao peso inicial da amostra (100 g).

Os resultados das análises tecnológicas na farinha da casca de abacaxi são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4 - Resultados das análises tecnológicas (Média $\pm$ DP) da FCA.

Parâmetros	FCA
VI (mL/g de matéria seca)	10,5 $\pm$ 0,00
IAA (g absorvida/g de matéria seca)	2,85 $\pm$ 0,14
Densidade aparente (g/mL)	0,29 $\pm$ 0,00
Solubilidade em água (%)	27,55 $\pm$ 2,95

Abreviações: VI = Volume de intumescimento, IAA = Índice de absorção de água.

Com relação às propriedades tecnológicas, a FCA apresentou volume de intumescimento (VI) igual a 10,5 mL /g, valor mais elevado que os obtido por Ferreira *et al.* (2020) ao analisar a farinha do bagaço de malte com VI de 6,11 mL/ g e menor que o valor encontrado por Pereira (2023), com VI de 23,77 mL/g para farinha de bacuri. O VI indica a capacidade de expansão de um determinado elemento através da retenção de água em uma quantidade conhecida de fibra (Robertson *et al.*, 2000). Esta propriedade irá influenciar no revestimento, uma vez que quanto maior o volume de intumescimento, maior será sua capacidade de conservação da fruta, uma vez que o revestimento irá absorver fluidos (Andrade-Neto, 2017).

A FCA apresentou índice de absorção em água (IAA) correspondendo a 2,85 g de absorção de água/g de matéria seca. Valor similar foi encontrado por Aquino (2018), que ao caracterizar a farinha oriunda de resíduos de *physalis*, identificou o

valor de 2,96 g de absorção de água/g de matéria seca. Moraes *et al.* (2019) analisando a funcionalidade da farinha da casca de buriti encontraram IAA de 3,19 g de absorção de água/g de matéria seca em amostra submetida ao processo de secagem em estufa a 55 °C.

A densidade aparente encontrada para a FCA foi de 0,29 g/mL, resultado semelhante ao encontrado por Carneiro (2018), que ao avaliar farinha mista de polpa de banana e polpa de abacaxi obteve um valor de 0,37 g/mL. Carvalho (2021) ao analisar a densidade aparente do pó da casca de manga liofilizada encontrou um valor de 0,47 g/mL.

Moraes (2019) ao analisar o índice de solubilidade em água (ISA) na farinha da casca de buriti, encontrou o valor de 16,88%. Já Gorgonio, Pumar e Mothé (2022) obtiveram o valor de 9,58% de ISA para a farinha da semente de abóbora. Tais resultados foram menores que o obtido para a FCA (27,55%) conforme citado na Tabela 4.

Os resultados da análise da cor instrumental de FCA estão apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 - Cor instrumental (Média $\pm$ DP) da FCA.

Parâmetros	FCA
Luminosidade (L*)	76,76 $\pm$ 0,12
a*	-1,31 $\pm$ 0,12
b*	29,23 $\pm$ 0,00

A FCA apresentou valor de luminosidade correspondendo a uma cor mais clara, quando comparada aos estudos de Silva *et al.* (2020) e Oliveira (2018), consistindo num atributo interessante para aplicação deste ingrediente no desenvolvimento de em revestimentos comestíveis, visto que cores escuras poderiam limitar a utilização desta farinha no desenvolvimento de revestimentos comestíveis para frutas, impactando na aceitação dessas matrizes alimentares. De um modo geral, a FCA apresentou cor tendendo ao vermelho-amarelado (valores de cromaticidade a* e b* mais positivos), sugerindo uma melhor aplicação sobre superfície de frutos nessa faixa de tonalidade, como frutos de acerola.

Silva *et al.* (2020) ao avaliar os parâmetros colorimétricos das cascas de abacaxi pérola secas em estufa com circulação de ar encontraram os seguintes valores de cor instrumental menores que os detectados no presente estudo (L* = 45,23

$\pm 0,25$, $a^* = 6,06 \pm 0,07$ e $b^* = 23,69 \pm 0,42$). Valores que corroboram com o estudo de Oliveira (2018), que ao analisando FCA da cultivar *smooth cayenne* obteve também menores resultados quando comparado a FCA estudada no presente estudo ($L^* = 41,47 \pm 3,73$, $a^* = 3,57 \pm 0,17$ e $b^* = 22,14 \pm 1,43$).

6.1.3 Caracterização física e físico-química da FCA

A FCA foi avaliada quanto aos parâmetros: atividade de água, pH, acidez total titulável, teor de umidade, cinzas, lipídios, proteínas, carboidratos e teor de fibras. Os dados estão expressos na Tabela 6.

Tabela 6 - Características físicas e físico-químicas-química (Média $\pm$ DP) da FCA.

Parâmetros	FCA
Umidade (%)	4,69 $\pm$ 0,31
Cinzas (%)	4,10 $\pm$ 0,00
Lipídios (%)	1,26 $\pm$ 0,23
Proteínas (%)	3,07 $\pm$ 0,00
Carboidratos (%)	78,59 $\pm$ 0,03
Fibras totais (%)	10,12 $\pm$ 0,00
Aa	0,29 $\pm$ 0,00
Acidez titulável (%)	1,87 $\pm$ 0,04
pH	4,18 $\pm$ 0,16

O teor de umidade da FCA foi de 4,69% e estava de acordo com a Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), que na RDC nº 263 de 2005 preconiza o máximo de 15% de umidade em farinhas (BRASIL, 2005). O resultado para umidade determinado no estudo em tela foi menor ao encontrado por Fortes *et al.* (2020), que ao analisar cascas de abacaxi secas em estufa a 60 °C por 8 horas com circulação forçada de ar encontraram teor de umidade correspondendo a 5,69%.

Em estudo realizado por Oliveira *et al.* (2021), cascas de abacaxi foram submetidas à secagem em estufa a 105 °C por 8 horas, e foi relatado um teor de umidade igual a 9,31%. Um valor de umidade maior que o obtido no presente trabalho foi relatado por Silva *et al.* (2023), que ao caracterizar FCA seca em estufa a 50 °C e

mantida por 14 dias, obtiveram um teor de 14,10% de umidade. Tais valores diferentes podem ser explicados devido a divergências nos métodos usados para secagem das cascas das matrizes estudadas.

O teor de cinzas (4,10%) foi menor que o valor encontrado por Oliveira (2020) (5,51%) e maior que o valor obtido por Silva *et al.* (2023) (3,73%), que caracterizaram casca de abacaxi desidratada da mesma variedade avaliada neste estudo. Este teor pode ser esclarecido devido a quantidade de minerais existentes na FCA, tendo em vista que o processo de secagem é capaz de concentrar os nutrientes à medida que reduz o teor de água na matéria prima. Ademais, os resultados alcançados, especialmente para umidade e cinzas (sais minerais), reforçam que as condições de plantio dos frutos e os métodos de secagem empregados para a obtenção da FCA são capazes de influenciar nos resultados destes parâmetros.

Com relação ao teor de lipídios obtidos na FCA (1,26%), valor próximo foi observado por Moraes *et al.* (2017), que avaliaram casca de abacaxi desidratada da variedade pérola e encontraram 1,3% de concentração lipídica. Valor mais baixo foi encontrado por Fortes *et al.* (2020), que detectaram 0,67% de teor lipídico em FCA. É válido ressaltar que diversos fatores podem influenciar nas variações encontradas, incluindo o estágio de maturação da fruta, concentração de carotenoides, a região de cultivo e a metodologia empregada na análise.

Oliveira (2018) encontrou valores de proteína para a FCA da variedade *Smooth Cayenne* igual a 1,45%, teor menor que o encontrado no presente estudo (3,07%). Já Oliveira *et al.* (2021) encontraram maiores valores, de aproximadamente 4,42% para a mesma variedade aqui estudada, confirmando assim uma grande quantidade de proteínas presente nas cascas deste fruto.

O teor de carboidratos (78,59%) foi similar aos resultados obtidos por Oliveira (2018), que determinou 78,13% de carboidratos para FCA, e maior que o encontrado por Oliveira (2020), com aproximadamente 68,69% de carboidratos, sendo este um resultado esperado, tendo em vista que cascas de frutas geralmente apresentam teores de carboidratos superiores aos obtidos na fruta *in natura* (Oliveira, 2021).

Valores superiores aos encontrados neste estudo para fibras totais (10,12%) foram relatados nos trabalhos de Duarte *et al.* (2021) e Silva *et al.* (2023), que identificaram respectivamente, 22,17% e 46,6% de fibra bruta em FCA. Conforme a RDC nº 54 de 2012 da ANVISA, ainda que em proporção menor, o teor obtido neste

trabalho classifica a FCA como produto com alto conteúdo de fibra, que leva em conta o valor de no mínimo 6%.

A atividade de água da FCA (0,29) e a acidez titulável (1,87%) obtidas nesta pesquisa divergiram dos valores encontrados por Nunes *et al.* (2017), com 0,39 de a_w e 2,05% para acidez. De um modo geral, os valores determinados para esses dois parâmetros influenciam diretamente na estabilidade microbiológica da farinha, uma vez que o baixo teor de atividade de água e o baixo pH (alta acidez) são capazes de evitar ou pelo menos retarda a multiplicação exacerbada de microrganismos.

A FCA apresentou um baixo valor de pH (4,1) sendo este, similar ao encontrado por Silva (2023), que foi de 4,00 para o abacaxi pérola; e maior que 3,8, valor obtido por Oliveira (2020), que também analisou a variedade pérola. Variações de pH estão associadas à maturação dos frutos e considerando o baixo valor encontrado nesta pesquisa, a FCA apresenta baixo risco de deterioração microbiológica ou enzimática.

6.1.4 Dosagem de compostos fenólicos totais

Foi encontrado o valor de 320,34 ($\pm 0,62$) mg EAG/g de compostos fenólicos totais na farinha da casca de abacaxi (FCA).

O resultado observado foi inferior ao reportado por Souza *et al.* (2020), que ao avaliar o teor de fenólicos totais da farinha da casca de abacaxi extraídos por ultrassom e utilizando etanol como solvente, obtiveram o valor de 2.036,80 mg EAG/g.

Tavares e Salomão (2020) avaliaram o teor de compostos fenólicos em resíduo de acerola e obtiveram valor de 0,77 mg EAG/g de amostra *in natura* e 15,80 mg EAG/g de amostra liofilizada. Os autores evidenciam a secagem por liofilização como processo eficiente, capaz de concentrar o teor destas substâncias na amostra.

É importante ressaltar que a maturação do fruto utilizado para a elaboração da farinha tem influência direta no teor de fenólicos totais avaliado, além disso, as condições de colheita do abacaxi, variedade, e região de plantio também são capazes de interferir nestes resultados.

6.1.5 Atividade antioxidante da FCA

A avaliação da atividade antioxidante de resíduos de frutas e coprodutos de frutas (como cascas, sementes, talos, etc.) vem despertando o interesse de

pesquisadores, à medida que estudos sobre o consumo dessas matrizes vêm apresentando evidências acerca da prevenção de doenças ocasionadas pela presença de radicais livres. A capacidade de eliminar os radicais livres dos compostos com atividade antioxidante fornece benefícios ao organismo humano, uma vez que são incorporados na dieta (Chuah *et al.*, 2020). Tais efeitos benéficos são atribuídos à presença de ácido ascórbico, carotenoides, compostos fenólicos e vários outros grupos que apresentam ação antioxidante (Carvalho *et al.*, 2020).

Neste tudo foi observado que a farinha da casca de abacaxi apresentou elevada atividade antioxidante, com capacidade de eliminar 66,11% ($\pm 0,35$) do radical ABTS^{•+} e 66,96% ($\pm 0,32$) do radical DPPH[•], possivelmente devido ao alto teor de compostos fenólicos totais detectado na FCA (320,34 $\pm 0,62$ mg EAG/g).

Shehata *et al.* (2021) analisaram cascas liofilizadas e identificaram valores de atividade antioxidante maiores que os obtidos neste estudo para casca de laranja doce (ABTS: 67,03% e DPPH: 76,56%) e menores valores para casca de limão (ABTS: 63,36% e DPPH: 72,33%), tangerina (ABTS: 48,20% e DPPH: 53,76%) e toranja (ABTS: 56,10% e DPPH: 65,5%), utilizando extrato metanólico dessas matrizes, o mesmo utilizado neste estudo.

É válido ressaltar que vários fatores são capazes de influenciar na atividade antioxidante de frutos e hortaliças, dentre eles é possível citar o estágio de maturação, a espécie e exposição à luz que pode oxidar os compostos responsáveis por tal atividade (Magalhães *et al.*, 2021).

6.2 RENDIMENTO DA EXTRAÇÃO DE AMIDO DO INHAME (AI)

O rendimento da extração de amido do inhame foi de 6,6%, valor considerado baixo quando comparado ao de outras raízes tuberosas como, por exemplo, a mandioca, que pode apresentar teor de amilose de até 27%. Teores mais elevados de amido são capazes de impactar positivamente, tanto em propriedades mecânicas quanto estruturais de revestimentos comestíveis (Hsieh *et al.*, 2019; Nogueira *et al.*, 2019).

No entanto, ao avaliarem inhames das variedades *D. altíssima* e *D. alata*, Silva *et al.* (2019) encontraram valores de rendimento de amido próximos aos determinados no estudo em tela, correspondendo a 8,57 e 7,76%, respectivamente. Divergências nos resultados de rendimentos podem ser observadas devido ao tipo de variedade do

vegetal estudado, composição do solo e método utilizado para extração do amido (Andrade, Barbosa e Pereira, 2021).

6.3 CARACTERIZAÇÃO DO AI

6.3.1 Umidade

O teor de umidade encontrado para o AI (10,3%) estava de acordo com a legislação vigente, RDC nº 263 de 2005 (Brasil, 2005). O resultado corrobora com os valores encontrados por Silva *et al.* (2019) e Falade e Ayetigbo (2017), que determinaram, respectivamente, 13,46% e 14,87% de umidade no amido obtido da mesma variedade de inhame deste estudo. O teor de umidade dos componentes do revestimento é capaz de impactar na eficácia do revestimento em retardar a perda de perda de umidade dos alimentos recobertos por ele (Maia, Porte e Souza, 2000).

6.3.2 Cinzas

O AI apresentou baixo teor de cinzas (0,9%). Teores similares foram obtidos por Ronko *et al.* (2020), avaliando amido de mandioca, que correspondeu a 1,17%, e por Moreira *et al.* (2021), que avaliaram o teor de cinzas em amido de milho e encontraram 0,6%. É importante ressaltar que quanto menor este valor, maior a pureza do amido extraído.

6.3.3 Proteínas

O teor proteico obtido na amostra foi de 0,5%, corroborando com análises de determinação de proteínas em amido extraído de batata doce e mandioca, realizadas por Domingos *et al.* (2020), que detectaram valores menores que 0,3%. Silva *et al.* (2019) obtiveram resultados para esse parâmetro correspondendo a 0,8% na variedade *Dioscorea alata* e 0,7% na variedade *Dioscorea alata*, resultados estes próximos aos determinados no presente estudo.

6.3.4 lipídios

Um baixo teor de lipídios foi encontrado neste estudo (0,8%). Valor mais elevado foi obtido por Camargo *et al.* (2008), que relataram 5,3% de teor lipídico ao analisarem polvilho azedo. Em contrapartida, Ronko *et al.* (2020) não identificaram teor de lipídios considerável (resultados abaixo do limite de detecção) ao avaliar três variedades de amido de mandioca (pioneira, fécula branca e industrial).

6.4 CARACTERIZAÇÃO DOS FILMES COMESTÍVEIS

Os resultados dos testes preliminares com a avaliação subjetiva dos revestimentos são apresentados na Tabela 7.

Tabela 7 - Resultados dos testes preliminares com avaliação subjetiva dos revestimentos comestíveis desenvolvidos.

Formulação	Continuidade	Homogeneidade	Manuseabilidade	Impressão Geral
FA		♦♦		Não formou filme.
FB	♦♦	•		Filme pegajoso, presença de partículas e frágil.
FC	•••	•••	♦♦	Filme pegajoso, homogêneo e com risco de rupturas.
FD	♦♦	•••	•••	Filme sem presença de partículas, claro, homogêneo e manuseio sem rupturas.
FE		♦♦		Não formou filme.
FF	•••	♦♦	♦♦	Filme com áreas opacas, escuro e quebradiço.
FG	•••	•••	•••	Filme flexível, homogêneo, claro e manuseio sem rupturas.
FH	♦♦	•••	•••	Filme flexível, homogêneo, claro e manuseio sem rupturas.

••• Excelente, ♦♦ boa, • deficiente (Arquelau, 2018).

Como é possível analisar na Tabela 7, as soluções contendo FCA e glicerol sem a presença de amido de inhame (Formulações FA e FE) não foram capazes de formar filmes. A partir do aumento da adição de amido, mais especificamente nas proporções de 75% e 100%, respectivamente nas formulações dos filmes FC, FD, FG e FH, foi possível notar uma melhora na homogeneidade da cobertura.

Em termos de manuseabilidade, os filmes oriundos das formulações FB, FC e FF podem ser classificados como defeituosos, uma vez que romperam facilmente ou apresentaram-se quebradiços. Esse comportamento poderia ser explicado devido à menor quantidade de FCA em comparação com a quantidade de amido de inhame. Já os filmes correspondentes às formulações FD, FG e FH apresentaram uma boa flexibilidade e tiveram um manuseio sem riscos de ruptura.

De uma maneira geral, o filme obtido a partir da formulação FG (Figura 10) demonstrou as melhores características sensoriais de continuidade, homogeneidade e manuseabilidade, tendo como principais atributos a flexibilidade, aspecto brilhante e fácil descolamento do suporte, sem rompimento durante a manipulação. Desta forma, ficou estabelecido como melhores condições de formulação de filme comestível desenvolvido a partir de FCA e AI o seguinte: 4 g de FCA; adição de 75% (p/p) de AI em relação à FCA; aquecimento a 80 °C/15 min nas duas etapas de aquecimento; adição de 1% de glicerina (p/p) em relação à FCA; filtração em gaze Cicatrisan® e volume de 40 mL da solução filmogênica para emplacamento.

Figura 10 - Revestimento correspondente à formulação FG.



Fonte: Própria autora, 2024.

A partir destes resultados, a formulação FG, selecionada como melhor revestimento com base nas características sensoriais subjetivas, foi caracterizada apresentando os resultados discutidos a seguir.

6.4.1 Espessura

A espessura do revestimento FG igual a 0,15 mm, valor similar aos achados de Dantas (2023), que encontrou uma variação entre 0,1452 mm e 0,1806 mm em filmes obtidos através diferentes proporções de quitosana e fécula de mandioca, e superior

aos resultados relatados por Rocha (2023), que ao avaliar filmes contendo diferentes concentrações de amido, alginato e timol obtiveram espessura de 0,04 a 0,116 mm.

De acordo com Arquélau (2018), a espessura de filmes pode variar de acordo com a concentração das matérias-primas utilizadas no desenvolvimento do revestimento comestível, visto que, filmes mais espessos possuem em sua composição soluções mais viscosas.

É válido ressaltar que a presença do amido no revestimento influenciou no maior valor de espessura, quando comparado a filmes sem adição de amido. Segundo Silva (2020), tanto o teor de sólidos quanto as interações das cadeias entre amido e glicerol são capazes de impactar no aumento da gramatura do filme.

6.4.2 Análise de umidade

O teor de umidade encontrado no revestimento FG foi de 11%, valor menor que os obtidos por Iahnke (2015), que encontrou teor de umidade igual a 19% em filmes biodegradáveis contendo farinha do resíduo de cenoura e beterraba minimamente processadas e por Crizel (2017), que ao avaliar filmes de quitosana com fibras de resíduos de mirtilo obteve 22% de teor de umidade.

O baixo teor de umidade da FCA (4,69%) e do AI (10,3%) possivelmente influenciaram diretamente nesta umidade reduzida observada no revestimento FG, visto que o resultado para esse parâmetro é influenciado pelas características dos ingredientes utilizados na formulação de um revestimento. Esta é uma propriedade física de grande relevância, uma vez que pode facilitar o crescimento microbiano, bem como influenciar as propriedades de barreira do alimento a ser revestido.

6.4.3 Propriedades colorimétricas e opacidade

Os parâmetros de cor instrumental do revestimento comestível FG em fundo branco e fundo preto encontram-se descritos na Tabela 8.

Tabela 8 - Cor instrumental apresentada pelo revestimento FG.

Parâmetros	Fundo branco	Fundo preto
Luminosidade (L*)	83,68	37,92
a*	-1,71	-1,06
b*	21,13	6,88

O revestimento apresentou tonalidade clara ($L^* = 83,68$). Como pode ser observado na Tabela 8, a formulação avaliada apresentou valor que tende para a cor verde claro ($a^* = -1,71$), visto que quanto menor o valor da coordenada a^* , mais verde é a amostra. A coordenada b^* (21,13) indicou tonalidade amarelo claro; valores positivos de b^* indicam coloração mais amarelada na amostra. Desta forma, o revestimento apresentou tonalidade verde-amarelada, possível de notar na figura 8.

Ao avaliar a coloração de filmes contendo farinha de casca de batata, Xie *et al.* (2020) encontraram valores de luminosidade menores aos valores determinados no presente estudo ($L^* = 34,47$), além de coloração avermelhada ($a^* = 1,53$) e menos amarelada ($b^* = 11,22$). Já Miller *et al.* (2021), ao analisarem revestimentos produzidos com sorbitol, obtiveram uma coloração clara ($L^* = 78$), levemente avermelhada ($a^* = 5$) e tonalidade amarelo claro ($b^* = 23$).

A opacidade dos revestimentos comestíveis pode ser influenciada pelos materiais utilizados em sua formulação, tais como biopolímeros, e também por aditivos como plastificantes, influenciando na capacidade do revestimento de bloquear a passagem de luz, evitando assim, reações indesejáveis no fruto revestido, a exemplo da oxidação (Almeida-Neto *et al.*, 2021).

O percentual de opacidade de revestimentos comestíveis influencia diretamente na aceitação do alimento que será revestido, sendo considerada uma propriedade crítica, pois quanto menor o valor de opacidade, mais transparente será o revestimento (Silva, A., 2020). A opacidade encontrada neste estudo para a formulação FG foi de 45%, valor maior que o encontrado por Nordin *et al.* (2020), que obtiveram 14,19% para uma cobertura formulada com amido e glicerol.

A influência da adição de amido em revestimentos tem ganhado destaque em pesquisas científicas e diversos autores têm identificado um aumento da opacidade, à medida que fontes de polissacarídeos são adicionadas nas formulações (González *et al.*, 2019; Silva *et al.*, 2020). Revestimentos com maior teor de opacidade podem

proporcionar benefícios aos alimentos, como uma maior proteção à ação da luz, reduzindo a incidência de oxidação lipídica, perda de nutrientes e a deterioração do alimento (Rodrigues *et al.*, 2021; Narasagoudr *et al.*, 2020; Menzel, 2020). Neste estudo, vimos que a adição do amido de inhame possivelmente possibilitou o maior valor de opacidade detectado na formulação FG, o que pode proporcionar os benefícios supracitados para alimentos que venham a ser revestidos por essa formulação.

6.4.4 Solubilidade em água

O revestimento apresentou alto índice de solubilidade em água (97,21%); valores próximos foram encontrados por Garrido *et al.* (2021), que ao avaliarem um revestimento composto por argila, gelatina e glicerol, obtiveram um valor de 95% de solubilidade em água.

Lahnke (2015) ao avaliar revestimentos contendo farinha de resíduos de cenoura e beterraba, encontrou, respectivamente, 32,34% e 39,58% de solubilidade em água. O autor destaca que a natureza hidrofílica do glicerol resulta em níveis mais elevados de propriedades relacionadas à água nos revestimentos, uma vez que existe uma maior facilidade no transporte e interação das moléculas de água com a matriz polimérica.

É possível ressaltar que as características de solubilidade da FCA podem estar associadas à solubilidade do revestimento, uma vez que a farinha apresentou alto índice de solubilidade, quando comparada a outras farinhas também derivadas de resíduos.

6.4.5 Propriedades mecânicas

De acordo com Tafa *et al.* (2023), a resistência à tração é capaz de determinar a capacidade de um filme em resistir a forças externas sem que ocorram danos à sua composição, como quebras ou rupturas.

O filme FG (com 4 g de FCA e 3 g de Al) apresentou um valor de 27,77 MPa, achado este que foi superior ao obtido por Tafa *et al.* (2023). Estes autores ao avaliarem as propriedades mecânicas de filmes comestíveis contendo diferentes

proporções de amido (3 a 5 g) presente em grãos de tef, e adicionados de ágar e glicerol, e obtiveram resultados que variaram entre 17,97 e 24,25 MPa.

Valores mais baixos de resistência à tração também foram relatados por Luz *et al.* (2023), que analisaram filme comestível contendo isolado de amido de frutos de *S. lycocarpum* (2 g), adicionado de extrato fenólico de casca de jabuticaba e glicerol e encontraram valor igual 16,3 MPa. Tais resultados indicam que o amido extraído do inhame é mais resistente ao rompimento.

O revestimento também apresentou maior percentual de alongamento na ruptura (20%), quando comparado a outros filmes contendo base biológica, como é o caso dos resultados encontrados por Tafa *et al.* (2023) (1,21 a 2,03%) avaliando o alongamento na ruptura de filmes oriundos de amido, ágar e glicerol e por Boeira *et al.* (2022) (4,21% e 4,36%), que avaliaram filmes à base de gelatina, amido de milho e glicerol, contendo 15 e 25% de extrato de estigma de milho.

Através do alongamento na ruptura, é possível avaliar o comportamento plástico e a elasticidade de filmes. A junção do glicerol, Al e os compostos fenólicos presentes na FCA pode explicar a alta mobilidade do filme através da redução de forças intermoleculares entre as cadeias poliméricas vizinhas, além de aumentar a flexibilidade do revestimento (Luz *et al.*, 2023).

O módulo elástico de um filme é muito utilizado para uma precisa caracterização, através dele é possível avaliar a firmeza deste material. O módulo elástico encontrado para o filme FG foi de 1,38 MPa, resultado que difere do encontrado por Pimiento *et al.* (2023), que ao avaliar filme comestível contendo 0,8% de glicerol, 3% de amido de mandioca e diferentes proporções de suco de pera (verde, madura e muito madura), obtiveram valores que variaram entre 0,45 e 2,61 MPa.

Tafa *et al.* (2023) apontam efeitos positivos no módulo de elasticidade quando ocorre a adição de ágar no desenvolvimento de revestimentos. Os autores relatam que verificaram maiores valores deste parâmetro quando o teor de glicerol foi reduzido, justificando seus resultados (17,58 a 108,69 MPa) e ressaltando que o glicerol torna o filme mais seco e assim, reduz interações intermoleculares entre cadeias de polissacarídeos.

6.4.6 Conteúdo total de compostos fenólicos e atividade antioxidante

O teor de compostos fenólicos encontrado no revestimento FG foi de $278,68 \pm 0,45$ mg EAG/g (Tabela 9). Este resultado foi superior ao obtido na análise da mesma formulação do revestimento, excluindo-se a adição de farinha de casca de abacaxi, correspondendo a $85,60 \pm 0,56$ mg EAG/g. Tal valor pode ser explicado pela presença de compostos fenólicos em altas quantidades na FCA ($320,34 \pm 0,62$ mg EAG/g).

Dalfolo (2022), ao avaliar um revestimento contendo 60 e 80% do extrato de bagaço de oliva, encontrou um teor de fenólicos totais igual a 0,14 mg EAG/g e 0,176 mg EAG/g, respectivamente. Estes resultados foram menores que os detectados no filme FG. Os dados encontrados neste estudo diferem dos resultados relatados por Oliveira-Filho (2022), que ao analisar um revestimento contendo alginato de sódio e polpa de mangaba em diferentes proporções (10, 20 e 40%) encontrou valores de compostos fenólicos totais que variaram de 0,186 a 0,224 mg EAG/g. Evidenciando um maior teor de fenólicos totais presentes em resíduos de frutos.

Vale destacar que a presença destes compostos também contribui para a atividade antioxidante de revestimentos, uma vez que atuam tanto na inibição quanto no retardo de reações de oxidação (Silva *et al.*, 2021). De fato, embora o revestimento FG não tenha apresentado valores significativos para a análise de atividade antioxidante a partir do método ABTS, a capacidade de inibição de radicais livres a partir do método DPPH foi de 28,85%, demonstrando uma boa atividade antioxidante desta formulação.

Tabela 9 - Atividade antioxidante e dosagem de compostos fenólicos.

	DPPH (%)	ABTS (%)	Comp. Fenólicos mg EAG/g
Revestimento FG	$28,85 \pm 0,27$	-	$278,68 \pm 0,45$
Revestimento FC*	nd	-	$85,60 \pm 0,56$

*Revestimento sem a adição de farinha da casca de abacaxi.

** Teores de fenóis totais mgEAG/g extrato.

Luz *et al.* (2023) ao investigar a atividade antioxidante em filmes produzidos com diferentes proporções de amido de *Solanum lycocarpum* e extrato metanólico de casca de jabuticaba, encontraram percentuais de DPPH que variaram entre 10,12 e 86,93%, à medida em que houve aumento na concentração do extrato. Ainda de acordo com os autores, o aumento da atividade antioxidante está relacionado ao teor

de compostos fenólicos presentes no extrato, o que evidencia os achados no presente estudo, no qual, ao comparar revestimento FG (FCA - Al) e revestimento FC (controle, sem adição de FCA), foi possível notar a presença de atividade antioxidante na formulação contendo a FCA.

6.5 EFEITO DO REVESTIMENTO COMESTÍVEL (FG) SOBRE OS PARÂMETROS MICROBIOLÓGICOS E FÍSICO-QUÍMICOS DAS ACEROLAS DURANTE ARMAZENAMENTO SOB TEMPERATURA AMBIENTE E DE REFRIGERAÇÃO

6.5.1 Avaliação microbiológica

Os resultados das análises microbiológicas das acerolas revestidas e armazenadas em temperatura ambiente ($25 \pm 0,5$ °C) e sob refrigeração ($5 \pm 0,5$ °C) estão expressos, respectivamente, nas Tabelas 10 e 11. Todos os parâmetros microbiológicos analisados nos frutos de acerola revestidos com FG atenderam à Instrução Normativa (IN) nº 161, de 1 de julho de 2022 que complementa a RDC nº 724, de 1 de julho de 2022 até o 4º dia de armazenamento a $25 \pm 0,5$ °C e até o 8º dia de armazenamento a $5 \pm 0,5$ °C. A partir do 6º e 10º dia, quando as acerolas revestidas estavam armazenadas, respectivamente, sob temperatura ambiente e refrigeração, algum ou ambos os parâmetros microbiológicos preconizados para avaliação de qualidade estavam acima do limite máximo permitido pelas legislações vigentes supracitadas. Esses resultados revelaram que a vida de prateleira das acerolas, considerando a qualidade microbiológica, quando revestidas com FG seria até 4 dias em temperatura ambiente ($25 \pm 0,5$ °C) e até 8 dias sob refrigeração ($5 \pm 0,5$ °C).

Tabela 10 - Resultado da avaliação microbiológica de acerolas revestidas com FG durante armazenamento sob temperatura ambiente ($25 \pm 0,5$ °C).

Grupo microbiano	Tratamentos	Tempo (Dias)			Padrões Microbiológicos*
		0	2	4	
<i>E. coli.</i>	T1	Aus	Aus	Aus	5×10^3 UFC/g
	T2	Aus	Aus	Aus	
	T3	Aus	Aus	Aus	
<i>Salmonella spp.</i>	T1	Aus	Aus	Aus	Aus
	T2	Aus	Aus	Aus	
	T3	Aus	Aus	Aus	

Tratamentos: T1 - controle negativo (frutos sem revestimento); T2 - controle positivo (frutos revestidos com glicerol a 1%) e T3 – frutos revestidos com FG.

*Instrução Normativa (IN) nº 161, de 1º de julho de 2022.

Tabela 11 - Resultado da avaliação microbiológica de acerolas revestidas com FG durante armazenamento sob temperatura de refrigeração ($5 \pm 0,5$ °C).

Grupo microbiano	Tratamentos	Tempo (Dias)					Padrões Microbiológicos*
		0	2	4	6	8	
<i>E. coli</i>	T1	Aus	Aus	Aus	Aus	Aus	5×10^3 UFC/g
	T2	Aus	Aus	Aus	Aus	Aus	
	T3	Aus	Aus	Aus	Aus	Aus	
<i>Salmonella spp.</i>	T1	Aus	Aus	Aus	Aus	Aus	Aus
	T2	Aus	Aus	Aus	Aus	Aus	
	T3	Aus	Aus	Aus	Aus	Aus	

Tratamentos: T1 - controle negativo (frutos sem revestimento); T2 - controle positivo (frutos revestidos com glicerol a 1%) e T3 – frutos revestidos com FG.

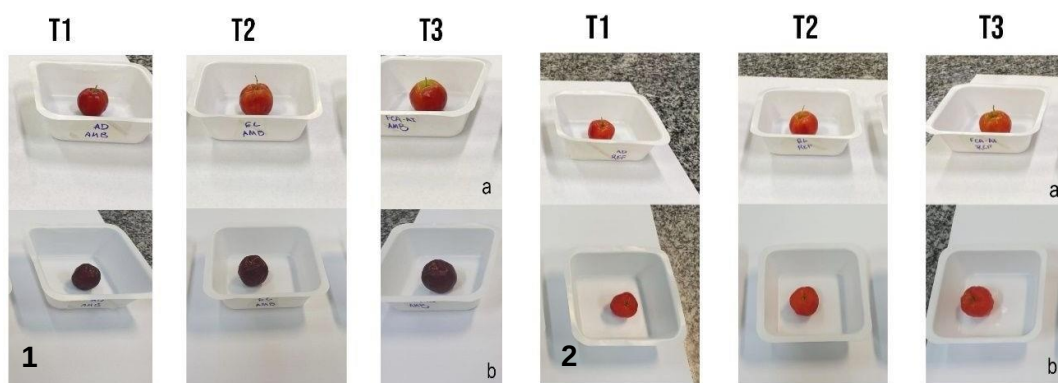
*Instrução Normativa (IN) nº 161, de 1º de julho de 2022.

6.5.2 Perda de peso

Frutas cítricas comumente apresentam um revestimento natural que é perdido durante o processo de higienização. O revestimento atua como barreira contra a perda de água do fruto, causada por sua transpiração e respiração, o que impacta de forma positiva na perda de peso (Oliveira *et al.*, 2022).

Observando a Figura 11 é possível notar que entre os três tratamentos ocorreram perdas de peso ao longo do período de armazenamento, seja em temperatura ambiente ou sob refrigeração. As acerolas acondicionadas em temperatura ambiente apresentaram diferença significativa para a perda de peso entre os tratamentos (Figura 12) ($p < 0,05$). No 2º dia de avaliação, os menores percentuais de perda de peso ($p < 0,05$) foram observados para as acerolas revestidas, seja com glicerol – 1% (T2, 5,7%) ou com FG (T3, 2,3%), quando comparadas ao controle (T1, 10%). Da mesma forma, após o 4º dia de armazenamento em temperatura ambiente o maior percentual de perda de peso ($p < 0,05$) foi observado para o controle (T1, 20%), seguido de T2 (11,5%), sendo que quando a acerola foi revestida com FG (T3) ela apresentou o menor percentual de perda de peso comparada aos demais tratamento (5,12%).

Figura 11 - Efeito do revestimento comestível FG sobre a perda de peso e cor instrumental das acerolas armazenadas em temperatura ambiente ($25 \pm 0,5$ °C), nos tempos 0 (A) e 4 (B) dias de armazenamento (Foto 1) e em temperatura de refrigeração ($5 \pm 0,5$ °C), nos tempos 0 (A) e 8 (B) dias de armazenamento (Foto 2).



Fonte: Própria autora, 2024.

Com relação às acerolas acondicionadas sob temperatura de refrigeração, houve diferença significativa ($p < 0,05$) entre todos os tratamentos (Figura 13). Os frutos que receberam o revestimento FG também apresentaram uma menor perda de peso em comparação aos demais tratamentos ao longo do armazenamento. Maiores perdas foram registradas no 8º dia de armazenamento ($p < 0,05$), principalmente para

o tratamento controle – T1 (10,2%), seguido do tratamento T2 (6%), com menores perdas de peso ($p < 0,05$) observadas no tratamento T3 (4,8%).

Tomaz *et al.* (2021) encontraram resultados diferentes aos obtidos neste estudo, ao avaliarem revestimento comestível composto por amido de mandioca em diferentes teores na conservação pós-colheita de mamão, sendo observado que revestimentos com concentrações de amido maiores que 4% não foram eficientes para evitar a perda de peso dos frutos, que variaram de 6 a 18%, impactando negativamente no amadurecimento dos frutos. Os autores apontam que a perda de peso maior que 5% em frutos é suficiente para desvalorizar a qualidade do alimento.

Figura 12 - Perda de peso das acerolas armazenadas em temperatura ambiente ($25 \pm 0,5 \text{ }^{\circ}\text{C}$).

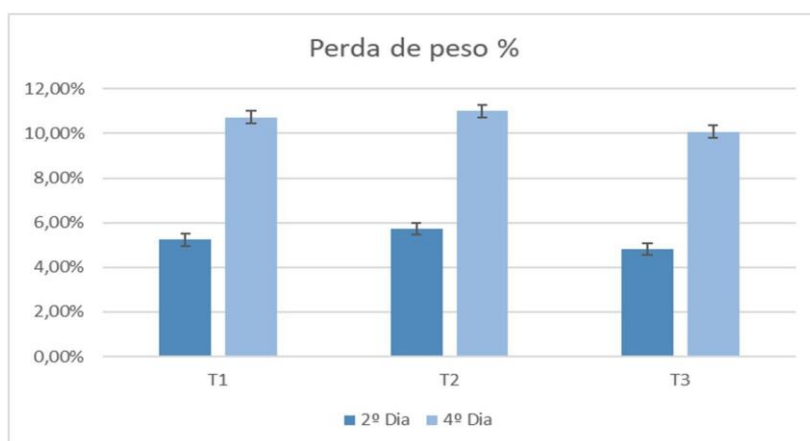
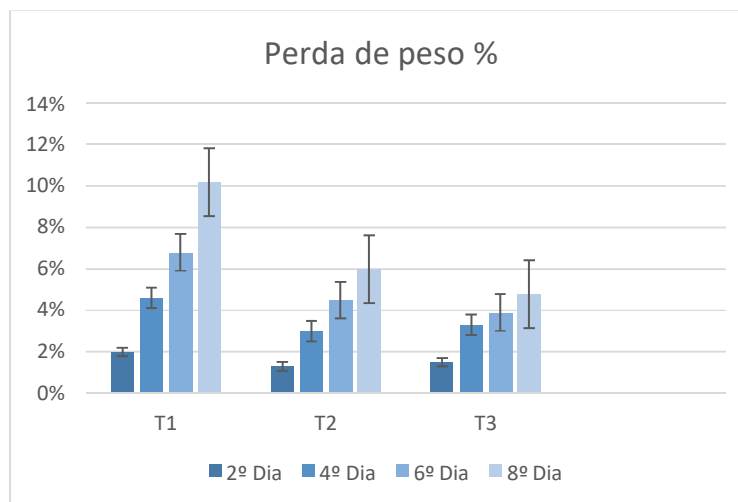


Figura 13 - Perda de peso das acerolas armazenadas em temperatura de refrigeração ($5 \pm 0,5$ °C).



Em um estudo realizado por Turquett *et al.* (2021), no qual os autores avaliaram o efeito de revestimentos feitos a partir de quitosana, farelo de arroz e fécula de mandioca na vida útil de morangos acondicionados sob temperatura resfriada, foi possível observar que os frutos tiveram perda de peso acima do limite aceitável para morangos, que é de 6% a partir do 4º dia de avaliação.

6.5.3 Cor instrumental

A cor do fruto é um importante parâmetro sensorial quando se trata da avaliação de sua vida útil e possui relação com o pigmento de concentração que no caso da acerola, é formado por antocianinas e carotenoides (Silva, 2023).

Os resultados da análise de cor instrumental dos frutos acondicionados em temperatura ambiente e em refrigeração encontram-se na Tabela 12 e 13, respectivamente. Com relação aos frutos armazenados em temperatura ambiente, verificou-se que para o parâmetro de cor L^* , que indica a luminosidade do fruto, houve redução ao longo dos 4 dias de armazenamento para os tratamentos T1 e T2 ($p < 0,05$). Em contrapartida, quando o fruto foi revestido com FG, a luminosidade foi mantida ao longo do armazenamento ($p \geq 0,05$), indicando proteção desse parâmetro pelo revestimento desenvolvido com FCA e AI, de modo que após 4 dias foi o tratamento com maior luminosidade quando comparado a T1 e T2 ($p < 0,05$).

Com relação aos frutos refrigerados, embora tenha se observado redução da luminosidade ao longo do armazenamento para todos os tratamentos ($p < 0,05$), após 8 dias o valor de L foi maior para T3 ($p < 0,05$), inferindo mais uma vez que o revestimento FG foi eficiente na proteção da luminosidade dos frutos de acerola, quando comparado aos demais tratamentos. Esses achados corroboram com os resultados de Coelho (2021), que reforçou que frutos revestidos com ingredientes biodegradáveis apresentam melhoria da aparência, apresentando cor mais atrativa e maior brilho. Resultado similar foi encontrado por Anjum *et al.* (2020), que observaram redução no escurecimento pós-colheita de goiabas revestidas por goma arábica, gel de Aloe vera e extrato de alho e gengibre.

O índice a^* que está associado ao acúmulo de pigmentos não diferiu significativamente ($p \geq 0,05$) entre os tratamentos, independente da temperatura de armazenamento. Porém, foi observado redução desse parâmetro nos frutos de acerola ao longo do armazenamento em temperatura ambiente para todos os tratamentos ($p < 0,05$). Da mesma forma, quando os frutos de acerola foram armazenados em temperatura de refrigeração também foi observada redução da cor a^* ($p < 0,05$). Todavia, o revestimento FG protegeu mais esse parâmetro de cor durante o armazenamento, considerando que T3 apresentou maiores valores de a^* em comparação com T1 e T2 ($p < 0,05$), após 8 dias de armazenamento refrigerado.

Também foi observada redução da cor b^* ($p < 0,05$) para as acerolas armazenadas tanto em temperatura ambiente, como sob temperatura de refrigeração, sendo que as reduções foram menores ($p < 0,05$) quando os frutos de acerola foram revestidos com FG (T3), demonstrando mais uma vez o potencial deste revestimento em proteger os parâmetros de cor de acerolas. Ao final do armazenamento, tanto em temperatura ambiente como em temperatura de refrigeração, os frutos de acerola apresentaram predominância da cor vermelha sobre a amarela, principalmente os frutos revestidos com FG, característica importante do ponto de vista sensorial, em que se espera que acerolas estejam vermelhas até o final do armazenamento. Possivelmente os maiores valores de compostos fenólicos totais e da atividade antioxidante detectados em FG contribuíram para uma maior proteção de processos de oxidação dos pigmentos presentes nos frutos de acerola, contribuindo para uma maior preservação de sua cor ao longo do armazenamento.

Turquett *et al.* (2021) relatam que a desidratação superficial em frutos também pode ter ligação com as alterações de cor ao longo do período pós-colheita, o que

pode ser constatado neste estudo, uma vez que as acerolas do grupo controle negativo (sem revestimento) no qual foi observada maior variação de cor nos valores de L, a* e b*, também apresentaram maior perda de peso.

Tabela 12 - Efeito do revestimento FG sobre a cor instrumental de acerolas armazenadas em temperatura ambiente ($25 \pm 0,5$ °C).

Tratamentos	Dias de armazenamento		
	0	2	4
L*			
T1	26,63 $\pm$ 4,72 ^{Aa}	24,22 $\pm$ 2,29 ^{Aa}	18,21 $\pm$ 1,33 ^{Bb}
T2	31,87 $\pm$ 2,08 ^{Aa}	23,15 $\pm$ 4,04 ^{Ba}	17,53 $\pm$ 1,98 ^{Bb}
T3	30,59 $\pm$ 3,60 ^{Aa}	27,48 $\pm$ 0,75 ^{Aa}	27,76 $\pm$ 2,96 ^{Aa}
a*			
T1	34,60 $\pm$ 2,81 ^{Aa}	30,05 $\pm$ 3,02 ^{Aa}	21,36 $\pm$ 1,72 ^{Ba}
T2	36,79 $\pm$ 0,97 ^{Aa}	27,64 $\pm$ 3,82 ^{Ba}	21,72 $\pm$ 0,76 ^{Ca}
T3	36,91 $\pm$ 1,47 ^{Aa}	25,93 $\pm$ 1,55 ^{Ba}	19,39 $\pm$ 1,62 ^{Ca}
b*			
T1	11,95 $\pm$ 1,56 ^{Ab}	8,87 $\pm$ 0,72 ^{Ba}	5,06 $\pm$ 0,16 ^{Ca}
T2	14,79 $\pm$ 1,33 ^{Aab}	8,46 $\pm$ 1,43 ^{Ba}	5,86 $\pm$ 0,65 ^{Ba}
T3	15,48 $\pm$ 0,86 ^{Aa}	8,03 $\pm$ 0,49 ^{Ba}	5,57 $\pm$ 0,34 ^{Ca}

Tratamentos: T1 - controle negativo (frutos sem revestimento); T2 - controle positivo (frutos revestidos com glicerol a 1%) e T3 – frutos revestidos com FG.

^{a-c} Médias e desvios-padrão seguidos por letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), entre os tratamentos. ^{A-C} Médias e desvios-padrão seguidos por letras maiúsculas diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), entre os tempos de armazenamento.

Tabela 13 - Efeito do revestimento FG sobre a cor instrumental de acerolas armazenadas em temperatura de refrigeração ($5 \pm 0,5$ °C).

Tratamentos	Dias de armazenamento				
	0	2	4	6	8
L*					
T1	31,04 $\pm$ 3,68 ^{Aa}	27,04 $\pm$ 3,49 ^{ABa}	21,56 $\pm$ 5,45 ^{ABa}	25,25 $\pm$ 2,91 ^{ABa}	17,79 $\pm$ 0,04 ^{Bb}
T2	30,26 $\pm$ 6,22 ^{Aa}	27,19 $\pm$ 3,88 ^{ABa}	19,70 $\pm$ 2,48 ^{ABa}	22,15 $\pm$ 2,12 ^{ABa}	19,23 $\pm$ 0,08 ^{Bb}
T3	32,03 $\pm$ 1,80 ^{Aa}	33,00 $\pm$ 3,48 ^{Aa}	25,89 $\pm$ 3,27 ^{ABa}	25,97 $\pm$ 3,04 ^{ABa}	22,10 $\pm$ 0,08 ^{Ba}
a*					
T1	34,71 $\pm$ 2,08 ^{Aa}	30,56 $\pm$ 2,99 ^{ABa}	23,43 $\pm$ 5,87 ^{Ba}	26,81 $\pm$ 3,26 ^{ABa}	18,25 $\pm$ 0,04 ^{Bb}
T2	34,34 $\pm$ 3,61 ^{Aa}	30,33 $\pm$ 1,52 ^{ABa}	25,18 $\pm$ 0,67 ^{Ba}	27,40 $\pm$ 2,68 ^{Ba}	18,53 $\pm$ 0,04 ^{Cb}
T3	29,27 $\pm$ 4,62 ^{Aa}	31,23 $\pm$ 2,53 ^{Aa}	30,23 $\pm$ 1,05 ^{Aa}	28,45 $\pm$ 2,06 ^{ABa}	21,21 $\pm$ 0,01 ^{Ba}
b*					
T1	13,90 $\pm$ 1,49 ^{Aa}	12,78 $\pm$ 0,32 ^{ABa}	9,96 $\pm$ 3,74 ^{ABa}	11,69 $\pm$ 1,69 ^{ABa}	7,72 $\pm$ 0,05 ^{Bb}
T2	13,40 $\pm$ 2,64 ^{Aa}	11,95 $\pm$ 2,03 ^{ABa}	10,20 $\pm$ 1,09 ^{ABa}	11,55 $\pm$ 1,53 ^{ABa}	7,73 $\pm$ 0,04 ^{Bb}
T3	14,91 $\pm$ 0,56 ^{Aa}	15,11 $\pm$ 1,02 ^{Aa}	13,57 $\pm$ 0,91 ^{ABa}	12,13 $\pm$ 0,90 ^{BCa}	10,34 $\pm$ 0,03 ^{Ca}

Tratamentos: T1 - controle negativo (frutos sem revestimento); T2 - controle positivo (frutos revestidos com glicerol a 1%) e T3 – frutos revestidos com FG.

^{a-c} Médias e desvios-padrão seguidos por letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), entre os tratamentos. ^{A-C} Médias e desvios-padrão seguidos por letras maiúsculas diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), entre os tempos de armazenamento.

6.5.4 Análise de pH, acidez total titulável e sólidos solúveis

As alterações nos parâmetros físico-químicos das acerolas submetidas aos diferentes tratamentos de revestimento (T1, T2 e T3), armazenadas em temperatura ambiente e em refrigeração, estão descritas nas Tabelas 13 e 14, respectivamente.

Para a variável pH, não foi observada diferença significativa ($p \geq 0,05$) nem entre os tratamentos nem entre os tempos quando as acerolas foram armazenadas em temperatura ambiente (Tabela 14). Todos os grupos estavam de acordo com a legislação vigente, que destaca valor mínimo de pH igual a 2,80 para acerolas (BRASIL, 2018). Rodrigues *et al.* (2022) relataram em seu estudo com acerolas e goiabas revestidas com gelatina incolor, que o pH do grupo aumentou após 3 dias de armazenamento em temperatura ambiente. Resultados próximos (entre 3,15 e 3,40) aos encontrados neste estudo foram obtidos por Rocha *et al.* (2020), apesar de terem

observado redução dos valores de pH ao final do período de armazenamento de goiabas revestidas com cassava e amido de milho.

Com relação aos frutos armazenados em temperatura de refrigeração (Tabela 15), foi possível notar um aumento significativo ($p < 0,05$) do pH após 8 dias de armazenamento no grupo T2 (de $3,42 \pm 0,04$ para $3,61 \pm 0,02$) e manutenção do pH em T1 e T3 ($p \geq 0,05$), em comparação ao primeiro dia de armazenamento. Dados diferentes foram encontrados por Nogueira *et al.* (2021), que, ao avaliarem acerolas revestidas com quitosana e armazenadas sob refrigeração, apontaram que houve redução da variável ao final de 15 dias. É importante destacar que valores baixos de pH em acerolas são interessantes, pois indicam melhor conservação pós-colheita, permitindo um armazenamento mais longo à medida que limitam o desenvolvimento de microrganismos (Repolho *et al.*, 2019). Em nosso estudo as avaliações foram realizadas até o 8º dia de armazenamento refrigerado, considerando que após 10 dias os frutos apresentaram parâmetros microbiológicos acima do permitido pela legislação vigente para padrão de identidade e qualidade de acerolas (Brasil, 2022).

Com relação ao teor de acidez titulável (ATT), medida em % de ácido cítrico, os valores dos grupos refrigerados e não refrigerados oscilaram entre 1,27 e 2,04 /100 g ao longo do armazenamento. Com exceção do grupo controle (T1), houve manutenção dos valores de acidez ao longo do armazenamento em temperatura ambiente ($p \geq 0,05$). Ademais, não houve diferença estatística entre os diferentes tratamentos de revestimento ($p \geq 0,05$) quando as acerolas foram armazenadas a $25 \pm 0,5$ °C. Diferente ao observado neste estudo, Rodrigues *et al.* (2022) avaliando acerolas em temperatura ambiente, revestidas com óleo de girassol, fécula de mandioca e gelatina incolor, para as quais os autores observaram valores aumentados de acidez ao final de 7 dias de armazenamento.

Ao longo do armazenamento refrigerado, não houve mudança da ATT dos frutos de acerola armazenados em temperatura de refrigeração ($p \geq 0,05$). Todavia, observou-se que após 8 dias de armazenamento T3 tinha menor teor de acidez em ácido cítrico quando comparado a T1 e T3 ($p < 0,05$). Diferente do estudo em tela, Garcia *et al.* (2022), ao avaliar frutos de morango e mamão minimamente processados revestidos com solução filmogênica contendo 1 e 2% de polpa de acerola, notaram maior valor de ATT nos frutos revestidos quando comparado ao grupo sem revestimento.

O teor de sólidos solúveis é um considerável indicativo de amadurecimento em frutos, uma vez que está associado ao teor de doçura que aumenta ao longo do armazenamento, por consequência do acúmulo de açúcares (Razali, 2021). Neste estudo, o teor de sólidos solúveis totais (SST) se manteve ao longo do armazenamento em temperatura ambiente para T2 e T3 ($p \geq 0,05$) e reduziu em T1 ($p < 0,05$) a partir do 2º dia de armazenamento. Já quando as acerolas submetidas aos mesmos tratamentos de revestimentos foram armazenadas em temperatura de refrigeração, observou-se manutenção do teor de SST em T2 ($p \geq 0,05$) e redução em T1 e T3 ($p < 0,05$). Estes resultados diferiram do estudo de Rodrigues *et al.* (2022), que relataram aumento do teor de SST de acerolas revestidas com gelatina incolor (alcançando 9,53 °Brix) e óleo de girassol (alcançando 6,53 °Brix) após o 3º dia de acondicionamento em temperatura ambiente.

Neste estudo não houve influência do tipo de revestimento no teor de SST em nenhum dos dias de armazenamento refrigerado ($p \geq 0,05$). Ao contrário, Rocha (2020) avaliando tomates revestidos com filmes a base de óleo de coco babaçu e fécula de mandioca relatam menores médias de SST neste grupo quando comparado ao grupo controle (sem revestimento). Da mesma forma, Carvalho *et al.* (2022) também detectaram menores valores de SST em tomates revestidos com fécula de mandioca 5% e glicerol.

De acordo com Sapelli *et al.* (2020), revestimentos são capazes de retardar modificações no pH, acidez titulável e SST em frutos, pelo desaceleramento da maturação e, conseqüentemente, sua senescência, e estaria associado à semipermeabilidade que o revestimento proporciona ao fruto, com modificação da atmosfera devido à alteração da concentração de O_2 e CO_2 . No estudo em tela, foi visto que quando as acerolas foram revestidas (T2 ou T3) as alterações ao longo do armazenamento, seja em temperatura ambiente ou refrigerada, tenderam a serem menores ou retardaram, sem mudanças significativas ao longo da vida de prateleira para a maioria dos parâmetros de qualidade estudados, demonstrando o potencial de revestimentos para o controle pós-colheita de acerolas.

Tabela 14 - Características físico-químicas de acerolas revestidas com FG armazenadas em temperatura ambiente ($25 \pm 0,5$ °C).

Tratamentos	Dias de armazenamento		
	0	2	4
pH			
T1	$3,44 \pm 0,01^{ABa}$	$3,35 \pm 0,04^{Ba}$	$3,56 \pm 0,06^{Aa}$
T2	$3,43 \pm 0,04^{Aa}$	$3,37 \pm 0,02^{Aa}$	$3,47 \pm 0,11^{Aa}$
T3	$3,44 \pm 0,01^{Aa}$	$3,27 \pm 0,02^{Aa}$	$3,42 \pm 0,16^{Aa}$
Acidez total titulável (% ácido cítrico)			
T1	$1,48 \pm 0,04^{Ba}$	$1,62 \pm 0,13^{Ba}$	$2,01 \pm 0,04^{Aa}$
T2	$1,40 \pm 0,28^{Aa}$	$1,55 \pm 0,23^{Aa}$	$1,68 \pm 0,21^{Aa}$
T3	$1,37 \pm 0,06^{Aa}$	$1,40 \pm 0,18^{Aa}$	$1,76 \pm 0,04^{Aa}$
Sólidos solúveis (%)			
T1	$11,95 \pm 0,92^{Aa}$	$9,65 \pm 0,21^{Ba}$	$9,20 \pm 0,00^{Ba}$
T2	$9,45 \pm 1,06^{Aa}$	$9,65 \pm 0,21^{Aa}$	$8,00 \pm 0,28^{Ab}$
T3	$10,15 \pm 0,50^{Aa}$	$9,35 \pm 0,21^{Aa}$	$8,85 \pm 0,07^{Aa}$

Tratamentos: T1 - controle negativo (frutos sem revestimento); T2 - controle positivo (frutos revestidos com glicerol a 1%) e T3 – frutos revestidos com FG.

^{a-c} Médias e desvios-padrão seguidos por letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), entre os tratamentos. ^{A-C} Médias e desvios-padrão seguidos por letras maiúsculas diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), entre os tempos de armazenamento.

Tabela 15 - Características físico-químicas de acerolas revestidas com FG armazenadas em temperatura de refrigeração ($5 \pm 0,5$ °C).

Tratamentos	Dias de armazenamento				
	0	2	4	6	8
pH					
T1	$3,43 \pm 0,01^{Aa}$	$3,51 \pm 0,01^{Aa}$	$3,38 \pm 0,11^{Aa}$	$3,49 \pm 0,04^{Aa}$	$3,41 \pm 0,08^{Aa}$
T2	$3,42 \pm 0,04^{Ba}$	$3,43 \pm 0,01^{Ba}$	$3,50 \pm 0,07^{ABa}$	$3,43 \pm 0,01^{Ba}$	$3,61 \pm 0,02^{Aa}$
T3	$3,43 \pm 0,01^{Aa}$	$3,49 \pm 0,07^{Aa}$	$3,47 \pm 0,05^{Aa}$	$3,52 \pm 0,06^{Aa}$	$3,56 \pm 0,09^{Aa}$
Acidez total titulável (% ácido cítrico)					
T1	$1,47 \pm 0,04^{Aa}$	$1,82 \pm 0,02^{Aa}$	$1,56 \pm 0,12^{Aa}$	$1,65 \pm 0,00^{Aa}$	$1,56 \pm 0,21^{Aa}$
T2	$1,39 \pm 0,27^{Aa}$	$1,27 \pm 0,09^{Ab}$	$1,72 \pm 0,09^{Aa}$	$1,74 \pm 0,04^{Aa}$	$1,53 \pm 0,09^{Aa}$
T3	$1,36 \pm 0,05^{CDa}$	$2,04 \pm 0,10^{Aa}$	$1,78 \pm 0,08^{ABa}$	$1,68 \pm 0,04^{BCa}$	$1,33 \pm 0,09^{Da}$
Sólidos solúveis (%)					
T1	$11,94 \pm 0,92^{Aa}$	$9,35 \pm 0,35^{Ba}$	$8,10 \pm 0,28^{Ba}$	$9,00 \pm 0,14^{Ba}$	$9,95 \pm 0,07^{Ba}$
T2	$9,44 \pm 1,06^{Aa}$	$9,55 \pm 0,35^{Aa}$	$9,50 \pm 0,56^{Aa}$	$9,15 \pm 0,35^{Aa}$	$9,70 \pm 0,28^{Aa}$
T3	$10,14 \pm 0,49^{Aa}$	$9,05 \pm 0,07^{ABa}$	$9,05 \pm 0,50^{ABa}$	$8,55 \pm 0,21^{Ba}$	$9,30 \pm 0,14^{Ba}$

Tratamentos: T1 - controle negativo (frutos sem revestimento); T2 - controle positivo (frutos revestidos com glicerol a 1%) e T3 – frutos revestidos com FG.

^{a-c} Médias e desvios-padrão seguidos por letras minúsculas diferentes na mesma coluna diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), entre os tratamentos. ^{A-D} Médias e desvios-padrão seguidos por letras maiúsculas diferentes na mesma linha diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$), entre os tempos de armazenamento.

7 CONCLUSÃO

A farinha da casca de abacaxi (FCA) bem como o amido de inhame (AI) demonstraram ser ingredientes promissores para serem utilizados no desenvolvimento de filmes comestíveis, devido à sua composição centesimal, destacando-se o alto teor de carboidratos e fibras, importantes na avaliação sensorial como flexibilidade e manuseabilidade, boas propriedades tecnológicas de retenção, solubilidade em água e coloração clara, além de elevado teor de compostos fenólicos e atividade antioxidante.

Diante dos resultados obtidos, foi observado que o revestimento FG apresentou excelente teor de umidade e tonalidade clara, além de excelente teor de fenólicos totais, características importantes na manutenção dos padrões de qualidade de acerolas revestidas. A FCA adicionada na formulação dos revestimentos promoveu aumento no teor de fenólicos e na atividade antioxidante *in vitro*, quando comparada à formulação sem adição da farinha.

A formulação G (FCA 4g + AI 3g) apresentou boas características mecânicas, essenciais para um revestimento comestível, além de baixo teor de umidade e elevado teor de solubilidade em água.

Com relação aos parâmetros microbiológicos avaliados ao longo do armazenamento, todos os frutos oriundos dos tratamentos controle positivo, negativo e revestimento teste, estavam de acordo com a legislação vigente.

Foi observado que o tratamento contendo FCA-AI promoveu redução na perda de peso dos frutos de acerola armazenados em temperatura ambiente e refrigerada, além de proporcionar a manutenção da coloração clara e brilhosa dos frutos e redução da atividade metabólica com consequente retardo no amadurecimento dos frutos.

Esses achados podem contribuir para o avanço de tecnologias sustentáveis que visem a redução de custos nas indústrias e o impacto ambiental gerado pelo descarte de resíduos agroalimentares, mediante o desenvolvimento de revestimentos comestíveis que incorporem farinha de casca de abacaxi associada ao amido de inhame.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA-NETO, M. A. *et al.* Formulação e aplicação de revestimentos à base de farinha de casca de banana na conservação pós-colheita dos frutos. **Research, Society and Development**, v. 10, n.10, 2021.
- ANDRADE, L. A.; BARBOSA, N. A. & PEREIRA, J. Rendimento e características dos amidos de inhame e de taro. **Avanços em ciência e tecnologia de alimentos** – Editora Científica Digital, v. 3. p. 236-243, 2021.
- AOAC – **Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists: Official Methods of Analysis of AOAC International**. 21^a Edição, AOAC, Washington DC. 2019.
- ARAÚJO, L. L. P. *et al.* Conservação pós-colheita de acerola com revestimentos comestíveis. **Revista PesquisAgro**, Mato Grosso, v. 7, n. 1, p. 44-56, janeiro-dezembro, 2023.
- ARQUELAU, P. B. F. **Desenvolvimento e caracterização de revestimentos comestíveis a partir de farinha de casca de banana (*Musa spp.*) prata (AAB)** (2018). Dissertação (Mestrado em Nutrição) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018.
- AQUINO, A. C. M. S. Farinha de resíduos de *Physalis peruviana*: propriedades tecnológicas e sua aplicação em muffins. In **6º Simpósio de Segurança Alimentar**, Gramado, RS, Brasil, 2018.
- BARROS, R. S. B. *et al.* Phytochemical analysis, nutritional profile and immunostimulatory activity of aqueous extract from *Malpighia emarginata* DC leaves, **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 23, 2020.
- BATISTA, D. *et al.* Revestimento de fécula de mandioca e óleo de cravo da índia no controle da antracnose e na manutenção da qualidade do mamão. **Embrapa Mandioca e Fruticultura**. Cruz das Almas, BA, 2022.
- BOEIRA, C. P. *et al.* Effect of corn stigma extract on physical and antioxidante properties of biodegradable and edible gelatin and corn starch films. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 208, p. 698-706. 2022.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução nº 263, de 22 de setembro de 2005**. Regulamento Técnico para produtos de cereais, amidos, farinhas e farelos. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 23 de setembro de 2005.
- BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Resolução nº54, de 12 de novembro de 2012. Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar**. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 19 de outubro de 2012.

BRASIL. **Instrução normativa nº 49, de 26 de setembro de 2018.** Estabelece os parâmetros analíticos de suco e de polpa de frutas. MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2018.

BRASIL. **Instrução normativa nº 161, de 01 de julho de 2022.** Estabelece os padrões microbiológicos dos alimentos. ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária, 2022.

CAETANO, A. C. S. *et al.* Evaluation of antioxidant activity of agro-industrial waste of acerola (*Malpighia emarginata* D.C.) fruit extracts. **Food Science and Technology**, v. 31, n. 3, p. 769-775, 2011.

CANEPELLE, E. *et al.* Influência dos métodos de secagem e preparo das amostras no processo de desidratação e reidratação do Abacaxi Pérola *Ananas comosus* L. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**. Francisco Beltrão, v. 14, n. 02, p. 3267-3283, 2020.

CARNEIRO, E. F. S. *et al.* Propriedades físicas de farinha mista de frutas. In: **Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia**, 2018, Maceió. Anais...Maceió. 2018.

CARVALHO, Ana Júlia de Brito. **Aproveitamento da casca da manga ‘palmer’ submetida a diferentes técnicas de secagem para elaboração de pão de forma.** 119f. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2021.

CARVALHO, F. M. *et al.* Pitanga and grumixama extracts: antioxidant and antimicrobial activities and incorporation into cellulosic films against *Staphylococcus aureus*. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 9, 2020.

CARVALHO, S. A. *et al.* Efeitos da aplicação de revestimentos biodegradáveis na conservação pós-colheita de tomate. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 9, 2022.

CAVALCANTE, M. D.; MAURO, M. A. Avaliação do pó da polpa de acerola obtido por secagem em leito de espuma. **PERSPECTIVA, Erechim**. v. 46, n. 6, Edição Especial - ITECALI, p. 7-16, 2022.

CEAGESP – Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo. **Abacaxi: Guia de identificação.** Disponível em: <<https://ceagesp.gov.br/hortiescolha/hortipedia/abacaxi-2/>>. Acesso em: 13 jan. 2024.

CHAKRABORTY, A. J. *et al.* Bromelain a Potential Bioactive Compound: A Comprehensive Overview from a Pharmacological Perspective. **Life**, v. 11, p. 317, 2021.

CHUAH, P. N. *et al.* Comparative conventional extraction methods of ethanolic extracts of *Clinacanthus nutans* leaves on antioxidant activity and toxicity. **British Food Journal**, v. 122, n. 10, p. 3139-3149. 2020.

CIOLIN, I. H. M. R. *et al.* Utilização de cobertura comestível em manga minimamente processada. **Avanços em Ciência e Tecnologia de Alimentos** - Volume 4. 2021.

COELHO, Paloma Bispo. **Aplicação de revestimentos biodegradáveis em manga ‘Tommy atkins’ com fins de conservação.** 2021. Dissertação (Mestrado em Dinâmicas de Desenvolvimento do Semiárido) - Universidade Federal do Vale do São Francisco. Juazeiro, 2021.

CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Boletim hortigranjeiro.** v. 6, n. 2, Brasília, fevereiro 2020.

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. A participação do abacaxi no desenvolvimento econômico nas regiões produtoras. Brasília: **Compêndio de estudos Conab.** v. 24, 2020.

CRIZEL, Tainara de Moraes. **Aproveitamento de resíduos da indústria alimentícia e nutracêutica no desenvolvimento de ingredientes ativos para aplicação em filmes biodegradáveis.** 2017. 211 f. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2017.

DALFOLO, A. de C. **Desenvolvimento e caracterização de biofilmes ativos com extrato de bagaço de oliva.** 2022. 64 f. Dissertação (Mestrado em ciência e tecnologia de alimentos) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2022.

DANTAS, Cleiton Ferreira. **Formulação e caracterização de filmes de quitosana-fécula de mandioca para recobrimento de frutas.** 2023. 63 f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Ciência e Tecnologia de alimentos) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), Caraúbas, RN, 2023.

DE BRUNO, A. *et al.* Effect of Edible Coating Enriched with Natural Antioxidant Extract and Bergamot Essential Oil on the Shelf Life of Strawberries. **Foods.** v.12 n.3, p.488, 2023.

DE MENEZES, A. M. *et al.* Qualidade pós-colheita de diferentes acessos de inhames coletados nos estados de Alagoas e Sergipe. **Nativa**, v. 10, n. 2, p. 170-176, 2022.

DE OLIVEIRA, J. E. M.; NICODEMO, D.; DE OLIVEIRA, F. F. Contribuição da polinização entomófila para a produção de frutos de aceroleira. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 45, n. 1, p. 56-65, 2015.

DIAS, P. G. I; SAJIWANIE, J. W. A & RATHNAYAKA, R. M. U. S. K. Chemical Composition, Physicochemical and Technological Properties of Selected Fruit Peels as a Potential Food Source, **International Journal of Fruit Science**, v. 20, p. 240-251, 2020.

DOMINGOS, G. D. *et al.* Extração e caracterização de amido de diferentes fontes vegetais: Uma alternativa para materiais biodegradáveis a base de amido. **Processos Químicos e Biotecnológicos** – v. 6: Editora Poisson - Belo Horizonte – MG, 2020.

DONMEZ, D.; PINHO, L.; PATEL, B.; DESAM, P.; CAMPANELLA, O. H. Characterization of starch–water interactions and their effects on two key functional properties: starch gelatinization and retrogradation. **Current Opinion in Food Science**, v. 39, p. 103–109, 2021.

EMATER. Entidade Autárquica de Assistência Técnica e Extensão Rural do Estado de Rondônia. **Agricultores familiares investem no cultivo de inhame em Rondônia**. Disponível em: <<https://rondonia.ro.gov.br/agricultores-familiares-investem-no-cultivo-de-inhame-em-rondonia/>> Acesso em: 13 de janeiro de 2024.

EMBRAPA. **Dinâmica da produção agropecuária e da paisagem natural no Brasil nas últimas décadas** / LANDAU, E. C. *et al.* – Brasília, DF: Embrapa, 2020.

EMBRAPA. **Instruções Técnicas da Embrapa Semiárido Petrolina. Colheita e armazenamento de acerola destinada ao consumo in natura**. Sérgio Tonetto de Freitas [et al.]. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2016.

FALADE, K. O.; AYETIGBO, O. E. Effects of tempering (annealing), acid hydrolysis, low-citric acid substitution on chemical and physicochemical properties of starches of four yam (*Dioscorea* spp.) cultivars. **Journal of Food Science and Technology**, v. 54, n. 6, p. 1455-1466. 2017.

FAO, **Food and Agriculture Organization of the United Nations**. Disponível em: <www.fao.org>. Acessado em: 20 de agosto de 2022.

FÉLIX JUNIOR, José Carlos. **Transplantadora de abacaxi: estudo de um sistema de transplântio**. 2022. 64 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia agrícola). Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas. CAMPINAS, São Paulo. 2022.

FERREIRA, B. M. R. *et al.* Produção de filmes biodegradáveis a partir de resíduos de frutas e vegetais: uma revisão atualizada. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 5, 2022.

FERREIRA, E. H. B. *et al.* Ação Mucolítica da Bromelina: uma revisão integrativa. **Research, Society and Development**, v. 10, n.13, 2021.

FERREIRA, I. C *et al.* Brazilian varieties of acerola (*Malpighia emarginata* DC) produced under tropical semi-arid conditions: Bioactive phenolic compounds, sugars, organic acids, and antioxidant capacity. **Journal Food Biochemistry**. v. 45, 2021.

FERREIRA, S. P. *et al.* Obtenção e caracterização da farinha de bagaço de malte. **Anais do Congresso On-line Brasileiro de Tecnologia de Cereais e Panificação. “Saudabilidade na indústria de cereais e panificação”**. Evento online. Universidade Federal de São João del-Rei, 2020.

FORTES, R. R. *et al.* Caracterização física e química de farinha de arroz, farinhas de cascas de abacaxi e banana e farinha de sementes de abóbora. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 9, e436997293, 2020.

FREITAS, E. F. M. *et al.* Efeito da maltodextrina no sumo da polpa de abacaxi 'Pérola' atomizado. **Revista de Ciências Agrárias**, v. 42, p. 275-282, 2019.

GARCIA, D. M. *et al.* Uso de revestimento comestível a base de resíduo de frutas adicionado de polpa de acerola para a conservação de frutas minimamente processadas. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 8, n. 1, p. 6301-6312, 2022.

GARRIDO, M. A. *et al.* Filmes biodegradáveis de gelatina incorporados com argila bentonita ionicamente modificada. **Revista Verde**, v. 16, n. 2, p. 182-188, 2021.

GHINEA, C.; LEAHU, A. Monitoring of fruit and vegetable waste composting process: relationship between microorganisms and physico-chemical parameters. **Processes**, v. 8, n. 3, p. 302, 2020.

GOL, N.; B, PATEL, P. R.; RAO, R. Improvement of quality and shelf-life of strawberries with edible coatings enriched with chitosan. **Postharvest Biology and Technology**. 2013.

GOMES, R. C. *et al.* Ação enzimática da bromelina e da actinidina na gelatina da Terrine de Frutas. **Braz. J. of Develop.**, Curitiba, v. 6, n. 11, p.93348-93352, 2020.

GONTARD, N. **Films et enrobages comestibles: étude et amelioration des propriétés filmogènes du gluten**. 1991, 174f. Tese (Doutorado em Bioquímica, biologia celular e molecular – Ciência de Alimentos), Université Montpellier II, Montpellier, 1991.

GONZÁLEZ, A.; BARRERA, G. N.; GALIMBERTI, P. I.; RIBOTTA, P. D.; IGARZABAL, C. I. A. Development of edible films prepared by soy protein and the galactomannan fraction extracted from *Gleditsia triacanthos* (*Fabaceae*) seed. **Food Hydrocolloids**, v. 97, p. 105227, 2019.

GORGONIO, C. M. S.; PUMAR, M. & MOTHÉ, C. G. FARINHA DE SEMENTE ABÓBORA: ELABORAÇÃO, CARACTERÍSTICAS FÍSICAS, FÍSICO-QUÍMICAS E QUÍMICAS. **Anais do I Simpósio Online Sulamericano de Tecnologia, Engenharia e Ciência de Alimentos**. Recife – Pe. 2022.

GUIMARÃES, M. C. *et al.* Edible coatings used for conservation of minimally processed vegetables: a review. **Research, Society and Development** v. 9, 2020.

HASSAN, B. *et al.* 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.

HIKISZ, P. & BERNASINSKA-SLOMCZEWSKA, J. Beneficial Properties of Bromelain. **Nutrients**. v. 13, n. 18, 2021.

HSIEH, C. *et al.* Structure, properties, and potential applications of waxy tapioca starches – A review, **Trends Food Sci Technol**. v. 83, p. 225-234, 2019.

IAHNKE, A. O. S. **Filmes biodegradáveis com propriedades funcionais produzidos a partir de resíduos industriais**. 2015. 124f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Instituto de Ciências e Tecnologia de Alimentos, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2015.

IBF. Instituto Brasileiro de Florestas 2020. **Acerola**. Disponível em: <https://www.ibflorestas.org.br/lista-de-especies-nativas/acerola>. Acesso em: 02 de jan. 2024.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2017. **Produção de acerola**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/acerola/br>. Acesso em: 29 de dez. 2023.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística 2019. **Sidra**. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/5457>. Acesso em: 07 de fev. 2023.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Ranking - Agricultura - Valor da produção (2021)**. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/pe>. Acesso em: 07 de fev. 2023.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção Agrícola Municipal**. 2018. Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/tabela/1612>. Acesso em: 04 de abril de 2023.

JACOBS, V. *et al.* Produção e caracterização de biofilmes de amido incorporados com polpa de acerola. **Revista Iberoamericana de Polímeros**, v. 21 n. 3, p. 107-119. 2020.

JUNIOR, A. S. B *et al.* Parâmetros físico-químicos como descritores de qualidade do abacaxi Pérola produzido em Salvaterra – Marajó/PA. **R. bras. Tecnol. Agroindustr., Francisco Beltrão**, v. 16, n. 1, p. 3788-3814, 2022.

LISBOA, A. M. G. *et al.* Revestimentos comestíveis na conservação pós-colheita da laranja 'Natal CNPMF 112'. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 44 n. 1, p. 329–342. 2023.

LU, M.; YUAN, B.; ZENG, M.; CHEN, J. Antioxidant capacity and major phenolic compounds of spices commonly consumed in China. **Food Research International**, v. 44, n. 2, 2011.

LUZ R. F. *et al.* Development of a Halochromic, Antimicrobial, and Antioxidant Starch-Based Film Containing Phenolic Extract from Jaboticaba Peel. **Foods**. v. 2, n. 12, p.653. 2023.

MAIA, L. H.; PORTE, H. & SOUZA, V. F. Filmes comestíveis: aspectos gerais, propriedades de barreira a umidade e oxigênio. **B. CEPPA**, Curitiba, v. 18, n. 1, p. 105-128, 2000.

MAGALHÃES, M. *et al.* Obtenção da farinha do resíduo do processamento de acerola e avaliação de compostos bioativos e nutritivos. **Research, Society and Development**. v. 10, n. 14, 2021.

MARCON, Lindsei Stefani Soares. **Elaboração e caracterização da farinha de cascas de poncã**. 2021. Trabalho de conclusão de curso (Tecnólogo em alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina – PR. 2021.

MARQUES, D. D. *et al.* Análises física e físico-química de duas cultivares de abacaxi do estado do Acre: Gigante-de-Tarauacá e Rio Branco. **Braz. J. of Develop.**, Curitiba, v. 6, n. 4, p.16665-16674, 2020.

MARTINS, L. N. S. B. *et al.* Análise pós-colheita de goiabas revestidas com fécula de mandioca e óleo essencial de canela. **Journal of Biotechnology and Biodiversity**, v. 9, n. 3, p. 261–268. 2021.

MELO, L. M. de, FERNANDES, L. N., SOARES, M. G., SCHMIDT, V. C. R., & LIMA, M. de. Perspectivas no aproveitamento de resíduos agroindustriais ricos em celulose para o desenvolvimento de biopolímeros comestíveis. **Revista Perspectiva**, v. 47, p. 117-132. 2023.

MELO, N. F. C. B. *et al.* Effects of fungal chitosan nanoparticles as eco-friendly edible coatings on the quality of postharvest table grapes. **Postharvest Biology and Technology**, v. 139, p. 56-66, 2018.

MELO, N. F. C. B. *et al.* Quality of postharvest strawberries: comparative effect of fungal chitosan gel, nanoparticles and gel enriched with edible nanoparticles coatings. **International Journal of Food Studies**, v. 9, n. 2, 2020.

MENZEL, C. *et al.* Improvement of starch films for food packaging through a three-principle approach: Antioxidants, cross-linking and reinforcement. **Carbohydrate Polymers**. v. 250, 2020.

MILLER, K.; SILCHER, C.; LINDNER, M.; SCHMID, M. Effects of glycerol and sorbitol on optical, mechanical, and gas barrier properties of potato peel-based films. **Packaging Technology and Science**, v. 34, n. 1, p. 11–23, 2021.

MORAES, L. A. *et al.* AVALIAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DA QUALIDADE DO MEL PROVENIENTE DA AGRICULTURA FAMILIARES DO DISTRITO DE CANTA GALO-RIO DAS OSTRAS-RJ. **Ciências Agrárias: o avanço da ciência no Brasil** – v. 2, p. 116-137, 2021.

MORAES, R. A. *et al.* Caracterização Química, física e tecnológica da farinha obtida a partir da casca de Buriti (*Mauritia flexuosa* L. f.). **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 5, n. 11, p. 23307-23322, 2019.

MOREIRA, D. B. *et al.* Determinação do teor de cinzas em alimentos e sua relação com a saúde. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**. São Paulo, v. 7.n. 10, 2021.

NARASAGOUDR, S. S.; *et al.* Ethyl vanillin incorporated chitosan/poly(vinyl alcohol) active films for food packaging applications. **Carbohydrate Polymers**. v. 236, 2020.

NOGUEIRA, Elizete S. Avaliação de biofilme de quitosana na conservação pós-colheita de frutos de acerola (*Malpighia emarginata* DC). **Ciência e Tecnologia do Pescado: Uma análise pluralista** – v. 2, p. 26-39. 2021.

NOGUEIRA, G. F. *et al*, Bioactive films of arrowroot starch and blackberry pulp: Physical, mechanical and barrier properties and stability to pH and sterilization, **Food Chemistry**, v. 275, p. 417– 425, 2019.

NORDIN, N.; OTHMAN, S. H.; RASHID, S. A.; BASHA, R. K. Effects of glycerol and thymol on physical, mechanical, and thermal properties of corn starch films. **Food Hydrocoll**, v. 106. 2020.

OLIVEIRA, A. R. *et al*. Isolation and characterization of yam (*Dioscorea alata* L.) starch from Brazil. **LWT- Food Science and Technology**, v. 149, 111843. 2021.

OLIVEIRA, C. D. *et al*. Alterações nas características físicas e bioquímicas de frutos de *Cordia superba* durante a maturação. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 10, e503101019203, 2021.

OLIVEIRA-FILHO, J. G. **Filmes comestíveis bioativos baseados em alginato, polpa de mangaba (*Hancornia speciosa*) e *Saccharomyces boulardii***. 2022. Dissertação (Mestrado em tecnologia de alimentos) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano. Rio Verde – GO. 2022.

OLIVEIRA, G. S. *et al*. AVALIAÇÃO DE COBERTURAS COMESTÍVEIS PARA CONSERVAÇÃO DE PIMENTA-BIQUINHO (*Capsicum chinense* JACQ.). **Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS)**, v. 8, n. 4, p. 19-29, 2018.

OLIVEIRA, K. T. E. F. **Recobrimento comestível a base de hidroxipropilmetilcelulose e cera de abelha na conservação pós-colheita de caju**. 2020. Dissertação. (Mestrado em agronomia) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, 2020.

OLIVEIRA, Lorena Carolina da Silva. Avaliação físico-química do abacate com uso de revestimento comestível produzido à base da pectina do pomelo. 2020. 38p. **Trabalho de Curso (Bacharelado em Engenharia de Alimentos)**. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Goiano – Câmpus Rio Verde, Rio Verde, GO, 2020.

OLIVEIRA, L. P. *et al*. Goma-laca (shellac): um recurso natural para revestimento e conservação de frutas. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, Brasília, v. 39, n. 1, e26951, 2022.

OLIVEIRA, J. F.; MOREIRA, G. C.; STEINMCHER, N. C.; CORSO, M. P.; ZANATTA, E. R. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 6, p. 53996-54004, 2021.

OLIVEIRA, V. C.; OLIVEIRA, I. R. N.; MENDES, F. Q. Análises físico-químicas e composição nutricional da farinha de casca de abacaxi como aproveitamento de

resíduos agroindustriais. **Ciência e tecnologia de alimentos: pesquisa e práticas contemporâneas** – v. 2. Editora Científica. 2021.

OMOREGIE EGHAREVBA, H. Chemical Properties of Starch and Its Application in the Food Industry. In: CHEMICAL PROPERTIES OF STARCH. [S. l.]: **IntechOpen**, v. 32, p. 137–144. 2020.

PAOLUCCI, M.; DI STASIO, M.; SORRENTINO, A.; LA CARA, F.; VOLPE, M.G. Active Edible Polysaccharide-Based Coating for Preservation of Fresh Figs (*Ficus carica* L.). **Foods**, v. 9, p. 12. 2020.

PEREIRA, Cecília Marques Tenório. **Caracterização físico-química e avaliação da inibição micelial da farinha de bacuri (*Platonia insignis*, Mart.)**. 2023. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal do Tocantins (UFT). Tocantins, 2023.

PIMIENTO C. R. Q. *et al.* Antioxidant Edible Films Based on Pear Juice and Pregelatinized Cassava Starch: Effect of the Carbohydrate Profile at Different Degrees of Pear Ripeness. **Polymers (Basel)**. v. 30, n.15, p. 4263. 2023.

PINTO, A. F. J. *et al.* **Qualidade pós-colheita de frutos de figo submetidos ao efeito de coberturas comestíveis**. **Scientific Electronic Archives**. v.13, 2020.

RASMUSSEN, P. P.; SILVA, K. S. Estudo do efeito de coberturas comestíveis como pré-tratamento à secagem convectiva de mamão. **Brazilian Journal of Food Research**, Campo Mourão, v. 10 n. 2, p. 1-14, 2019.

RAZALI, Z. *et al.* Postharvest Quality of Cherry Tomatoes Coated with Mucilage from Dragon Fruit and Irradiated with UV-C. **Polymers**, v. 13, n. 17, p. 2919. 2021.

REINHARDT, D. H. R. C.; BARTHOLOMEW, D. P.; SOUZA, F. V. D.; CARVALHO, A. C. P. P.; PADUA, T. R. P.; JUNGHANS, D. T.; MATOS, A. P. Advances in pineapple plant propagation. **Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal**, v. 40, n. 6, p. 1-22, 2018.

REPOLHO, R. P. J.; OLIVEIRA, W. C.; CARVALHO, A. P. de; SANCHES, A. G.; SOUSA, J. T. R. de; Application of edible coatings in conservation of acerola. **Applied Research & Agrotechnology**, Guarapuava- -PR, v. 12, n. 2, p. 59-69, 2019.

ROBERTSON, J.; MONREDON, F. D.; DYSELER, P.; GUILLON, F.; AMADO, R.; HIBAULT, J. F. Hydration properties of dietary fibre and resistant starch: a European collaborative study. **Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie**, v. 33, p. 72-79, 2000.

ROCHA, Ana Luísa Farias. **Biofilmes comestíveis de amido de cará-roxo, alginato de sódio e timol para revestimento de maçãs e morangos**. 2023. Dissertação (Mestrado em Ciência e Engenharia de Materiais) - Universidade Federal do Amazonas, Manaus – AM. 2023.

ROCHA, Natália Ellen Pereira Rocha. **Revestimentos alternativos para conservação pós-colheita do tomate (*Solanum lycopersicum* L.)**. 2020. Dissertação (Mestrado em Olericultura) Instituto Federal Goiano, Campus Morrinhos, Morrinhos - GO. 2020.

RODRIGUES, Camila Gonçalves. **Produção de filmes comestíveis biodegradáveis a partir de bagaço de malte ou subprodutos do processamento de mandioca**. 2022. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte – MG. 2022.

RODRIGUES, E. A. *et al.* Utilização de revestimentos comestíveis de óleo de girassol, pectina natural, gelatina incolor e fécula de mandioca na conservação pós colheita de acerola e goiaba. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 8, n. 4, p.27542-27557, 2022.

RODRIGUES, F. A. M. *et al.* Filmes antioxidantes e revestimentos à base de amido e fenólicos de *Spondias purpurea* L. **International Journal of Biological Macromolecules**. v. 182 p. 354–365. 2021.

RONKO, L. Z. *et al.* Amido e bagaço de mandioca (*Manihot esculenta* C.): obtenção e caracterização de diferentes variedades **R. bras. Tecnol. Agroindustr.**, Ponta Grossa, v. 14, n. 1: p. 2962-2982, 2020.

SANTOS, N. S. *et al.* Caracterização da conservação refrigerada da acerola (*malpighia emarginata*) sob atmosfera modificada. **DIVERSITAS JOURNAL**. Santana do Ipanema/AL. v. 5, n. 1, p.12-19, 2020.

SAPELLI, K. S., FARIA, C. M. D. R., & BOTELHO, R. V. Postharvest conservation of peaches with the use of edible coatings added with yerba mate extract. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 23, e2019044. 2020.

SAQUETI, B. H. F. *et al.* Viabilidade da obtenção de polpa de acerola (*malpighia* spp) microencapsulada e liofilizada: Uma revisão. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 2, e30410212536, 2021.

SHEHATA, M. G. *et al.* Antioxidant and antimicrobial activities and UPLC-ESI-MS/MS polyphenolic profile of sweet orange peel extracts. **Current Research Food Science**. v. 4, p. 326-335, 2021.

SILVA, A. F. M.; SILVA, G. S.; PAGENOTTO, A. C. V.; GIRALDELI, A. L.; MORAES, J. P.; SANTOS, B. S.; GHIRARDELLO, G. A.; FILHO, R. V. Growth and initial development of 'Smooth Cayenne' and 'Pérola' pineapple cultivars, after post-planting herbicides' application. **Colloquium Agrariae**, v. 15, n. 1, p. 27-34, 2019.

SILVA, A. G. **Seleção de genótipos de acerola para o processamento de suco com alta qualidade e vida útil**. 2023. Dissertação (Mestrado em Agronomia - Produção Vegetal) - Universidade Federal do Vale do São Francisco. Petrolina, PE. 2023.

SILVA, A. O. **Desenvolvimento e caracterização de filmes biopoliméricos à base de farinha de bocaíuva (*Acrocomia aculeada*) ou polpa de pequi (*Caryocar brasiliense*)**. 2020. 94f. Tese (Doutorado em Biotecnologia e Biodiversidade) – Universidade Federal da Grande Dourados. Dourados, MS. 2020.

SILVA, F. A *et al.* Incorporation of phenolic-rich ingredients from integral valorization of Isabel grape improves the nutritional, functional and sensory characteristics of probiotic goat milk yogurt. **Food Chemistry**, v. 369, p. 130957, 2022.

SILVA, J. D. O. *et al.* Characterization of acerola (*Malpighia emarginata*) industrial waste as raw material for thermochemical processes. **Waste Management**, V. 107, Pages 143-149, ISSN 0956-053X, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2020.03.037>, 2020.

SILVA, K. S; MEDEIROS, K. A. S; AMADO, L. R; OLIVEIRA, M. M. G; PICOLLOTO, A. M; SAKAI, O. A. Interação entre goma alfarroba e proteína concentrada de soja na fabricação de filmes compostos biodegradáveis. In: **Prática e pesquisa em ciência e tecnologia de alimentos 2**, editora atena, Paraná, p. 99-110, 2020.

SILVA, L. S. C. *et al.* Extração e caracterização de amido de espécies de Dioscorea cultivadas na Amazônia. **Boletim do Museu Paraense Emílio Goeldi**. Ciências Naturais. Belém, v. 14, n. 3, p. 439-452, 2019.

SILVA, N. *et al.* **Manual de Métodos de Análise Microbiológica de Alimentos e Água. 5ª ed.** – São Paulo: Blucher, 2017.

SILVA, P. B. *et al.* A New Rotary Dryer Assisted by Infrared Radiation for Drying of Acerola Residues. **Waste Biomass Valorization**, 12, 3395–3406. 2021.

SILVA, R. M., SILVA, S. N., WANDERLEY, R. O. S., PAIVA, A. C. C & MEDEIROS, A. P. Chemical and colorimetric characterization of orange peel, melon and pineapple flours. **Research, Society and Development**. v. 9, n. 7, 2020.

SILVA, R. O. *et al.* Adição de valor ao resíduo de abacaxi: Caracterização e avaliação do potencial para meio de cultura de bactérias e leveduras. **Concilium**, v. 23, n.16, 2023.

SILVA, R. P. *et al.* Caracterização fitoquímica e análise da atividade antimicrobiana e antioxidante dos extratos de *Ilex paraguariensis*, st hill.: uma revisão de literatura. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 7, n. 4, p. 38806–38830, 2021.

SILVA, Viviane Dias Medeiros. **Desenvolvimento, caracterização e aplicação de filmes comestíveis produzidos com farinha de casca de banana madura e extrato das folhas de *Eriobotrya japonica* Lindl.** 2020. 208f. Tese (Doutorado em Ciência de Alimentos) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte – MG. 2020.

SOUSA, K. D. *et al.* Cloreto de cálcio retarda a senescência e aumenta a qualidade pós-colheita de atemoia ‘Thompson’. **Scientia Plena** 19, 101501. 2023.

SOUSA, R. S. *et al.* Análise sensorial de cookie desenvolvidos com farinha da casca de abacaxi (*Ananas comosus* (L.) Merrill). **Research, Society and Development**, v. 9, n. 4, e45942816, 2020.

SOUZA, J. F. *et al.* Avaliação físico-química de acerola, *malpighia emarginata* d.c., proveniente de macapá-amapá. **Journal of Biology & Pharmacy and Agricultural Management**, v. 16, n. 2, 2020.

SOUZA, M. E. A. O. *et al.* Determination of the antioxidant capacity of pineapple peel powder extract by applying different extraction techniques. **Research, Society and Development**, v. 10 n. 10, 2021.

STRACKE, M. P. *et al.* Aplicação de biofilme comestível em ameixas para aumentar seu armazenamento. **OBSERVATÓRIO DE LA ECONOMÍA LATINOAMERICANA**, v. 21, n. 6, p. 4029–4050. 2023.

TAFA, K. D.; SATHEESH. N.; ABERA, W. Mechanical properties of tef starch based edible films: Development and process optimization. **Heliyon**. v. 24, n. 9, 2023.

TAVARES, T. R. P. & SALOMÃO, B. C. M. Avaliação da atividade antifúngica de extratos de resíduo de acerola (*Malpighia emarginata*) *in natura* e liofilizado. **Tecnologia de alimentos: Tópicos físicos, químicos e biológicos**, Editora científica – v. 1. p. 218-231. 2020.

TOMAZ, P. H. A. *et al.* Conservação de frutos de mamão na pós colheita com uso de biofilme à base de fécula de mandioca. Conservation of papaya fruits in the post-harvest with the use of biofilme cassava starch based coating. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 9, p. 88564-88574, 2021.

TURQUETT, Lucélia Cristiane Das Graças Batista *et al.* Avaliação da cobertura comestível elaborada a partir de quitosana, farelo de arroz e fécula de mandioca na conservação pós colheita de morangos. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 3, p. 33153-33171, 2021.

VEGA-BAUDRIT, J.R.; CAMACHO, M.; BATISTA-MENEZES, D.; CORRALES-UREÑA, Y.; ZÚÑIGA, J.M.; CHACÓN, A.M.; LECOT, N.; HENRÍQUEZ, L.C.; LOPRETTI, M. Acerola (*Malpighia* spp.) Waste: A Sustainable Approach to Nutraceutical, Pharmaceutical, and Energy Applications. **Recycling**. v. 8, p. 96, 2023.

XAVIER, T. D. N. al. Characterization of biopolymeric films based on cassava starch, chitosan and carnauba wax. **Matéria (Rio de Janeiro)**, v. 25, 2020.

XIE, Y.; NIU, X.; YANG, J.; FAN, R.; SHI, J., ULLAH, N.; FENG, X.; CHEN, L. X. Active biodegradable films based on the whole potato peel incorporated with bacterial cellulose and curcumin. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 150, p. 480-491, 2020.

XISTO, A. L. R. P; ABREU, C. M. P; CORRÊA, A. D; SANTOS, C. D. Textura de goiabas “Pedro Sato” submetidas à aplicação de cloreto de cálcio. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 28, p. 113–118. 2004.

ZHONG, Y. *et al.* Biodegradable polymers and green-based antimicrobial packaging materials: A mini-review. **Advanced Industrial and Engineering Polymer Research**, v. 3, n. 1, p. 27–35, 2020.

ZHOU, W. *et al.* Carboxymethyl chitosan-pullulan edible films enriched with galangal essential oil: Characterization and application in mango preservation. **Carbohydrate Polymers**, p. 256, 117579. 2021.