

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
CENTRO DE TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E
TECNOLOGIA DE ALIMENTOS
MESTRADO

RICÁCIA DE SOUSA SILVA

EFEITOS DOS RECOBRIMENTOS DE MUCILAGEM DE JUÁ
(*Ziziphus joazeiro* Mart.) NO ABACAXI (*Ananas comosus* L.)
MINIMAMENTE PROCESSADO

JOÃO PESSOA – PB

2021

RICÁCIA DE SOUSA SILVA

EFEITOS DOS RECOBRIMENTOS DE MUCILAGEM DE JUÁ
(*Ziziphus joazeiro* Mart.) NO ABACAXI (*Ananas comosus* L.)
MINIMAMENTE PROCESSADO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal da Paraíba, *campus* I João Pessoa/PB, em cumprimento aos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciência e Tecnologia de Alimentos.

Orientadora: Prof^a. Dra. Graciele da Silva Campelo Borges.

JOÃO PESSOA – PB

2021

Catálogo na publicação
Seção de Catalogação e Classificação

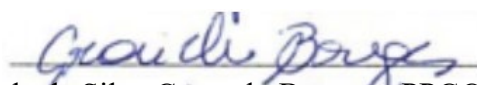
S586e	Silva, Ricácia de Sousa. Efeitos dos recobrimentos de mucilagem de juá (<i>Ziziphus joazeiro</i> Mart.) no abacaxi (<i>Ananas comosus</i> L.) minimamente processado / Ricácia de Sousa Silva. - João Pessoa, 2021. 79 f. : il. Orientação: Graciele da Silva Campelo Borges. Dissertação (Mestrado) - UFPB/CT. 1. Abacaxi - Conservação. 2. Bioativos. 3. Hidrocoloides. 4. Atividade enzimática. 5. Físico-química. 6. . I. Borges, Graciele da Silva Campelo. II. Título.
UFPB/BC	CDU 634.774:664.853(043)

RICÁCIA DE SOUSA SILVA

EFEITOS DOS RECOBRIMENTOS DE MUCILAGEM DE JUÁ (*Ziziphus joazeiro* Mart.)
NO ABACAXI (*Ananas comosus* L.) MINIMAMENTE PROCESSADO

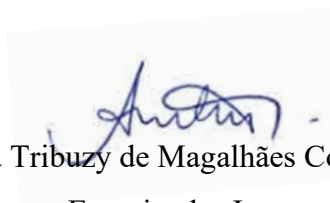
Dissertação aprovada em 27 / 08 / 2021.

BANCA EXAMINADORA



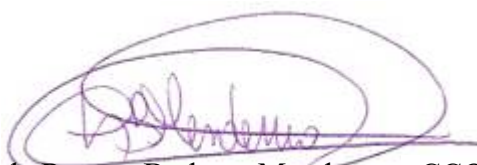
Prof.^a Dr.^a Graciele da Silva Campelo Borges – PPGCTA/CCQFA/UFPEL

Coordenadora da Banca Examinadora



Prof.^a Dr.^a Angela Maria Tribuzy de Magalhães Cordeiro - PPGCTA/CT/UFPB

Examinador Interno



Prof.^a Dr.^a Carla Rosane Barboza Mendonça - CCQFA/UFPEL

Examinador Externo

*À minha mãe Cida e ao meu pai Antônio,
meus maiores incentivadores nessa jornada,
Dedico!*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, pelo seu infinito amor e por aumentar ainda mais a minha Fé diante de todas as provas!

Aos meus pais, Maria Aparecida e Antônio, por me encorajarem e serem meu alicerce sempre. Vocês são a razão por eu ter trilhado esse caminho até aqui.

Às minhas irmãs, Rafaela, Karol e Aylla, por todo incentivo, afeto e por tornarem nossos momentos únicos.

Ao meu namorado e grande amigo, Sérgio, por todo amor, carinho, paciência e compreensão em todos os momentos em que precisei de apoio.

À minha orientadora, Prof.^a Graciele, por todos os ensinamentos compartilhados, por me conduzir durante o mestrado e me instruir a executar esta pesquisa, estando sempre presente e orientando em tudo. Obrigada por toda compreensão, por se preocupar com minhas opiniões e me dar liberdade na tomada de decisões.

Ao CNPq, pela concessão de bolsa viabilizando a permanência no mestrado.

Ao Programa de Pós-Graduação em Ciência e Tecnologia de Alimentos e todo o corpo docente, por todas as oportunidades de crescimento dentro da ciência.

À minha banca examinadora, Prof.^{as} Dr.^a Ângela Tribuzy e Dr.^a Carla Rosane, pela disponibilidade e por contribuírem grandemente com a melhoria deste trabalho desde o exame de qualificação.

À Prof. Dr.^a Marciane Magnani, por conceder a infraestrutura do laboratório e todo suporte necessário para que eu pudesse iniciar a minha pesquisa.

À Prof.^a Dr.^a Rita Queiroga (*in memoriam*), pelo acolhimento no estágio a docência e pelas palavras de carinho, conforto e incentivo. A senhora sempre será um grande exemplo de profissional e ser humano a ser seguido. Sou grata por tê-la conhecido!

Aos coordenadores dos laboratórios e os técnicos, Natasha, Claudinha, Leila, Venâncio e em especial a Whyara, por me auxiliarem durante as análises.

Ao professor Dr. Marcos Lima pela viabilidade de análises.

Aos integrantes do grupo de pesquisa, em especial Flávio e Aline que se tornaram meus companheiros de laboratório, me ajudando na execução da pesquisa e partilhando momentos de aprendizado, bem como de risos, deixando o dia a dia mais leve. Jamais me esquecerei de tudo o que fizeram por mim!

Às minhas amigas Letícia e Dafne, pela motivação e por me encorajarem a ir cada vez mais longe. À Aryane, pelo incentivo em ingressar no mestrado e por partilhar momentos de alegria e aflições na Pós-Graduação e na vida pessoal.

Aos funcionários do Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional (CTDR) por serem sempre solícitos.

Aos meus amigos e familiares que acompanharam um pouco dessa rotina durante o mestrado.

A todos, gratidão! Vocês foram importantes durante o mestrado e a execução deste trabalho.

RESUMO

O abacaxi é uma das principais frutas tropicais cultivadas mundialmente. Dentre as variedades comercializadas, a *Smooth Cayenne* é uma das predominantes no mercado brasileiro. O abacaxi é apreciado pelo seu sabor, aparência e composição nutricional, destacando-se como fonte de vitamina C, compostos fenólicos, minerais e vitamina A. Na forma de produto minimamente processado, o abacaxi se torna mais conveniente que a fruta inteira. Porém, o processamento mínimo reduz sua vida útil e o tempo de comercialização e o uso de recobrimentos comestíveis à base de mucilagens podem ser eficazes para reduzir estes danos. O juá da Caatinga contém uma mucilagem ainda pouco explorada e estudos anteriores demonstraram o potencial de obtenção e utilização desta mucilagem para fins alimentícios. No entanto, ainda não há estudos utilizando a mucilagem do juá em recobrimentos comestíveis para manter a qualidade de abacaxi minimamente processado, o que impulsionou o desenvolvimento desta pesquisa. Dessa forma, este trabalho teve como objetivo avaliar a influência de recobrimentos comestíveis à base de mucilagem de juá na qualidade de abacaxi *Smooth Cayenne* minimamente processado. A mucilagem do juá foi extraída em micro-ondas e o precipitado resultante foi utilizado para obtenção de um extrato fenólico do juá. Os abacaxis foram submetidos ao processamento mínimo, seguido da aplicação dos recobrimentos pela técnica de imersão, usando quatro tratamentos: controle – água destilada (T1), mucilagem de juá (T2), mucilagem de juá + extrato fenólico de juá (T3) e mucilagem de juá + goma arábica, utilizando a técnica *layer-by-layer* (T4). Após, os abacaxis foram embalados e armazenados durante 9 dias a 5 ± 1 °C. A avaliação da qualidade dos abacaxis foi realizada através dos métodos físico-químicos de perda de peso, firmeza, cor instrumental, acidez, pH, sólidos solúveis totais e ácido ascórbico. A atividade da peroxidase e polifenoloxidase, perfil de açúcares, ácidos orgânicos e compostos fenólicos foram determinados. A atividade antioxidante foi analisada pelos ensaios de DPPH, ORAC e FRAP. A análise de variância (ANOVA), o teste de Tukey e uma análise de regressão polinomial foram utilizados para análise estatística dos resultados. O T2 apresentou menor índice de escurecimento, menor aumento nos sólidos solúveis e açúcares simples, maior FRAP (138,19 $\mu\text{mol/Trolox}$) e ORAC (538,06 $\mu\text{mol/Trolox}$) após 9 dias de armazenamento. A ação antioxidante dos fenólicos do juá adicionados ao recobrimento (T3) reduziu a atividade da peroxidase e formou um recobrimento mais firme capaz de manter a acidez, ácidos orgânicos e compostos fenólicos nos abacaxis. Os tratamentos T2 e T3 reduziram a ação da polifenoloxidase e apresentaram o menor pH. A técnica *layer-by-layer* (T4) reduziu a perda de peso, degradação do ácido ascórbico e proporcionou maior atividade de neutralização do radical DPPH (116,81 $\mu\text{mol/Trolox}$). Assim como T4 o T3 reduziu a perda de firmeza. Todos os tratamentos retardaram a descoloração e perda da luminosidade. Assim, concluiu-se que os recobrimentos à base de mucilagem e mucilagem adicionado de extrato fenólico do juá possuem potencial de aplicação para preservar a qualidade e prolongar a vida útil do abacaxi minimamente processado durante 9 dias de armazenamento.

Palavras-chave: Bioativos. Hidrocoloides. Vida útil. Físico-química. Atividade Enzimática.

ABSTRACT

Pineapple is one of the main tropical fruits grown worldwide. Among the commercialized varieties Smooth Cayenne is one of the predominant in the Brazilian market. Pineapple is appreciated by its flavor, appearance, and nutritional composition standing out as source of vitamin C, phenolic compounds, minerals, and vitamin A. In the form of fresh-cut product pineapple becomes more convenient than whole fruit. However, minimal processing reduces its shelf life and time to market and the use of edible coatings mucilage-based can be effective in reducing these damage. Juá from Caatinga contains a mucilage still little explored and previous studies demonstrated the potential for obtaining and using of this mucilage for food purposes. Nonetheless, still there is no studies using juá mucilage in edible coatings to maintain the quality of fresh-cut pineapple, what boosted the development of this research. Thus, this work had as objective to evaluate the influence of edible coatings juá mucilage-based in the quality of fresh-cut Smooth Cayenne pineapple. The juá mucilage was extracted in microwave and resulting precipitate was used for obtain a juá phenolic extract. Pineapples were subjected to minimal processing followed of the application of coatings by immersion technique using four treatments: control - distilled water (T1), juá mucilage (T2), juá mucilage + juá phenolic extract (T3), and juá mucilage + gum arabic using the layer-by-layer technique (T4). After, the pineapples were packed and stored during 9 days at 5 ± 1 °C. The evaluation of the quality of pineapples was performed through physical-chemical methods of weight loss, firmness, instrumental color, acidity, pH, total soluble solids, and ascorbic acid. The activity of peroxidase and polyphenoloxidase, profile of sugars, organic acids, and phenolic compounds were determined. The antioxidant activity was analyzed by DPPH, ORAC and FRAP assays. Analysis of variance (ANOVA), Tukey test and polynomial regression analysis were used for statistical analysis of the results. T2 had the lowest browning index, lower increase in soluble solids and simple sugars and greater FRAP (138.19 $\mu\text{mol/Trolox}$) e ORAC (538.06 $\mu\text{mol/Trolox}$) after 9 days of storage. The antioxidant action of juá phenolics added to the coating (T3) reduced peroxidase activity and formed a coating more firmer able to maintain the acidity, organic acids and phenolic compounds in pineapples. T2 and T3 treatments reduced the action of polyphenoloxidase and had the lowest pH. Layer-by-layer technique (T4) reduced weight loss, ascorbic acid degradation and provided greater DPPH radical neutralization activity (116.81 $\mu\text{mol/Trolox}$). Just like T4, T3 reduced the loss of firmness. All treatments delayed the decrease in whiteness and luminosity. Thus, was concluded that edible coatings juá mucilage-based and mucilage added with phenolic extract of juá have application potential to preserve quality and extend the shelf life of fresh-cut pineapple during 9 days of storage.

Key-words: Bioactive. Hydrocolloids. Shel life. Physicochemical. Enzymatic activity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Fluxograma de processamento mínimo de abacaxi.....	19
Figura 2. (A) Frutos do juá e (B) abacaxis <i>in natura</i>	25
Figura 3. Abacaxis minimamente processados.....	27
Figura 4. Fluxograma de processamento e aplicação dos recobrimentos em abacaxis minimamente processados.....	28

ARTIGO

Figure 1 - Browning index (BI) (A) and whiteness index (WI) (B) parameters in fresh-cut pineapple with different mucilage edible coatings of juá during storage at 5 ± 1 °C during 9 days.....	67
Figure 2 - Fresh-cut pineapples with different mucilage edible coatings of juá stored at 5 ± 1 °C during 9 days.....	68

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição nutricional por 100 g de abacaxi <i>in natura</i>	16
---	----

ARTIGO

Table 1 - Phenolic compounds from juá extract.....	69
Table 2 - Weight loss and firmness of fresh-cut pineapples with different mucilage edible coatings of juá stored at 5 ± 1 °C during 9 days.....	70
Table 3 - Relative activity (%) of peroxidase and polyphenoloxidase in fresh-cut pineapples with different edible coatings stored at 5 ± 1 °C during 9 days.....	71
Table 4 - Color parameters of fresh-cut pineapples with different mucilage edible coatings of juá stored at 5 ± 1 °C during 9 days.....	72
Table 5 - Physicochemical parameters of fresh-cut pineapples with different edible coatings stored at 5 ± 1 °C during 9 days.....	74
Table 6 - Phenolic compounds from fresh-cut pineapple with different edible coatings stored at 5 ± 1 °c during 9 days.....	76
Table 7 - Antioxidant activity of fresh-cut pineapples with different edible coatings stored at 5 ± 1 °C during 9 days.....	78

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Estudos com a utilização de recobrimentos comestíveis à base de mucilagens vegetais aplicados em produtos hortícolas.....	21
---	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	13
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	15
2.1 ABACAXI (<i>Ananas comosus</i> (L.) Merrill).....	15
2.2 ABACAXI MINIMAMENTE PROCESSADO.....	17
2.3 USO DE MUCILAGENS EM RECOBRIMENTOS COMESTÍVEIS.....	20
2.4 JUAZEIRO (<i>Ziziphus joazeiro</i> Mart.): ESPÉCIE VEGETAL DA CAATINGA BRASILEIRA.....	21
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	24
3.1 LOCAIS DE EXECUÇÃO.....	24
3.2 COLETA DAS AMOSTRAS.....	24
3.3 EXTRAÇÃO DA MUCILAGEM.....	25
3.4 OBTENÇÃO DE EXTRATO FENÓLICO DO JUÁ.....	25
3.5 ELABORAÇÃO DOS RECOBRIMENTOS COMESTÍVEIS.....	26
3.6 PROCESSAMENTO MÍNIMO DO ABACAXI E APLICAÇÃO DOS RECOBRIMENTOS COMESTÍVEIS.....	26
3.7 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	28
3.8 PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE ABACAXIS MINIMAMENTE PROCESSADOS.....	29
3.8.1 Perda de Peso.....	29
3.8.2 Cor.....	29
3.8.3 Textura.....	30
3.8.4 Acidez, pH e Sólidos Solúveis.....	30
3.8.5 Teor de Ácido Ascórbico.....	31
3.9 PERFIL DE AÇÚCARES E ÁCIDOS ORGÂNICOS.....	31
3.10 ATIVIDADE ENZIMÁTICA.....	32
3.11 EXTRAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS.....	33
3.12 DETERMINAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS.....	33
3.13 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE.....	34
3.13.1 DPPH.....	34
3.13.2 ORAC.....	34

3.13.3 FRAP	35
3.14 ANÁLISE ESTATÍSTICA	35
REFERÊNCIAS	36
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	45
ARTIGO	46
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	79

1 INTRODUÇÃO

O abacaxizeiro (*Ananas comosus* L., Merrill) é uma das mais importantes frutíferas cultivadas nas regiões tropicais e subtropicais do mundo (ROCHA et al., 2020; BASAGLIA et al. 2021). O abacaxi é apreciado pelo seu sabor e suculência, além de apresentar diversos benefícios nutricionais, sendo uma boa fonte de antioxidantes, principalmente compostos fenólicos, minerais, vitamina C e vitamina A (SEPTEMBRE-MALATERRE; REMIZE; POUCHERET, 2018; SUN et al., 2016). No Brasil, a variedade "*Smooth Cayenne*" se destaca como uma das predominantes no mercado (BASAGLIA et al., 2021), cujo fruto possui formato oval, polpa amarela, rica em açúcares (13-19%) e acidez superior a outras cultivares (SILVA et al., 2019). Essa variedade geralmente é mais consumida após o processamento (FERREIRA et al., 2016).

O abacaxi possui casca espessa e coroa grande, o que requer mais espaço de armazenamento, correspondendo ao maior custo e dificuldade de transporte (SHARMA; SAINI; SHARMA, 2017). Dessa forma, o abacaxi minimamente processado é mais conveniente que a fruta inteira (PRAKASH; BASKARAN; VADIVEL, 2020), visto que o processamento mínimo de frutas fornece aos consumidores um produto prático e fresco com qualidade nutricional e sensorial desejável (YOUSUF; QADRI; SRIVASTAVA, 2018).

O processamento mínimo do abacaxi envolve etapas como descascamento e corte da polpa causando a ruptura da parede vegetal, contribuindo para acelerar as reações bioquímicas que podem acarretar na perda de nutrientes como as vitaminas, levar a deterioração rápida, perda de sabor, bem como perda de água e firmeza da fruta (ALI et al., 2020). Essas alterações reduzem a vida útil e o tempo de comercialização gerando grandes perdas (ALI et al., 2020).

Nas últimas décadas, diversos métodos e tecnologias foram desenvolvidos para controlar as perdas em frutas minimamente processadas, dentre eles, a atmosfera modificada, que podem reduzir a taxa de respiração e estender a vida útil. O recobrimento comestível é um dos métodos de atmosfera modificada, o qual utiliza materiais biológicos ou químicos como camada de revestimento na superfície do produto para evitar trocas gasosas, retardando assim o processo de maturação (MARINGGAL et al., 2020).

No desenvolvimento de recobrimentos comestíveis, uma ampla gama de biopolímeros comestíveis tem sido utilizada, como mucilagens, por exemplo (SAHA et al., 2017). Estudos anteriores comprovaram a eficácia de recobrimentos à base de gomas e mucilagens na

manutenção da qualidade de abacaxi minimamente processado, como a goma xantana e goma tara na redução da perda de peso e crescimento microbiano, bem como na manutenção das características sensoriais do fruto (PIZATO et al., 2019); mucilagens de palma, linhaça e *Aloe vera* mostraram melhoria da qualidade e aumento da vida útil do abacaxi minimamente processado por 6 dias (TREVINO-GARZA et al., 2017).

O juá (*Ziziphus joazeiro* Mart. - *Rhamnaceae*) nativo de espécie endêmica da Caatinga, é um fruto comestível do tipo globoso, de cor amarelada com uma polpa mucilagínosa branca e doce (SILVA et al., 2017a). Recentes estudos têm sido realizados em nosso grupo de pesquisa acerca do potencial de utilização da mucilagem do juá para fins alimentícios (FERNANDES et al., 2020; BRANDÃO, 2019). Entretanto, há a necessidade de mais estudos, especialmente na elaboração de recobrimentos para aplicação em frutas minimamente processadas.

Considerando as potencialidades da mucilagem de juá e a necessidade de aprofundar os estudos sobre sua aplicação como recobrimento comestível em frutas minimamente processadas, o presente trabalho de dissertação teve como objetivo avaliar os efeitos dos recobrimentos comestíveis à base de mucilagem e extrato fenólico de juá na qualidade físico-química, atividade enzimática, antioxidante e compostos bioativos em abacaxis (*Smooth Cayenne*) minimamente processados durante o armazenamento a 5 ± 1 °C durante 9 dias.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 ABACAXI (*Ananas comosus* (L.) Merrill)

O abacaxi pertence à Família *Bromeliaceae*, gênero *Ananas* e espécie *A. comosus* (L.) Merrill (SOUZA et al., 2017). O abacaxi é cultivado principalmente nas regiões tropicais e subtropicais, devido ao clima e à distribuição das chuvas (SHAMSUDIN; ZULKIFLI; ZAMAN, 2020). É um fruto não climatérico, muito apreciado pelo seu aroma, sabor e refrescância, além das suas propriedades nutricionais (LOBO; YAHIA, 2017).

Atualmente, existem mais de 100 variedades de abacaxi, nas quais apenas 6 a 8 são cultivadas comercialmente (STEINGASS et al., 2020). Dentre essas variedades, a *Smooth Cayenne*, também conhecida como Havaí, corresponde a mais de 70% do abacaxi cultivado em todo o mundo (PEREIRA, 2017). No Brasil, o abacaxi *Smooth Cayenne* é um dos mais cultivados, cujo fruto possui formato cilíndrico, sem espinhos e coloração interior amarelo-palha ou amarelo forte (SOUZA; SILVA, FEISTEL 2020).

Na fruticultura brasileira, o abacaxi destaca-se entre as mais importantes e influentes culturas agrícolas (SOUZA; SILVA, FEISTEL 2020). O Brasil é o segundo maior produtor mundial (FAOSTAT, 2018), tendo produzido cerca de 1,6 bilhões de frutos no ano de 2019 (IBGE, 2020). O abacaxi é produzido praticamente em todo território nacional e as principais regiões produtoras do fruto são o Norte, Nordeste e Sudeste (IBGE, 2020).

O Estado da Paraíba é o segundo maior produtor de abacaxi do Brasil, responsável pela produção de 307,1 milhões de frutos em 2019, atrás apenas do Pará, que produziu 311,9 milhões (IBGE, 2020). A produção de abacaxi da Paraíba se destina principalmente ao mercado interno, embora existam registros de exportação de fruta fresca e suco (NETO, 2020).

Nos últimos anos, o abacaxi tem ganhado muita atenção, uma vez que a composição nutricional e presença de compostos bioativos têm contribuído para os potenciais usos como alimento funcional, bem como para sua aplicação em diversos produtos (ALI et al., 2020). A composição do fruto destaca-se por apresentar um alto conteúdo de água, açúcares, fibra alimentar, vitaminas (em maior quantidade a vitamina C), minerais (potássio, magnésio e fósforo) e ácidos orgânicos (ANCOS; SÁNCHEZ-MORENO; GONZÁLEZ-AGUILAR, 2017).

Um resumo da composição nutricional do abacaxi é apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Composição nutricional por 100 g de abacaxi *in natura*

Nutrientes	Referências	
	TBCA (2020)*	FAO (2020)**
Umidade (g)	87,00	85,90
Carboidratos totais (g)	11,60	11,40
Proteína (g)	0,68	0,40
Lipídios (g)	0,33	0,20
Fibra alimentar total (g)	1,12	1,80
Cálcio (mg)	18,40	22,00
Ferro (mg)	0,47	0,60
Sódio (mg)	2,84	2,00
Magnésio (mg)	16,60	13,00
Fósforo (mg)	10,50	13,00
Potássio (mg)	137,00	233,00
Vitamina A (RE) (mcg)	2,00	12,00
Tiamina (mg)	0,17	0,07
Vitamina C (mg)	33,10	34,00
Equivalente de folato (mcg)	11,30	18,00

*TBCA: Tabela Brasileira de Composição de Alimentos.

**FAO: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

O abacaxi possui uma enzima proteolítica, a bromelina, que auxilia no processo de digestão, com potencial anti-inflamatório, antioxidante, anticancerígeno e agente cardioprotetor (ZDROJEWICZ et al., 2018).

A presença de compostos bioativos, principalmente os compostos fenólicos, vitamina C e β -caroteno contribuem para a alta atividade antioxidante do fruto (WALL-MEDRANO et al., 2016). Como identificado em estudos anteriores, os teores de vitamina C, assim como de compostos fenólicos, são influenciados pela variedade do fruto, sendo: a vitamina C de 42,31 mg e fenólicos totais de 71,07 mg EAG no abacaxi *Smooth Cayenne*; 49,79 mg de vitamina C

e fenólicos totais de 84,9 mg EAG na variedade Pérola (FERREIRA et al., 2016); e 13,37 mg de vitamina C na variedade Moris (RASHIMA et al., 2019).

No estudo de Ferreira et al. (2016), a presença de compostos bioativos em abacaxis das variedades Pérola e *Smooth Cayenne*, contribuiu para a atividade antioxidante pelo ensaio de ABTS, resultando em 17,18% e 12,96% de inibição de oxidação, respectivamente. Ao realizar o ensaio de neutralização do radical DPPH em amostras de abacaxi, Arampath e Dekker (2021) encontraram uma média de $7,6 \pm 0,2$ μmol equivalente de Trolox/g de fruta.

Dentre os compostos fenólicos encontrados no abacaxi, podem ser citados o ácido gálico, catequina, epicatequina, ácido vanílico, ácido 2-hidroxicinâmico, miricetina (DOMÍNGUEZ et al., 2018), ácido clorogênico, galocatequina, quercetina, entre outros (DU et al., 2016).

2.2 ABACAXI MINIMAMENTE PROCESSADO

A principal preocupação para comercialização do abacaxi é a curta vida pós-colheita, principalmente das frutas frescas e minimamente processadas (ALI et al., 2020). O abacaxi é um fruto perecível e suscetível a distúrbios fisiológicos e infecções por patógenos, resultando em uma vida útil curta (LI et al., 2018).

O abacaxi é uma das principais frutas tropicais submetidas ao processamento mínimo (ANCOS; SÁNCHEZ-MORENO; GONZÁLEZ-AGUILAR, 2017). A sua casca espessa e dura causa transtornos durante o consumo, por isso, comparado com a fruta inteira, o abacaxi minimamente processado é mais conveniente para o consumo e apresenta menores perdas de comercialização (JING; HUANG; YU 2019). Dessa forma, o emprego do processamento mínimo no abacaxi torna-o mais atrativo para o consumidor, melhorando as condições para o seu consumo e, conseqüentemente, resultando no aumento da demanda do produto nas agroindústrias, reduzindo o índice de desperdício pós-colheita.

Como os abacaxis minimamente processados são submetidos a uma série de etapas, dentre elas de descascamento e corte, é comum a ocorrência de perda na qualidade do produto e conseqüentemente a diminuição de seu tempo de comercialização (TURAZZI, 2016). Isso ocorre devido ao aumento das reações bioquímicas no fruto, o que pode resultar na perda de nutrientes (como as vitaminas), deterioração rápida, perda de sabor e a redução da qualidade da fruta (ALI et al., 2020).

A vida útil do abacaxi pode ser prolongada armazenando a fruta em condições e temperatura específicas, bem como submetendo a tratamentos apropriados para evitar a contaminação por microrganismos (ISMAIL; ABDULLAH; MUHAMMAD, 2018). Por exemplo, a fruta *in natura* deve ser armazenada em temperatura de 10 a 15 °C, com umidade relativa de 85 a 95% por um período de até um mês (REINHARDT et al., 2018). No caso de abacaxis minimamente processados, temperaturas de armazenamento mais baixas, como 4 °C, são recomendadas para a conservação de compostos bioativos, como a vitamina C, compostos fenólicos e β -caroteno (ARAMPATH; DEKKER, 2019).

No Brasil, a comercialização de vegetais minimamente processados deve atender ao preconizado pela Portaria n° 635/2019, a qual os caracteriza como: frutas, legumes ou hortaliças, ou a combinação destes, que tenham sido submetidos a um processamento, o qual pode incluir seleção, corte, fatiamento, branqueamento, lavagem, desinfecção, enxágue, centrifugação, acondicionamento em embalagens dotadas de dizeres de rotulagem, armazenamento resfriado ou congelado, podendo ser comercializados prontos para o consumo ou não, com qualidade sensorial característica, seguros ao consumo e produzidos por indústria ou agroindústria de alimentos (BRASIL, 2019).

Abacaxis minimamente processados possuem características semelhantes ao fruto *in natura* e vida útil de sete a dez dias (PADRÓN-MEDEROS et al., 2020). Para realizar o processamento mínimo de abacaxi, inicialmente, os frutos são selecionados, descartando aqueles com infecções visíveis e lesões mecânicas e classificados com base no tamanho, forma e maturidade (JIANG et al., 2016; PEREIRA, 2017). Na sequência, os frutos são lavados com água corrente e detergente para remoção de sujidades, sanitizados com hipoclorito de sódio (100 ppm) por 15 min, descascados e cortados em pedaços menores, seguido de embalagem e armazenamento sob refrigeração (4 °C) (TURAZZI, 2016). Na Figura 1 encontra-se o fluxograma de processamento mínimo do abacaxi.

Embora o abacaxi minimamente processado apresente uma alta atividade antioxidante, devido ao seu alto teor de vitamina C e compostos fenólicos, sua capacidade antioxidante diminui substancialmente durante o armazenamento (JING; HUANG; YU, 2019). Recentemente, abordagens como tratamento ultrassônico (YEOH; ALI, 2017), aplicação de luz UV-C (MANZOCCO et al., 2016), tratamento fotodinâmico (ZOU et al., 2021), recobrimentos comestíveis (CARVALHO et al., 2016), entre outras, têm sido desenvolvidas para manter a capacidade antioxidante, diminuir o crescimento microbiano e manter a qualidade de abacaxis minimamente processados.

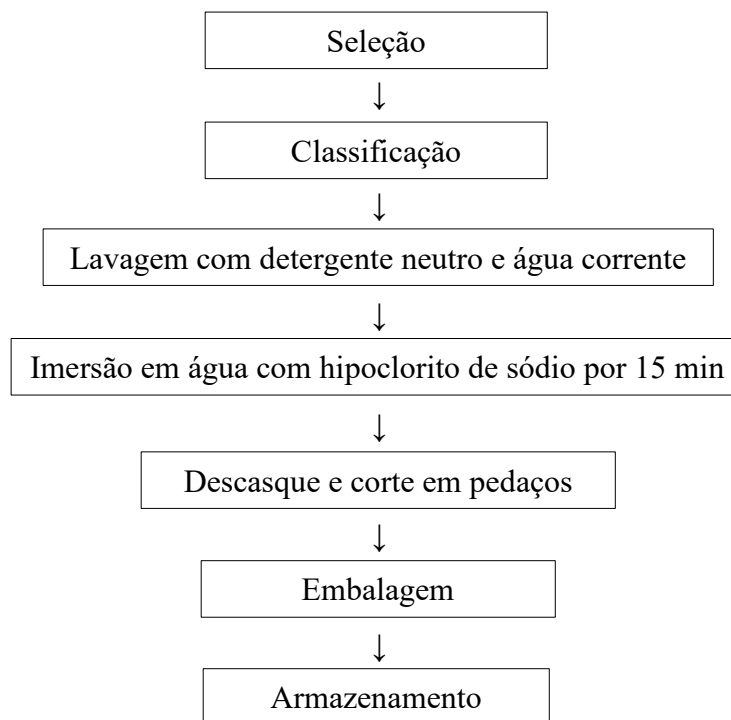


Figura 1. Fluxograma de processamento mínimo de abacaxi
Fonte: Autor (2021).

O uso de recobrimentos comestíveis em uma variedade de vegetais minimamente processados tem sido um método amplamente empregado na indústria alimentícia por causa de sua eficiência na conservação dos produtos (FADHEL et al., 2018). Muitos estudos estão se concentrando na busca e inserção de compostos bioativos em recobrimentos comestíveis, uma vez que estes além de conferir benefícios à saúde humana podem contribuir ainda mais para um aumento na vida pós-colheita de frutas (JING; HUANG; YU, 2019).

Por exemplo, Pizato et al. (2019) utilizaram recobrimentos à base de pectina, goma tara e goma xantana adicionados de ácido cítrico e ácido ascórbico em abacaxi minimamente processado durante o armazenamento por 12 dias a 4 °C. O recobrimento com a goma tara foi o mais eficiente no controle da perda de peso e do crescimento de microrganismos e o uso de ambas as gomas tara e xantana foi eficiente para manter os atributos sensoriais da fruta por mais tempo. Jing, Huang e Yu (2019) aplicaram recobrimentos de quitosana e quitosana com procianidina em abacaxi minimamente processado e avaliaram durante um armazenamento de 14 dias a 4 °C. Os recobrimentos desempenharam um efeito protetor no conteúdo de vitamina C, compostos fenólicos, melhoraram a atividade antioxidante, suprimiram a atividade das enzimas peroxidase e polifenoloxidase, reduziram a perda de peso e inibiram o crescimento microbiano das frutas, com relação às frutas sem recobrimento. O estudo de López-Córdoba e Aldana-Usme (2019) avaliou a influência da aplicação de recobrimentos de alginato de sódio

(AlgNa⁺) com e sem adição de ácido ascórbico (AA) em abacaxi minimamente processado, durante o armazenamento por 10 dias a 4 °C. As frutas com recobrimento de AlgNa⁺ + AA tiveram, ao final do armazenamento, valores de °Brix semelhantes ao início do estudo, apresentaram maior brilho, aparência translúcida e frescor, quando comparadas as amostras sem recobrimentos.

Dessa forma, os recobrimentos comestíveis têm potencial de utilização na indústria de alimentos para preservar a qualidade geral e estender a vida útil de abacaxi minimamente processado.

2.3 USO DE MUCILAGENS EM RECOBRIMENTOS COMESTÍVEIS

As mucilagens são hidrocolóides, constituídas principalmente por biopolímeros de alto peso molecular, como os polissacarídeos e proteínas, que interagem fortemente com a água e geralmente são extraídas de fontes vegetais (ZENG; LAI, 2016). Nas plantas, as mucilagens são produtos fisiológicos intracelulares formados durante o seu metabolismo e são responsáveis pela retenção de água no vegetal (DAMAS et al., 2017).

As mucilagens são amplamente adicionadas em formulações de alimentos em virtude de suas várias propriedades favoráveis à indústria, como características de emulsificação, espessamento, modificação reológica nos alimentos (HAMDANI; WANI; BHAT, 2019; YEMENICIOĞLU et al., 2020), formação de filmes e recobrimentos comestíveis (BEIKZADEH et al., 2020).

Os recobrimentos comestíveis baseados em mucilagens ou mucilagens incorporadas com aditivos bioativos formam uma camada fina na superfície da fruta que funciona como uma barreira entre as amostras e seu ambiente circundante (TAHIR et al., 2019). Essa barreira controla as trocas gasosas e vapor d'água e retarda o amadurecimento, consequentemente, retarda diversas alterações metabólicas em frutas e vegetais como degradação do ácido ascórbico, compostos fenólicos, manutenção da atividade antioxidante, firmeza, cor e propriedades sensoriais. Essas propriedades levam à extensão da vida útil do produto (TAHIR et al., 2019).

Além disso, as mucilagens também são consideradas apropriadas para uso na elaboração de recobrimentos comestíveis por serem compostos não tóxicos, biocompatíveis e biodegradáveis (BEIKZADEH et al., 2020).

Alguns estudos relatam a eficácia da utilização de recobrimentos comestíveis à base de mucilagens extraídas de vegetais na conservação pós-colheita de produtos hortícolas, como elencado no Quadro 1.

Quadro 1 – Estudos com a utilização de recobrimentos comestíveis à base de mucilagens vegetais aplicados em produtos hortícolas

MUCILAGEM	APLICAÇÃO	RESULTADOS OBTIDOS	REFERÊNCIA
Juá (<i>Ziziphus joazeiro</i>) e Goma arábica	Couve-flor minimamente processada	Controle da perda de massa e firmeza durante 8 dias	Brandão (2019)
<i>O. ficus-indica</i>	Kiwi minimamente processado	Manutenção da firmeza, conteúdo de ácido ascórbico e pectina, qualidade visual e sabor dos frutos durante o armazenamento a 5 °C	Allegra et al. (2016)
<i>Opuntia robusta</i>	Tomates	Aumento da firmeza e redução na perda de peso	Nicanor et al. (2018)
Linhaça com alginato e Frutooligossacarídeos	Yacon minimamente processado	Melhora na preservação dos parâmetros físico-químicos, diminuição da perda de peso e do escurecimento, contribuição para a manutenção dos teores de sólidos solúveis e acidez e aumento no aprisionamento de células probióticas	Rodrigues; Cedran; Garcia (2018)
Linhaça, quitosana e a combinação de ambas	Melão cantaloupe minimamente processado	Redução do extravasamento de suco, do amaciamento da fruta e do crescimento de microrganismos aeróbios mesófilos, bolores e leveduras; manutenção das características sensoriais gerais (cor, odor, sabor e textura), aumentando a vida útil para 12-15 dias	Treviño-Garza et al. (2019)

2.4 JUAZEIRO (*Ziziphus joazeiro* Mart.): ESPÉCIE VEGETAL DA CAATINGA BRASILEIRA

A Caatinga é o único bioma exclusivamente brasileiro que corresponde a 11% do território nacional. No Nordeste brasileiro, a Caatinga é predominante nos estados da Paraíba, Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Maranhão, Pernambuco, Alagoas, Sergipe e Bahia (MMA, 2019).

A vegetação típica da Caatinga faz parte de outro bioma global denominado de Florestas e Arbustais Tropicais Sazonalmente Secos – FATSS (*Seasonally Dry Tropical Forest and Woodlands – SDTFW*) (QUEIROZ et al., 2017). Esse bioma compreende a vegetação tropical rica em plantas suculentas e pobre em gramíneas. A Caatinga é a maior e mais contínua área do bioma das FATSS no Continente Americano (FERNANDES; QUEIROZ, 2018). Neste bioma, é reconhecida a ocorrência de no mínimo 3.150 espécies, distribuídas em 950 gêneros e 152 famílias de angiospermas (QUEIROZ et al., 2017).

Diversas espécies endêmicas de vegetais são reconhecidas na Caatinga. As famílias mais diversas são *Leguminosae* e *Euphorbiaceae*; as suculentas, sendo as principais famílias *Cactaceae* e *Bromeliaceae*; além destas, há também outras famílias e espécies importantes neste bioma, incluindo a espécie *Ziziphus joazeiro* Mart. (juazeiro), pertencente à família *Rhamnaceae* (FERNANDES; QUEIROZ, 2018).

O juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.) é uma espécie endêmica da Caatinga, mas está amplamente distribuído em quatro mesorregiões distintas do estado da Paraíba: Mata Paraibana, Borborema, Agreste Paraibano e o Sertão (FLORA DO BRASIL, 2020). Os seus frutos, conhecidos como juá, são caracterizados como climatéricos (SILVA et al., 2017b), possuem alto teor de água (71,4%), carboidratos (17,59%) e minerais como potássio, cálcio e magnésio, além de vitamina C (DINIZ, 2016; SILVA et al., 2017a).

De acordo com um recente estudo publicado pelo nosso grupo de pesquisa, os frutos de juá coletados em diferentes mesoregiões da Paraíba podem ser considerados frutos não ácidos, com alto teor de umidade (65,33 a 72,62%), fonte de fibras alimentares (8,98 a 10,81 g/100 g) e compostos fenólicos, principalmente flavanóis, como catequina, epicatequina e procianidina, que contribuem para sua forte atividade antioxidante *in vitro* (OLIVEIRA et al., 2020).

O fruto do juá possui potencial para aplicações na indústria alimentícia na elaboração de polpas, sucos, doces, geleias, sorvetes e bebidas (ALMEIDA et al., 2020). No interior dos frutos, encontram-se as sementes, que são envolvidas por uma mucilagem transparente (SILVA et al., 2017b).

Um dos estudos recentes desenvolvidos pelo nosso grupo de pesquisa apresentou o potencial de obtenção da mucilagem do juá por um processo de extração sustentável e viável utilizando micro-ondas e cuba ultrassônica, com rendimentos variando entre 10 a 20% conforme a região de produção da espécie, indicando seu potencial para aplicação tecnológica em matrizes alimentares (FERNANDES et al., 2020).

O outro estudo analisou a eficácia de um recobrimento comestível à base de mucilagem extraída do juá para aplicação em couve-flor minimamente processado, obtendo-se como resposta um maior controle da perda de massa e firmeza do vegetal durante 8 dias comparado ao controle (BRANDÃO, 2019).

Dessa forma, evidencia-se a necessidade de continuidade dos estudos com utilização da mucilagem do juá, especialmente na elaboração de recobrimentos para aplicação em frutas minimamente processadas, a fim de comprovar as potencialidades tecnológicas dessa mucilagem.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 LOCAIS DE EXECUÇÃO

O processamento mínimo do abacaxi, aplicação dos recobrimentos e as análises físico-químicas foram realizados no Laboratório de Processos Microbianos de Alimentos (LPMA); a cor instrumental e análise de textura foram realizadas no Laboratório de Química de Alimentos (LAQA), ambos do Departamento de Engenharia de Alimentos do Centro de Tecnologia (CT), da Universidade Federal da Paraíba. As análises de determinação do perfil de compostos fenólicos por HPLC/UV foram realizadas em parceria no Instituto Federal do Sertão Pernambucano, na cidade de Petrolina-PE. Os demais experimentos foram realizados nos laboratórios do Departamento de Tecnologia de Alimentos, no Centro de Tecnologia e Desenvolvimento Regional (CTDR) da Universidade Federal da Paraíba.

3.2 COLETA DAS AMOSTRAS

Os frutos do juazeiro utilizados neste estudo foram coletados no estágio de maturação IV (Figura 2a) segundo classificação definida por Silva (2015), em abril de 2020, na cidade de Guarabira-PB (latitude 06° 51' 17" S x longitude 35° 29' 24" W x altitude 97 m). Após a colheita os frutos foram transportados para o laboratório de Processamento de Alimentos em caixas térmicas a temperatura de -4 ± 1 °C. Os frutos foram submetidos ao processo de higienização através de lavagem em água corrente, seguida de imersão em solução de hipoclorito de sódio a 100 ppm por 15 min e, posteriormente, foram enxaguados e deixados em descanso à temperatura ambiente para remoção do excesso de água. Após essa etapa, os frutos foram despulpados em liquidificador doméstico e armazenados em recipientes plásticos (polietileno) com tampa sob congelamento (-18 ± 2 °C) para posterior utilização.

Os abacaxis da variedade *Smooth Cayenne* foram adquiridos no comércio local da cidade de João Pessoa-PB (latitude 07° 06' 54" S x longitude 34° 51' 47" W x altitude 47 m) e selecionados por tamanho, aparência íntegra, considerados comercialmente maduros a partir da cor da casca amarela (Figura 2b). Os frutos foram lavados em água corrente para remoção de quaisquer sujidades, em seguida, imersos em solução de hipoclorito de sódio a 100 ppm

por 15 min e, posteriormente, foram enxaguados com água destilada e secos com papel toalha para remoção do excesso de água.



Fonte: Autor (2021).

3.3 EXTRAÇÃO DA MUCILAGEM

A mucilagem do juá foi extraída através da técnica com micro-ondas doméstico (Midea, Liva 20 L MTFB2, Brasil), de acordo com a metodologia desenvolvida por nosso grupo de pesquisa, a qual possui solicitação de patente de número de depósito: BR 10 2020 010240 0.

3.4 OBTENÇÃO DE EXTRATO FENÓLICO DO JUÁ

Para a obtenção do extrato fenólico do juá, utilizou-se o subproduto do processo de extração da mucilagem do juá e adicionou-se etanol na proporção 1:5 (p/v). O pH da solução foi ajustado para 8,0 com NaOH ($0,1 \text{ mol L}^{-1}$) e submetido a extração em banho ultrassônico (Unique, USC-1800, Brasil) a 40 kHz por 1 h a $25 \pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Posteriormente, a solução foi centrifugada (Eppendorf, 5430 R, Alemanha) a $6000 \times g$ durante 15 min a $4 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Finalmente, o extrato fenólico foi concentrado em evaporador rotativo (Fisatom, 802, Brasil) a 75 rpm e $55 \pm 2 \text{ }^{\circ}\text{C}$.

3.5 ELABORAÇÃO DOS RECOBRIMENTOS COMESTÍVEIS

Três soluções de recobrimentos foram preparadas em água destilada sob aquecimento a 70 °C, com agitação contínua (60 rpm) em um agitador magnético por 10 min até a completa solubilização dos seguintes constituintes:

1) solução de mucilagem de juá – mucilagem de juá na concentração de 2,5% + 0,1% de Tween 80 + 1,5% de glicerol;

2) solução de mucilagem e extrato fenólico do juá – mucilagem de juá (2,5%) + 1,5% de extrato fenólico de juá + 0,1% de Tween 80 + 1,5% de glicerol;

3) solução de goma arábica – goma arábica (2,0%) + 0,1% de Tween 80 + 1,5% de glicerol.

Água destilada foi usada como um recobrimento controle.

3.6 PROCESSAMENTO MÍNIMO DO ABACAXI E APLICAÇÃO DOS RECOBRIMENTOS COMESTÍVEIS

Para obtenção dos abacaxis minimamente processados (Figura 3) foram realizadas as operações de seleção, classificação, lavagem e desinfecção com água clorada (100 ppm), lavagem com água destilada, secagem com papel toalha para remoção de água residual, descascamento e corte em cubos (2 cm x 2 cm x 2 cm) (TURAZZI, 2016).

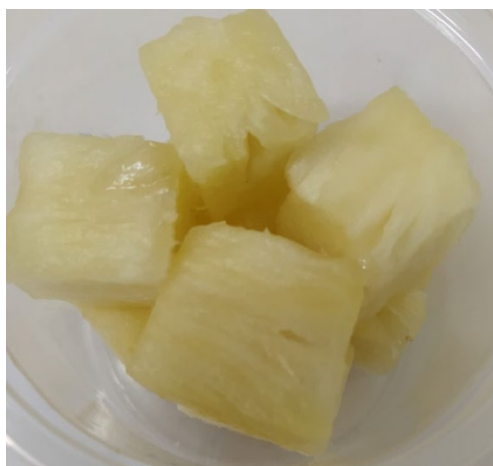


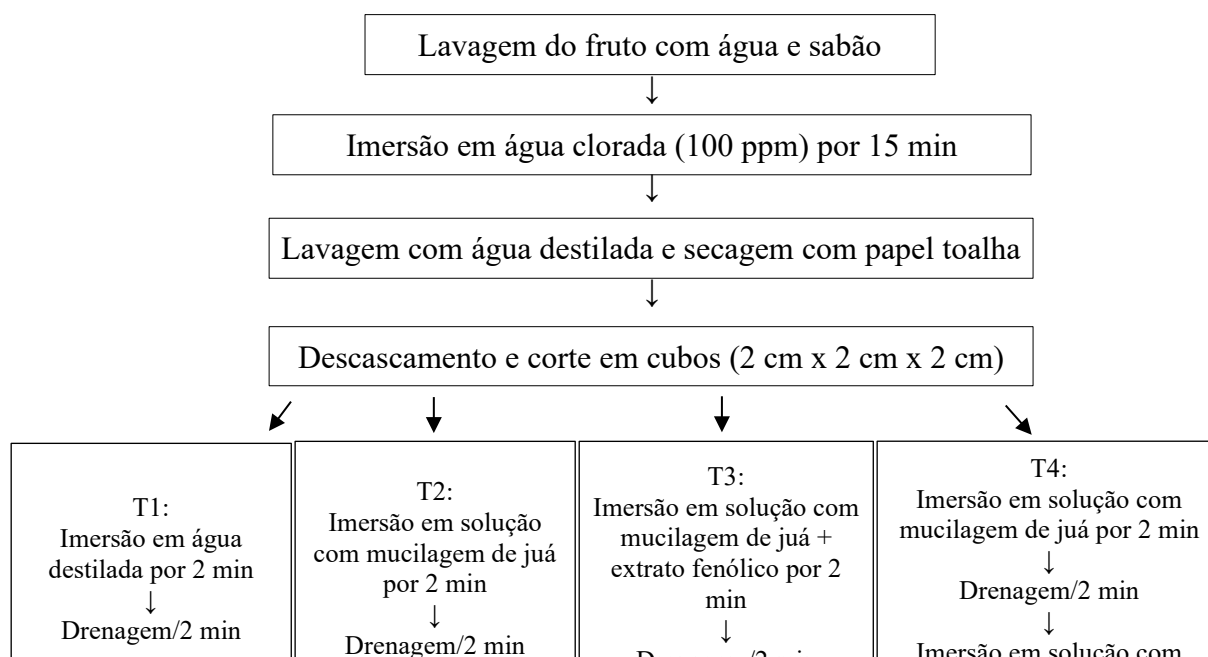
Figura 3. Abacaxis minimamente processados.
Fonte: Autor (2021).

As etapas de descascamento e corte foram realizadas em uma cabine de fluxo de ar laminar, adotando-se as boas práticas de manipulação de alimentos. Foram estabelecidos quatro tratamentos para os abacaxis minimamente processados: (T1) controle; (T2) recobrimento com a mucilagem do juá; (T3) recobrimento com a mucilagem + extrato fenólico do juá; e (T4) recobrimento com a mucilagem do juá + recobrimento com goma arábica.

Nas amostras do T1 (controle), utilizou-se água destilada como recobrimento, no qual as frutas foram imersas por 2 min na água e o excesso de água foi drenado. As amostras de T2 e T3 foram recobertas como citado no tratamento controle, utilizando a solução com mucilagem de juá e a solução com mucilagem de juá + extrato fenólico de juá, respectivamente. As amostras do T4 foram recobertas aplicando-se a técnica *layer-by-layer* (uma camada de solução com mucilagem de juá e a outra de solução com goma arábica). Os cubos de abacaxi foram mergulhados na primeira solução (mucilagem de juá) por 2 min, descartando o excesso de recobrimento por drenagem por 2 min antes de submergir a amostra na próxima solução (goma arábica) por mais 2 min.

Após a aplicação dos recobrimentos, as frutas foram deixadas dentro de uma cabine de fluxo de ar laminar em temperatura ambiente (21 ± 2 °C) por 40 min para secagem e, posteriormente, foram acondicionadas em recipientes plásticos (polipropileno) com tampa e armazenadas por 9 dias a temperatura de 5 ± 1 °C (TREVIÑO-GARZA et al., 2017) em estufa incubadora BOD (Caltech, Série EI08, Brasil).

O fluxograma de processamento está disposto na Figura 4.



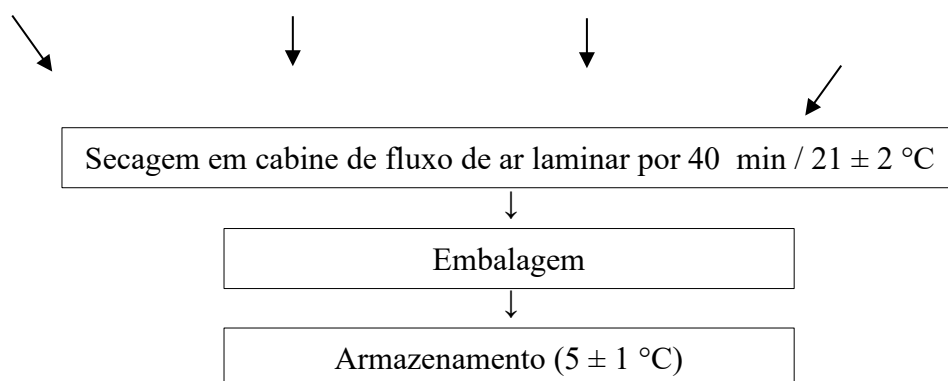


Figura 4. Fluxograma de processamento e aplicação dos recobrimentos em abacaxis minimamente processados
Fonte: Autor (2021).

3.7 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental para a análise da vida útil de abacaxis minimamente processados com diferentes recobrimentos foi inteiramente casualizado, em que se estabeleceu o tempo de armazenamento de 0, 3, 6 e 9 dias a 5 ± 1 °C. Foram realizadas as análises físico-químicas a citar: determinação da perda de peso, cor instrumental, textura, acidez, pH, sólidos solúveis totais e ácido ascórbico. Além destas, realizou-se a determinação de atividade das enzimas oxidativas peroxidase (POD) e polifenoloxidase (PPO), determinação do perfil de açúcares, ácidos orgânicos e compostos fenólicos e atividade antioxidante. Os experimentos foram realizados em triplicata (exceto para cor e textura em que 8 repetições foram utilizadas).

3.8 PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DE ABACAXIS MINIMAMENTE PROCESSADOS

3.8.1 Perda de peso

A perda de peso foi determinada pela diferença entre o peso inicial do abacaxi minimamente processado e o peso obtido ao final de cada dia de armazenamento, avaliados em balança analítica. O resultado foi expresso como a porcentagem de perda de peso, calculada de acordo com a Equação (1):

$$\% \text{ Perda de Peso} = [(P_i - P_f)/P_i] \times 100 \quad (1)$$

em que P_i é o peso inicial (g) (dia 0) e P_f é o peso final (g) dos frutos em cada dia de armazenamento (dias 3, 6 e 9) (BASAGLIA et al., 2021).

3.8.2 Cor

A cor da superfície dos cubos de abacaxi foi avaliada com base no sistema de cores da *Commission International del' Eclairage* (CIE) (L^* , a^* e b^*) usando um colorímetro (Konica Minolta Sensing, CR-400, Brasil). A calibração do medidor de cores deu-se contra um fundo branco e preto, sequencialmente, antes de cada medição. Medidas de cor foram tiradas de diferentes posições nos cubos de abacaxi em 8 réplicas. Parâmetros de luminosidade (L^*), vermelho/verde (a^*), amarelo/azul (b^*), croma (C^*) que indica o atributo quantitativo de intensidade de cor e ângulo de tonalidade (h°) que é considerado como o atributo qualitativo de tonalidades de cores (0° = vermelho-púrpura e 180° = verde-azulado) foram determinados (SHARMA; SAINI; SHARMA, 2017).

O índice de escurecimento (IE) foi calculado a partir da Equação (2) como proposto por Batista et al. (2020):

$$IE = [100 (x - 0,31)] / 0,172 \quad (2)$$

em que, $x = a^* + 1,75L / 5,645L + a^* - 3,012$.

O índice de brancura (IB) foi calculado a partir da Equação (3) (BATISTA et al., 2020):

$$IB: (100 - [(100-L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}]^{0.5}) \quad (3)$$

3.8.3 Textura

A firmeza dos abacaxis minimamente processados foi medida utilizando um analisador de textura (Extralab, TA.XTplusC, Brasil) por compressão com uma sonda P/3, conforme realizado por Sharma, Saini e Sharma (2017) com modificações. Ajustou-se a sonda cilíndrica a uma velocidade de 2 mm s⁻¹ para pré-teste e teste e 10 mm s⁻¹ para pós-teste. A firmeza foi expressa como força média de compressão em Newton (N).

3.8.4 Acidez, pH e Sólidos Solúveis

O pH, teor de sólidos solúveis totais (SST) e acidez titulável (AT) foram determinados a partir de métodos padronizados (AOAC, 2016). O SST foi medido com um refratômetro analógico e expresso como % de SST (Método 932.12). O pH foi medido com um potenciômetro digital (Método 981.12) e a AT foi determinada por titulação com NaOH (0,1 mol L⁻¹). O valor de AT foi expresso em porcentagem de ácido cítrico por 100 g de fruta (Método 920.15).

3.8.5 Teor de Ácido Ascórbico

O teor de ácido ascórbico foi determinado pelo método de Tillmans (AOAC, 2016), em que, inicialmente, utilizou-se 10 mL da solução-padrão de ácido ascórbico (5 mg feita em solução de ácido oxálico) em erlenmeyer contendo 50 mL de solução de ácido oxálico (1%), a qual foi titulada com solução de 2,6-diclorofenol indofenol-sódio (DCFI) até coloração rosada persistente durante 15 s.

Em seguida, 5 g de amostra foram pesados e transferidos para erlenmeyer contendo 50 mL de solução de ácido oxálico. A amostra foi titulada com solução de DCFI até coloração rosada persistente durante 15 s, obtendo o volume em mL. O resultado foi expresso em % de mg de ácido ascórbico, calculado a partir da Equação (4).

$$AA \% = (V \times A \times 100) / M \quad (4)$$

Em que: A = massa em mg de ácido ascórbico correspondente a 1 mL de DCFI, referente a titulação do padrão; M = massa de amostra (g); V = volume de DCFI, gasto na titulação da amostra.

3.9 PERFIL DE AÇÚCARES E ÁCIDOS ORGÂNICOS

Açúcares e ácidos orgânicos foram analisados a partir de extratos de abacaxi minimamente processado, obtidos seguindo a metodologia utilizada por Oliveira et al. (2021) com alterações. Pesou-se 2 g de amostra, a qual foi macerada, adicionada de 5 mL água deionizada e submetida a extração por banho ultrassônico (Unique, USC-1800, Brasil) a 40 KHz durante 60 min a 25 ± 1 °C. Após a extração, a mistura foi centrifugada a 6000 x g por 15 min, o sobrenadante foi coletado e o resíduo foi re-extraído através das mesmas etapas citadas anteriormente. Ao final, os sobrenadantes foram misturados e filtrados através de um filtro de seringa de 0,45 µm (PTFE) (Macherey-Nagel, Chromafil® Xtra, Alemanha).

A determinação dos açúcares e ácidos orgânicos foi realizada através de cromatografia líquida de alta eficiência - HPLC (Agilent Technologies, 1260 Infinity LC, EUA) com detector de matriz de diodos acoplado - DAD (Agilent Technologies, G1315D, EUA) usando uma coluna Agilent Hi-Plex H ($7,7 \times 300$ mm, 8 µm) (COELHO et al., 2018).

3.10 ATIVIDADE ENZIMÁTICA

A extração enzimática da POD e PPO foi realizada seguindo a metodologia de Jesus, Leite e Cristianini (2018) com adaptações. As amostras de abacaxi minimamente processado

foram misturadas com tampão fosfato de potássio (fosfato de potássio monobásico 0,2 mol L⁻¹ – fosfato de potássio dibásico 0,2 mol L⁻¹, pH 8,0) contendo 0,5% de polivinilpirrolidona (PVPP). A proporção de fruta e tampão foi de 1:5 (p/v). A mistura foi homogeneizada em um vórtex (Warmnest, VX – 38, Brasil) a 2500 rpm por 2 min e depois centrifugada a 4 °C e 7500 x g por 30 min. O sobrenadante contendo as enzimas (extrato bruto) foi filtrado em filtro qualitativo, obtendo-se o extrato enzimático usado para determinar a atividade enzimática.

Para quantificar a atividade da POD, pipetou-se 50 µL de extrato enzimático em cada poço da microplaca e 150 µL de uma solução reacional composta de 2,7 mL de tampão fosfato de potássio (0,2 mol L⁻¹, pH 8,0) e 200 µL de peróxido de hidrogênio a 30% (0,1%) como fonte de oxigênio e 500 µL de guaiacol (0,05%) como doador de hidrogênio. Para a atividade da PPO, 50 µL de extrato enzimático foram misturados com 150 µL de uma solução reacional composta por 0,7 mL de catecol (0,2 mol L⁻¹) e 2,3 mL de tampão fosfato de potássio (0,2 mol L⁻¹, pH 8,0).

As atividades de ambas as enzimas foram determinadas em um leitor de microplacas (BMG LABTECH, FLUOstar Omega, Alemanha) a 450 nm para POD e 420 nm para PPO a 25 °C por 10 min, respectivamente. O número de ciclos foi ajustado para 30 com intervalo de ciclos de 20 s. A atividade enzimática foi calculada com base na inclinação da parte linear da curva de ΔA_{420} para PPO e ΔA_{450} para POD, em função do tempo. A partir disso, determinou-se atividade enzimática relativa (REA) conforme a Equação (5):

$$RA = 100 * (A/A_0) \quad (5)$$

em que: A= atividade inicial da enzima; A₀= atividade da enzima em um dado momento (BATISTA et al., 2020).

3.11 EXTRAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS

A extração dos compostos fenólicos dos abacaxis minimamente processados foi realizada de acordo com a metodologia proposta por Yeoh e Ali (2017) com modificações. Cinco gramas da fruta foram misturados com 20 mL de metanol 100%, agitados em vórtex e submetidos a banho ultrassônico (Unique, USC-1800, Brasil) a 40 kHz por 30 min a 25 ± 1 °C. Após, os extratos foram centrifugados a 7500 x g durante 15 min a 4 °C. Os

sobrenadantes foram coletados e filtrados através de um filtro de seringa de 0,45 μm (PTFE) para a determinação do perfil de fenólicos e atividade antioxidante.

3.12 DETERMINAÇÃO DE COMPOSTOS FENÓLICOS

Os procedimentos para determinação e quantificação dos compostos fenólicos do abacaxi minimamente processado e extrato fenólico de juá foram realizados a partir de uma versão adaptada do método descrito por Dutra et al. (2018), por HPLC (Agilent Technologies, 1260 Infinity LC, EUA) com detector de matriz de diodos acoplado - DAD (Agilent Technologies, G1315D, EUA).

A separação cromatográfica dos compostos foi realizada em uma pré-coluna Zorbax C18 ($12,6 \times 4,6 \text{ mm}$, $5 \mu\text{m}$) e na coluna Zorbax Eclipse Plus RP-C18 ($100 \times 4,6 \text{ mm}$, $3,5 \mu\text{m}$), cuja temperatura foi ajustada para 35°C e a detecção dos compostos foi realizada em comprimentos de onda de 220 nm, 280 nm, 320 nm, 360 nm e 520 nm. Os dados foram adquiridos através do *software* OpenLAB CDS ChemStation EditionTM (Agilent Technologies). Resumidamente, 20 μL de extrato de cada amostra foram injetados e as fases móveis foram composta por água acidificada com ácido fosfórico 0,1 mol L^{-1} ($\text{pH} = 2,0$) (fase A) e metanol acidificado com ácido fosfórico 0,5% (fase B). Uma taxa de fluxo de 0,8 mL.min^{-1} foi usada e os resultados foram expressos em $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$ de amostra fresca.

3.13 ATIVIDADE ANTIOXIDANTE

As atividades antioxidantes dos abacaxis minimamente processados foram determinadas a partir dos ensaios de DPPH, ORAC e FRAP em um leitor de microplacas (BMG LABTECH, FLUOstar Omega, Alemanha). Para isso, utilizaram-se os extratos obtidos conforme descrito no item 3.11.

3.13.1 DPPH

A capacidade antioxidante determinada pela neutralização do radical 2,2-difenil-1-picrylhydrazyl (DPPH), baseou-se no método descrito por Pires et al. (2017) com adaptações. Inicialmente, o radical foi preparado em uma solução de $80 \mu\text{mol L}^{-1}$ de DPPH. Uma alíquota de $180 \mu\text{L}$ de solução DPPH foi injetada pelo equipamento em cada poço da microplaca contendo $20 \mu\text{L}$ de amostra e, a absorbância foi medida a 544 nm durante 30 min com intervalos de 1 min . Uma curva de calibração foi construída com diferentes concentrações de Trolox como padrão (25 a $450 \mu\text{mol L}^{-1}$) e os resultados foram expressos como equivalentes μmol de Trolox 100 g^{-1} .

3.13.2 ORAC

O ensaio de capacidade de absorção de radicais de oxigênio - ORAC (Capacidade de absorção de radicais de oxigênio) seguiu o método descrito por Dávalos, Cordovés e Bartolomé (2004), com algumas modificações. Todas as soluções utilizadas foram preparadas com solução tampão fosfato de potássio (75 mmol L^{-1}) com pH $7,4$. A temperatura do leitor de placas foi ajustada a 37°C , o AAPH foi usado como um gerador de radicais peroxil, o Trolox como um padrão e a fluoresceína sódica ($116,66 \text{ mmol L}^{-1}$) como uma sonda fluorescente. Uma alíquota de $20 \mu\text{L}$ de amostra foi adicionada a $120 \mu\text{L}$ de solução de fluoresceína e a microplaca foi incubada por 30 min . Após esse tempo, foram injetados $60 \mu\text{L}$ de solução de AAPH pelo equipamento, iniciando a reação. A intensidade da fluorescência foi medida cineticamente a cada 1 min (excitação: 285 nm , emissão: 520 nm). Os resultados foram expressos em equivalentes μmol de Trolox 100 g^{-1} de fruta.

3.13.3 FRAP

O poder antioxidante redutor do ferro (FRAP) foi determinado pelo método descrito por Rufino et al. (2006), com algumas modificações. O reagente FRAP foi preparado a partir de tampão de acetato 0,3 mol L⁻¹ (pH 3,6) em TPTZ (10 mmol L⁻¹) diluído em HCl (40 mmol L⁻¹) e uma solução de cloreto férrico (20 mmol L⁻¹). Em uma microplaca foi adicionado uma alíquota de 20 µL de amostra e 180 µL do reagente FRAP. A mistura foi agitada e incubada a 37 °C durante 30 min. Após esse período, a absorbância foi medida a 620 nm. Os resultados foram expressos em µmol equivalentes de Trolox 100 g⁻¹ de fruta.

3.14 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk, seguido de análise de variância (ANOVA), realizando-se posteriormente o teste de Tukey ao nível de 5% de significância ($p \leq 0,05$) para identificar diferenças significativas entre as médias dos tratamentos, por meio da utilização do *software* STATISTICA versão 7.0. Para avaliar o efeito do tempo de armazenamento, foi realizada uma análise de regressão polinomial.

REFERÊNCIAS

ALI, M. M.; HASHIM, N.; AZIZ, S. A.; LASEKAN, O. Pineapple (*Ananas comosus*): A comprehensive review of nutritional values, volatile compounds, health benefits, and potential food products. **Food Research International**, v. 137, 2020.

ALLEGRA, A.; INGLESE, P.; SORTINO, G.; SETTANNI, L.; TODARO, A.; LIGUORI, G. The Influence of *Opuntia ficus-indica* Mucilage Edible Coating on the Quality of 'Hayward' Kiwifruit Slices. **Postharvest Biology and Technology**, v. 120, p. 45–51, 2016.

ALMEIDA, J. I. O.; COSTA, F.; PAULINO, C. G.; ALMEIDA, M. J. O.; DAMACENO, M. N.; SANTOS, S. M. L.; FARIAS, V. L. Efeito da pasteurização sobre os compostos bioativos e a atividade antioxidante de polpa de frutos de *Ziziphus joazeiro* Mart. **Pesquisa, Sociedade e Desenvolvimento**, v. 9, n. 5, e135953245, 2020.

ANCOS, B.; SÁNCHEZ - MORENO, C.; GONZÁLEZ - AGUILAR, G. A. Pineapple composition and nutrition. M.G. Lobo, R.E. Paull (Eds.), **Handbook of pineapple Technology: Production, postharvest science, processing, and nutrition** (1 ed.), p. 221-239, 2017.

AOAC- Association of Official Analytical Chemistry. **Official methods of analysis of the association of official analytical chemists (20th ed.)**. Gaithersburg, Maryland: AOAC. 2016.

ARAMPATH, P. C.; DEKKER, M. Thermal Effect, Diffusion, and Leaching of Health-Promoting Phytochemicals in Commercial Canning Process of Mango (*Mangifera indica* L.) and Pineapple (*Ananas comosus* L.). **Foods**, v. 10, n. 1, p. 46, 2021.

ARAMPATH, P. C.; DEKKER, M. Bulk storage of mango (*Mangifera indica* L.) and pineapple (*Ananas comosus* L.) pulp: effect of pulping and storage temperature on phytochemicals and antioxidant activity. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 99, p. 5157–5167, 2019.

BASAGLIA, R. R.; PIZATO, S.; SANTIAGO, N. G.; ALMEIDA, M. M. M.; PINEDO, R. A.; CORTEZ-VEJA, W. R. Effect of edible chitosan and cinnamon essential oil coatings on the shelf life of minimally processed pineapple (*Smooth cayenne*). **Food Bioscience**, v. 41, 100966, 2021.

BATISTA, J. D. F. **Efeitos do plasma frio na qualidade e nos compostos bioativos da polpa de abacate (*Persea americana* Mill.)**. 2020. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa-PB, 2020.
BEIKZADEH, S.; KHEZERLOU, A.; JAFARI, S. M.; PILEVAR, Z.; MORTAZAVIAN, A. M. Seed mucilages as the functional ingredients for biodegradable films and edible coatings in the food industry. **Advances in Colloid and Interface Science**, v. 280, p. 102164, 2020.

BRANDÃO, I. S. S. **Aplicação do recobrimento de goma arábica e goma de juá na qualidade couve-flor (*Brassica oleracea* var. *Botrytis* L.) minimamente processada**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa. 42 p. 2019.

BRASIL. Portaria SES N° 635 de 2019. Altera a Portaria SES n° 90 de 2017 que dispõe sobre Regulamento Técnico de Boas Práticas de Fabricação e de Procedimentos Operacionais Padronizados para a industrialização de frutas e vegetais minimamente processados e a Lista de Verificação das Boas Práticas de Fabricação em Estabelecimentos Produtores/Industrializadores de frutas e vegetais minimamente processados. **Governo do Estado Rio Grande do Sul**, 2019. Disponível em: <<https://saude.rs.gov.br/upload/arquivos/carga20170437/13053734-1489756663-90-cevs.pdf>>. Acesso em 31 de março de 2021.

CARVALHO, R. L.; CABRAL, M. F.; GERMANO, T. A.; CARVALHO W. M.; BRASIL, I. M.; GALLÃO, M. I.; MOURA, C. F. H.; LOPES, M. M. A.; MIRANDA M. R. A. Chitosan coating with trans-cinnamaldehyde improves structural integrity and antioxidant metabolism of fresh-cut melon. **Postharvest Biology and Technology**, v. 113, p. 29-39, 2016.

COELHO, E. M.; PADILHA, C. V. S.; MISKINIS, G. A.; SA, A. G. B.; PEREIRA, G. E.; AZEVEDO, L. C.; LIMA, M. S. Simultaneous analysis of sugars and organic acids in wine and grape juices by HPLC: Method validation and characterization of products from Northeast Brazil. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 66, p. 160–167, 2018.

DAMAS, M. S. P.; JUNIOR, V. A. P.; NISHIHORA, R. K.; QUADRI, M. G. N. Edible films from mucilage of *Cereus hildmannianus* fruits: Development and characterization. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 134, n. 35, p. 45223, 2017.

DÁVALOS, A.; GÓMEZ-COROVÉS, C.; BARTOLOMÉ, B. Extending Applicability of the Oxygen Radical Absorbance Capacity (ORAC–Fluorescein) Assay. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 52, n.1, p. 48–54, 2004.

DINIZ, V. M. **Processamento do fruto do juazeiro para obtenção da farinha e do óleo**. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, 2016.

DOMÍNGUEZ, C. R.; AVILA, J. A. D.; PAREEK, S.; OCHOA, M. A. V.; ZAVALA, J. F. A.; YAHIA, E.; GONZÁLEZ-AGUILAR, G. A. Content of bioactive compounds and their contribution to antioxidant capacity during ripening of pineapple (*Ananas comosus* L.) cv. Esmeralda. **Journal of Applied Botany and Food Quality**, v. 91, p. 61-68, 2018.

DU, L. Q.; SUN, G. M.; ZHANG, X. M.; LIU, Y. G.; PRINYAWIWATKUL, W.; XU, Z. M.; SHEN, Y. X. Comparisons and correlations of phenolic profiles and anti-oxidant activities of seventeen varieties of pineapple. **Food Science and Biotechnology**, v. 25, p. 445-451, 2016.

DUTRA, M. C. P.; RODRIGUES, L. L.; OLIVEIRA, D.; PEREIRA, G. E.; LIMA, M. S. Integrated analyses of phenolic compounds and minerals of Brazilian organic and

conventional grape juices and wines: Validation of a method for determination of Cu, Fe and Mn. **Food Chemistry**, v. 269, p. 157–165, 2018.

FADHEL, Y. B.; ZIANE, N.; SALMIERI, S.; LACROIX, M. Combined Post-Harvest Treatments for Improving Quality and Extending Shelf-Life of Minimally Processed Broccoli Florets (*Brassica oleracea* var. *italica*). **Food and Bioprocess Technology**, v. 11, n. 1, p. 84–95, 2018.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO/INFOODS. **Food Composition Table for Western Africa (2019): User Guide & Condensed Food Composition Table**. 2020. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/ca7779b/CA7779B.PDF>>. Acesso em 26 de maio de 2021.

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistical Database. **Crops database**. FAOSTAT, 2018.

FERNANDES, F. G.; SILVA, R. S.; OLIVEIRA, P. M. L.; BORGES, G. S. C. **Mucilagem do fruto do juá para fins alimentícios**. Depositante: Universidade Federal da Paraíba. BR 10 2020 010240 0. Depósito: 22 de maio de 2020.

FERNANDES, M. F.; QUEIROZ, L. P. Vegetação e flora da Caatinga. **Ciência e Cultura**, v. 70, n. 4, p. 51-56, 2018.

FERREIRA, E. A.; SIQUEIRA, H. E.; BOAS, E. V. V.; HERMES, V. S.; RIOS, A. O. Bioactive compounds and antioxidant activity of pineapple fruit of different cultivars/Compostos bioativos e atividade antioxidante de frutos de cultivares de abacaxizeiros. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 38, n. 3, 2016.

FLORA DO BRASIL. **Rhamnaceae in Flora do Brasil 2020**. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <<http://floradobrasil.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB20675>>. Acesso em: 30 de janeiro de 2021.

HAMDANI, A. M.; WANI, I. A.; BHAT, N. A. Sources, structure, properties and health benefits of plant gums: a review. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 135, p. 46–61, 2019.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Sistema IBGE de recuperação automática, SIDRA: levantamento sistemático da produção agrícola**. Rio de Janeiro: IBGE, 2020.

ISMAIL, N. A. M.; ABDULLAH, N.; MUHAMMAD, N. Effect of microwave-assisted processing on quality characteristics of pineapple jam. **Journal of Advanced Research in Fluid Mechanics and Thermal Sciences**, v. 42, n. 1, p. 24–30, 2018.

JESUS, A. L. T.; LEITE, T., S.; CRISTIANINI, M. High isostatic pressure and thermal processing of açaí fruit (*Euterpe oleracea* Martius): Effect on pulp color and inactivation of peroxidase and polyphenol oxidase. **Food Research International**, v. 105, p. 853 – 862, 2018.

JIANG, Z.; ZHENG, H.; MANTRI, N.; QI, Z.; ZHANG, X.; HOU, Z.; CHANG, J.; LU, H.; LIANG, Z. Prediction of relationship between surface area, temperature, storage time and ascorbic acid retention of fresh-cut pineapple using adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS). **Postharvest Biology and Technology**, v. 113, p. 1–7, 2016.

JING, Y.; HUANG, J.; YU, X. Maintenance of the antioxidant capacity of fresh-cut pineapple by procyanidin-grafted chitosan. **Postharvest Biology and Technology**, v. 154, p. 79–86, 2019.

LI, X.; ZHU, X.; WANG, H.; LIN, X.; LIN, H.; CHEN, W. Postharvest application of wax controls pineapple fruit ripening and improves fruit quality. **Postharvest Biology and Technology**, v. 136, p. 99-110, 2018.

LOBO, M. G.; YAHIA, E. **Biology and postharvest physiology of pineapple**, In Lobo, M. G. and Paull, R. E. 2017. (Eds), *Handbook of Pineapple Technology: Production, Postharvest Science, Processing and Nutrition*, 1st ed., John Wiley & Sons Ltd, NJ, pp. 39-61.

LÓPEZ-CÓRDOBA, A.; ALDANA-USME, A. Edible coatings based on sodium alginate and ascorbic acid for application on fresh-cut pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr). **Agronomía Colombiana**, v. 37, n. 3, p. 317-322, 2019.

MANZOCCO, L.; PLAZZOTTA, S.; MAIFRENI, M.; CALLIGARIS, S.; ANESE, M.; NICOLI, M. C. Impact of UV-C light on storage quality of fresh-cut pineapple in two different packages. **LWT - Food Science and Technology**, v. 65, p. 1138-1143, 2016.
MARINGGAL, B.; HASHIM, N.; TAWAKKAL, I. S. M. A.; MOHAMED, M. T. M. Recent advance in edible coating and its effect on fresh/fresh-cut fruits quality. **Trends in Food Science & Technology**, v. 96, p. 253-267, 2020.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - MMA. **Caatinga**. 2019. Disponível em:<<https://www.mma.gov.br/biomas/caatinga>>. Acesso em 30 de janeiro de 2021.

NETO, A. A. O. A participação do abacaxi no desenvolvimento econômico nas regiões produtoras. **Compêndio de Estudos CONAB** - Diretoria de Política Agrícola e Informações, Superintendência de Informações do Agronegócio – Companhia Nacional de Abastecimento, v. 24. 43 p. 2020.

NICANOR, A. B.; SOTO, J. L. M.; BARAJAS, E. C.; RODRÍGUEZ, M. L. X. N.; MARTÍNEZ, G. T. Spectroscopic and Structural Analyses of *Opuntia robusta* Mucilage and Its Potential as an Edible Coating. **Coatings**, v. 8, n. 12, p. 466, 2018.

OLIVEIRA, P. M. L.; DANTAS, A. M.; MORAIS, A. R. S.; GIBBERT, L.; KRÜGER, C. C. H.; LIMA, M. S.; MAGNANI, M.; BORGES, G. S. C. Juá fruit (*Ziziphus joazeiro*) from Caatinga: A source of dietary fiber and bioaccessible flavanols. **Food Research International**, v. 129, p. 108745, 2020.

PADRÓN-MEDEROS, M.; RODRÍGUEZ-GALDÓN, B.; DÍAZ-ROMERO, C.; LOBO-RODRIGO, M. G.; RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ, E. M. Quality evaluation of minimally fresh-cut processed pineapples. **LWT - Food Science and Technology**, v. 129, 2020.

PEREIRA, L. F. **Aplicação de revestimento comestível em abacaxi minimamente processado**. 2017. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Uberlândia, Patos de Minas-MG, 2017.

PIRES, J.; TORRES, P. B.; SANTOS, D. Y. A. C.; CHOW, F. Ensaio em microplaca do potencial antioxidante através do método de sequestro do radical livre DPPH para extratos de algas. **Instituto de Biociências**, p. 2-6, ISBN 978-85-85658-71-7, 2017.

PIZATO, S.; CHEVALIER, R. C.; SANTOS, M. F.; COSTA, T. S.; PINEDO, R. A.; VEGA, W. R. C. Evaluation of the shelf-life extension of fresh-cut pineapple (*Smooth cayenne*) by application of different edible coatings. **British Food Journal**, v. 121, n. 7, p. 1592-1604, 2019.

PRAKASH, A.; BASKARAN, R.; VADIVEL, V. Citral nanoemulsion incorporated edible coating to extend the shelf life of fresh cut pineapples. **LWT - Food Science and Technology**, v. 118, 108851, 2020.

RASHIMA, R. S.; MAIZURA, M.; HAFZAN, W. N. W.M.; HAZZEMAN, H. Physicochemical properties and sensory acceptability of pineapples of different varieties and stages of maturity. **Food Research**, v. 3, n. 5, p. 491-500, 2019.

REINHARDT, D. H. R. C.; BARTHOLOMEW, D. P.; SOUZA, F. V. D.; CARVALHO, A. C. P. P.; P'ADUA, T. R. P.; JUNGHANS, D. T.; MATOS, A. P. Advances in pineapple plant propagation. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, n. 6, 1–22, 2018.

ROCHA, J. G.; SILVA, R. C.; PINHEIRO, L. S.; NETO, J. P. S.; BEIRÃO, A. T. M.; SILVA, K. P.; SILVA, J. N.; SILVA, V. F. A.; CARVALHO, F. I. M.; SILVA, P. A. Desenvolvimento e caracterização de doce e geleia de abacaxi 'pérola' com flor de camomila desidratada e canela em pau. **Revista Ibero Americana de Ciências Ambientais**, v. 11, n. 3, p.44-59, 2020.

RODRIGUES, F. J.; CEDRAN, M. F.; GARCIA, S. Influence of Linseed Mucilage Incorporated into an Alginate-Base Edible Coating Containing Probiotic Bacteria on Shelf-Life of Fresh-Cut Yacon (*Smallanthus sonchifolius*). **Food and Bioprocess Technology**, v. 11, n. 8, p. 1605–1614, 2018.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R. E.; BRITO, E. S.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PÉREZ-JIMÉNEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. Determinação da Atividade Antioxidante Total em Frutas pelo Método de Redução do Ferro (FRAP). **Comunicado técnico on-line** ISSN 1679-6535, 2006.

SAHA, A.; TYAGI, S.; GUPTA, R. K.; TYAGI, Y. K. Natural gums of plant origin as edible coatings for food industry applications. **Critical Reviews in Biotechnology**, v. 37, n. 8, p. 959–973, 2017.

SEPTEMBRE-MALATERRE, A.; REMIZE, F.; POUCHERET, P. Fruits and vegetables, as a source of nutritional compounds and phytochemicals: Changes in bioactive compounds during lactic fermentation. **Food Research International**, v. 104, p. 86–99, 2018.

SHAMSUDIN, R.; ZULKIFLI, N. A.; ZAMAN, A. A. K. Quality attributes of fresh pineapple-mango juice blend during storage. **International Food Research Journal**, v. 27, n. 1, p. 141–149, 2020.

SHARMA, L.; SAINI, C. S.; SHARMA, H. K. Development of crosslinked sesame protein and pineapple extract-based bilayer coatings for shelf-life extension of fresh-cut pineapple. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 42, p. 13527, 2017.

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, J. B.; MOURA, M. F. V.; SILVA, T. R. C.; ARAÚJO, N. G.; BARBOSA, I. M. Caracterização físico-química e composição centesimal e mineral do fruto do juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.). **Enciclopédia biosfera**, v. 14, n. 25, p. 289 - 298, 2017a.

SILVA, J. L.; COSTA, F. B.; NASCIMENTO, A. M.; SOUSA, F. F.; SANTOS, K. P. Taxa respiratória de frutos de juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.) armazenado sob temperatura ambiente. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 12, n. 2, p. 343–347, 2017b.

SILVA, J. L. **Qualidade e armazenamento de frutos de juazeiro (*Ziziphus joazeiro* mart.) sob temperatura ambiente**. 75 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2015. 75 f.

SOUZA, A. E.; SILVA, M. V. B.; FEISTEL, P. R. Distribuição espacial da produção de abacaxi no Brasil, com ênfase na Paraíba, no período de 2003 a 2017. **Revista Econômica do Nordeste**, v. 51, n. 4, p. 47-66, 2020.

SOUZA, F. V. D.; SOUZA, E. H.; PÁDUA, T. R. P. FERREIRA, F. R. **Abacaxi (*Ananas* spp.) cultivados e silvestres**. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura – IICA. 2017. Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1095063/1/7ddc230c2f7aAbacaxi03a.pdf>>. Acesso em: 07 de novembro de 2020.

STEINGASS, C. B.; VOLLMER, K.; LUX, P. E.; DELL, C.; CARLE, R.; SCHWEIGGERT, R. M. HPLC-DAD-APCI-MSn analysis of the genuine carotenoid pattern of pineapple (*Ananas comosus* [L.] Merr.) infructescence. **Food Research International**, v. 127, p. 108709, 2020.

SUN, G. M.; ZHANG, X. M.; SOLER, A.; MARIE-ALPHONSINE, P. Nutritional composition of pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merr.). In **Nutritional Composition of Fruit Cultivars**. SIMMONDS, M., PREEDY, V., Eds.; Elsevier: Amsterdam, The Netherlands, 2016; p. 609–637.

QUEIROZ, L. P.; CARDOSO, D.; FERNANDES, M.; MORO, M. Diversity and evolution of flowering plants of the Caatinga domain. In: da Silva, J. C.; Leal, I.; Tabarelli, M. (eds.), **Caatinga: the largest tropical dry forest region in South America**. Cham: Springer, 2017, p. 23-63

TABELA BRASILEIRA DE COMPOSIÇÃO DE ALIMENTOS (TBCA). **Composição de Alimentos (Em Medidas Caseiras)**. Universidade de São Paulo (USP). Food Research Center (FoRC). Versão 7.1. São Paulo, 2020. Disponível em: <http://www.tbca.net.br/base-dados/int_composicao_alimentos.php?cod_produto=C0002C>. Acesso em 26 de maio de 2020.

TAHIR, H. E.; XIAOBO, Z.; MAHUNU, G. K.; ARSLAN, M. Recent developments in gum edible coating applications for fruits and vegetables preservation: A review. **Carbohydrate Polymers**, v. 224, p. 115141, 2019.

TREVIÑO-GARZA, M. Z.; CORREA-CERÓN, R. C.; ORTIZ-LECHUGA, E. G.; SOLÍS-ARÉVALO, K. K.; CASTILLO-HERNÁNDEZ, S. L.; GALLARDO-RIVERA, C. T.; NIÑO, K. A. Effect of Linseed (*Linum usitatissimum*) Mucilage and Chitosan Edible Coatings on Quality and Shelf-Life of Fresh-Cut Cantaloupe (*Cucumis melo*). **Coatings**, v. 9, n. 6, p. 368, 2019.

TREVIÑO-GARZA, M. Z.; GARCÍA, S.; HEREDIA, N.; ALANÍS-GUZMÁN, M. G.; ARÉVALO-NIÑO, K. Layer-by-layer edible coatings based on mucilages, pullulan and chitosan and its effect on quality and preservation of fresh-cut pineapple (*Ananas comosus*). **Postharvest Biology and Technology**, v. 128, p. 63–75, 2017.

TURAZZI, F. C. **Alimentos minimamente processados: avaliação do perfil volátil de abacaxi (*Ananas comosus* L.) em diferentes períodos e temperaturas de armazenagem empregando HS-SPME e GC-MS**. 2016. Relatório (Estágio Supervisionado II) - Departamento de Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2016.

WALL-MEDRANO, A.; GONZALEZ-AGUILAR, G. A.; LOARCA-PINA, G. F.; LOPEZ-DIAZ, J. A.; VILLEGAS-OCHOA, M. A.; TORTOLEDO-ORTIZ, O.; OLIVAS-AGUIRRE, F. J.; RAMOS-JIMENEZ, A.; ROBLES-ZEPEDA, R. Ripening of *Pithecellobium dulce* (Roxb.) Benth. [Guamuchil] fruit: Physicochemical, chemical and antioxidant changes. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 71, p. 396-400, 2016.

YEMENICIOĞLU, A.; FARRIS, S.; TURKYILMAZ, M.; GULEC, S. A review of current and future food applications of natural hydrocolloids. **International Journal of Food Science & Technology**, v. 55, p. 1389–1406, 2020.

YEOH, W. K.; ALI, A. Ultrasound treatment on phenolic metabolism and antioxidant capacity of fresh-cut pineapple during cold storage. **Food Chemistry**, v. 216, p. 247–253, 2017.

YOUSUF, B.; QADRI, O. S.; SRIVASTAVA, A. K. Recent developments in shelf-life extension of fresh-cut fruits and vegetables by application of different edible coatings: A review. **LWT - Food Science and Technology**, v. 89, p. 198-209, 2018.

ZENG, W. W.; LAI, L. S. Characterization of the Mucilage Extracted from the Edible Fronds of Bird's Nest Fern (*Asplenium australasicum*) with Enzymatic Modifications. **Food Hydrocolloids**, v. 53, p. 84–92, 2016.

ZDROJEWICZ, Z.; CHORBIŃSKA, J.; BIEŻYŃSKI, B.; KRAJEWSKI, P. Health-promoting properties of pineapple. **Pediatrics i Medycyna Rodzinna**, v. 14, n. 2, 133–142, 2018.

ZOU, Y.; YU, Y.; CHENG, L.; LI, L.; ZOU, B.; WU, J.; ZHOU, W.; LI, J.; XU, Y. Effects of curcumin-based photodynamic treatment on quality attributes of fresh-cut pineapple. **LWT - Food Science and Technology**, v. 141, (2021) p. 110902, 2021.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nesta dissertação estão descritos no formato de artigo científico, submetido para publicação em revista de Qualis A1 na área de Ciência e Tecnologia de Alimentos, exposto a seguir.

ARTIGO: Effects of edible coatings with mucilage and phenolic extract from juá (*Ziziphus joazeiro* Mart.) on the shelf life of pineapple (*Ananas comosus*) fresh-cut

ABSTRACT

The objective of the study was to evaluate edible coatings based on juá mucilage (T2), mucilage, phenolic extract from juá (T3) and layer-by-layer of juá mucilage and gum arabic (T4) in the shelf life of fresh-cut pineapple during 9 days at 5 ± 1 °C. T2 and T3 were

effective reduce POD and PPO, consequently reducing changes in fruit color compared to control. T2 was more efficient in reducing metabolic activity with lowest conversion of sugars into glucose and fructose and organic acids. In addition, the edible coating added phenolic extracts (T3) showed highest content phenolics. Other hand, T2 had minor reduction antioxidant activity (39.55 %) in FRAP and (33.46 %) in ORAC assay compared others edible coatings ($p \leq 0.05$). These findings indicates potential use of juá mucilage and juá phenolic extract in maintaining quality and extension of the shelf life of fresh-cut pineapple during 9 days.

Key-words: bioactive; hydrocolloids; minimally processed; physical-chemical analyzes.

1. Introduction

Pineapple (*Ananas comosus* L., Merrill) is currently one of the most cultivated tropical fruits in the world (FAOSTAT, 2018). Brazil is the second largest producer and *Smooth Cayenne* variety most cultivated, popularly known as Hawaii. These variety present fruits cylindrical format, yellow color pulp, weight varied 1.5 to 2.5 kg, with greater acidity compared to the others varieties (Silva et al., 2019). Pineapple is a non-climacteric fruit with high content water (about 90 %), tend to be perishable and susceptible to physiological changes, resulting in a short post-harvest life (Li et al., 2018). Pineapple has high content sugars (about 12 %), dietary fibers, and minerals (K, Ca, P, and Mg) (FAO, 2020), aside from antioxidant potential related to its content vitamin C and phenolic compounds such as gallic acid, catechin, epicatechin, vanillic acid, 2-hydroxycinnamic acid, myricetin, chlorogenic acid, galocatechin, quercetin, and β -carotene (Domínguez et al., 2018; Jing, Huang, & Yu, 2019).

The intake pineapple is not convenient due need to remove the thick and hard peel to consume (Jing et al., 2019), however fresh-cut technology has been used to market pineapple with format easy and convenient for consumer and reduce discard (Yousuf, Qadri, & Srivastava, 2018; Jing et al., 2019). On the other hand, fresh-cut pineapples have a short shelf life due to changes that occur during minimal processing steps, such as peeling and cutting, destroying

tissue of the fruit. These changes involve increased biochemical reactions, loss of nutrients such as vitamins, rapid deterioration and loss of flavor (Ali, Hashim, Aziz, & Lasekan, 2020). Furthermore, fresh-cut pineapples are more susceptible to browning because the cut increases the surface area for the action of oxidative enzymes (Arnon-Rips & Poverenov, 2018).

Some technologies are used to control the loss of quality of fresh-cut pineapple, such the application of edible coatings, in which the coating materials are applied as a thin layer coating the fruits, or the fruits are immersed in solutions with these materials (Beikzadeh, Khezerlou, Jafari, Pilevar, & Mortazavian, 2020). Studies have demonstrated the effect of different types of gums and mucilage based edible coatings applied to fresh-cut pineapple, such as nopal cactus, linseed, and *Aloe vera* mucilages extending the shelf life of fresh-cut pineapple for 6 days and improving quality (Treviño-Garza, García, Heredia, Alanís-Guzmán, & Arévalo-Niño, 2017), and xanthan gum and tara gum in the reduction weight loss, microbial growth and maintaining pineapple sensory characteristics (Pizato et al., 2019).

The juá, fruit of the joazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart. - *Rhamnaceae*) specie endemic from Caatinga, is an edible fruit, of sweet and white mucilaginous pulp, constituted of high water content, carbohydrates, vitamin C, and minerals (K, Ca, and Mg) (Silva, Moura, Silva, Araújo, & Barbosa, 2017), source of dietary fiber and phenolic compounds, especially flavanols, such as catechin, epicatechin and procyanidin, which contribute to its strong antioxidant activity *in vitro* (Oliveira et al., 2020). Recent studies of our research group showed the potential to obtain this mucilage through a sustainable and viable extraction process, with yields ranging from 10 to 20 %, indicating its feasibility for technological application in food matrices (Fernandes, Silva, Oliveira, & Borges, 2020), however, there are still no studies on the use of juá mucilage in the elaboration of edible coatings for application to fresh-cut fruits.

In this context, this study aimed evaluate the effects of edible coatings based juá mucilage and juá mucilage incorporated with phenolic extract on the physicochemical quality, bioactive compounds, and antioxidant activity of fresh-cut pineapple.

2. Material and methods

2.1 Pineapple and juá samples

Juá fruits were collected at physiological maturity in April 2020, in the city of Guarabira, Paraíba, Brazil (latitude 06° 51' 17" S x longitude 35° 29' 24" W x altitude 97 m). Plant material collection was performed with authorization of the National System for Management of Genetic Heritage and Associated Traditional Knowledge (SISGEN) under the registration number A365C29. The pineapples (*Ananas comosus* (L.) Merr. Cv. “*Smooth Cayenne*” (“Hawaii”) at commercial maturity were purchase in January 2021 in a local market (João Pessoa, Paraíba, Brazil - latitude 07° 06' 54" S x longitude 34° 51' 47" W x altitude 47 m).

2.2 Extraction juá mucilage and phenolics extracts

Juá mucilage was extracted by microwave according to the method described as requested by the intellectual property BR 10 2020 010240 0 (Fernandes et al., 2020).

The juá phenolic extract was obtained using the by-product of the juá mucilage extraction, adding ethanol at ratio of 1: 5 (w/v) and NaOH (0.1 mol L⁻¹) until reaching pH 8.0. The extraction of the phenolic compounds from the solution was carried out in an ultrasonic bath (Unique, USC-1800, Brazil) at 40 kHz for 1 h at 25 °C, followed by centrifugation at 6000 x g for 15 min at 4 °C. Finally, the phenolic extract was concentrated in a rotary evaporator

(Fisatom, 802, Brazil) at 75 rpm and 55 ± 2 °C. The juá extract was composed of about 19 phenolic compounds, with higher concentrations of kaempferol glucoside, catechin, procyanidin B1, procyanidin B2, gallic acid, and hesperidin (Table 1).

2.3 Experimental design and application edible coating in fresh-cut pineapple

Three different edible coating were prepared with juá mucilage solubilized in distilled water under heating at 70 °C, with continuous stirring (60 rpm) in a magnetic stirrer for 10 min until complete dissolution: JM (2.5 % juá mucilage, 0.1 % Tween 80 and 1.5 % glycerol), JMPE (2.5 % juá mucilage, 1.5 % juá phenolic extract, 0.1 % Tween 80 and 1.5 % glycerol), GA (2.0 % gum arabic, 0.1 % Tween 80 and 1.5 % glycerol).

The experiment design was completely randomized, in a 4 x 4 factorial scheme, corresponding to four treatments: control (T1: distilled water), JM (T2), JMPE (T3), JM + GA (T4 used layer-by-layer technique) evaluated during storage (0, 3, 6, and 9 days) at 5 ± 1 °C. The fruit was washed and sanitized with 100 ppm sodium hypochlorite solution for 15 min, after manually peeled and cut into cubes of 2 cm x 2 cm x 2 cm.

In treatments, fresh-cut pineapples were submerged in the different coating solutions for 2 min. Exception, treatment 4 (T4) used layer-by-layer technique, the pineapple were immersed in the JM coating solution for 2 min discarding the excess of coating by draining for 2 min before submerging the fruits into the next solution (GA) for a further 2 min. The coated fruits were left inside a laminar airflow booth at room temperature (21 ± 2 °C) for 40 min for drying, then packaged separately in polypropylene box with cover. Each box weighed between 60.22 and 73.55 g. A total of 32 boxes were stored at 5 ± 1 °C during 9 days.

2.4 Weight loss

Weight loss was determined during storage using a digital analytical balance. The result was expressed as % of weight loss, calculated according to Equation (1) (Basaglia et al., 2021):

$$\% \text{ Weight Loss} = [(W_0 - W) / W_0] \times 100 \quad (1)$$

in which W_0 is the initial sample weight and W is the final sample weight.

2.5 Color analysis, browning index, and whiteness index

Color analysis of fresh-cut pineapples was performed in eight replicates for each treatment, with a colorimeter (Konica Minolta Sensing, CR-400, Brazil), using the CIELAB scale: L^* , a^* , b^* , C^* (chroma), and h° (hue) (Sharma, Saini, & Sharma, 2017).

The browning index (BI) was calculated from the Equation (2) (Batista et al., 2021):

$$BI = [100 (x - 0.31)] / 0.172 \quad (2)$$

in which $x = a^* + 1.75L / 5.645L + a^* - 3.012$.

The whiteness index (WI) was calculated from the Equation (3) (Aguayo, Allende, & Artés, 2003):

$$WI = (100 - [(100 - L^*)^2 + a^{*2} + b^{*2}]^{0.5}) \quad (3)$$

2.6 Enzymatic activity

The enzymes peroxidase (POD) and polyphenol oxidase (PPO) were extracted according to the methodology adapted by Jesus, Leite, & Cristianini, (2018). An aliquot, 5 g of fresh-cut pineapple was mixed with 25 mL of 0.2 mol L⁻¹ potassium phosphate buffer at pH 8.0 containing 0.5 % polyvinylpyrrolidone (PVPP). The mixture was homogenized in a vortex (Warmnest, VX – 38, Brazil) at 2500 rpm for 2 min and centrifuged at 4 °C for 30 min at 7500 x g. The supernatant containing the enzymes was filtered through a qualitative filter, obtaining the crude enzymatic extract.

The POD activity was determined with 50 µL of enzymatic extract mixed with 150 µL of a reaction mixture composed potassium phosphate buffer, hydrogen peroxide and guaiacol. For PPO activity, 50 µL of enzymatic extract was mixed with 150 µL of a reaction composed of catechol and potassium phosphate buffer.

Analysis of the activities of both enzymes was performed in a microplate reader (BMG LABTECH, FLUOstar Omega, Germany) at 450 nm for POD and 420 nm for PPO at 25 °C for 10 min. The number of cycles was set to 30 with a cycle interval of 20 s. Relative enzyme activity (REA) was calculated from the Equation (4) (Batista et al., 2021):

$$\% REA = (A/A_0) \times 100 \quad (4)$$

in which A is the initial enzymatic activity and A₀ is the enzymatic activity at a given time.

2.7 Texture

Firmness was measured with a texture analyzer (Extralab, TA.XTplusC, Brazil) by compression with a P/3 probe, as performed by Sharma et al. (2017) with modifications. The

cylindrical probe was adjusted at a speed of 2 mm s⁻¹ for pre-test and test and 10 mm s⁻¹ for post-test. Results were expressed in Newton (N).

2.8 Physicochemical analysis

The physicochemical analyses were performed using the recommended methods of the Association of Official Analytical Chemicals (AOAC- Association of Official Analytical Chemistry, 2016). Titratable acidity (TA) was expressed as percentage of citric acid per kg⁻¹ of fruit (Method 920.15). The hydrogen potential (pH) was determined using a digital pH meter (Bel Engineering, PHS3BW, Brazil) (Method 981.12). Total soluble solids were determined using a refractometer (Instrutherm, RT-90 ATC, Brazil) (Method 932.14).

Ascorbic acid content was determined by the Tillmans method (AOAC, 2016). The result was expressed in % mg of ascorbic acid per kg⁻¹ of fruit, calculated from Equation (5).

$$\% AA = (V \times A \times 100) / M \quad (5)$$

In which: A = mass in mg of ascorbic acid corresponding to 1 mL of DCFI, referring to standard titration; M = sample mass (g); V = volume of DCFI, spent on sample titration.

2.9 Sugars and organic acids profile

Sugars and organic acids were extracted from 2 g of sample macerated with 5 mL of deionized water and subjected to ultrasonic bath at 40 KHz for 60 min at 25 °C. After, the mixture was centrifuged at 6000 x g for 15 min, the supernatant was collected and the residue was re-extracted through the steps mentioned above. Supernatants were mixed and filtered

through a 0.45 μm syringe filter (PTFE) (Macherey-Nagel, Chromafil® Xtra, Germany). Sugars and organic acids were analyzed in a high performance liquid chromatograph - HPLC (Agilent Technologies, 1260 Infinity LC, USA) coupled diode array detector – DAD (Agilent Technologies, G1315D, USA) using an Agilent Hi-Plex H column (7.7×300 mm, 8 μm) (Coelho et al., 2018).

2.10 Profile of phenolic compounds

For extraction of phenolic compounds, the pineapple fresh-cut was crushed and approximately 5 g were mixed with 100 % methanol (20 mL), and submitted extraction in an ultrasonic bath at 40 kHz for 30 min at 25 °C according to the method adapted by Yeoh & Ali (2017). Then, the extracts were centrifuged at 7500 x g for 15 min at 4 °C and supernatants were collected and filtered through a 0.45 μm syringe filter (PTFE) to determine the profile of phenolics and antioxidant activity.

The phenolic compounds in juá phenolic extract and fresh-cut pineapple were identified and quantified by HPLC coupled diode array detector – DAD, using a Zorbax C18 (12.6×4.6 mm, 5 μm) precolumn and a Zorbax Eclipse Plus RP-C18 (100×4.6 mm, 3.5 μm) column (Dutra, Rodrigues, Oliveira, Pereira, & Lima, 2018).

2.11 Determination of antioxidant activity

The antioxidant activity of fresh-cut pineapple was determined from assays of 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl radical neutralizing capacity (DPPH), oxygen radical absorption capacity (ORAC) and ferric reducing antioxidant power (FRAP) in a microplate reader (BMG

LABTECH, FLUOstar Omega, Germany) (Oliveira et al., 2020). The results were expressed as μmol equivalents of Trolox 100 g^{-1} .

2.12 Statistical analysis

The data obtained were submitted to the Shapiro-Wilk normality test and the differences were evaluated through analysis of variance (one-way ANOVA) and Tukey test was performed to identify significant differences between treatments with significance of 5 % using the *Statistica* software version 7.0. The polynomial regression analysis was used to evaluate the effect of storage time.

3. Results and discussion

3.1 Weight loss and firmness

The results of weight loss and firmness of fresh-cut pineapples with different coatings stored during 9 days at $5 \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ are shown Table 2.

There was an increase in the weight loss during the storage period in all treatments ($p \leq 0.05$). The juá mucilage coatings were efficient to reduced weight loss compared to control ($p \leq 0.05$). The T4 showed minor weight loss compared others treatments ($p \leq 0.05$). This result can be explained due to crosslinking between the polysaccharides of the juá mucilage and arabic gum that reduce the availability of the hydrophilic groups to interact with the fruit water, making the coating less permeable to water vapor, consequently, reducing the exudation. This comportment was demonstrated previously study the interaction between the *Aloe Vera* gel components and chitosan molecules (Pinzon, Garcia, & Villa, 2018). The

edible coatings with juá mucilage were more efficient than pectin-based coatings, tare gum, and xanthan gum in the shelf life of fresh-cut pineapple stored during 12 days at 4 °C that showed weight loss between 8.23 % and 10.48 % (Pizato et al., 2019).

The weight loss in fresh-cut pineapple are due mainly to exudation of water from vegetable cell, consequently affect the textural characteristic (Treviño-Garza et al., 2017). No significant differences were demonstrated for firmness between treatments from the 6th day of storage ($p \geq 0.05$), but T4 maintained the firmness of pineapple during storage ($R^2 \leq 0.9$) because had less water exudation. Likewise, T3 also had no significant reduction in firmness over the 9 days ($R^2 \leq 0.9$). This result suggests that the incorporation of phenolic compounds in the coating reduced the action of the polygalacturonase (PG), hydrolytic enzyme released during the fruit cutting process which degrades the middle lamella cell wall and reduces the firmness (Maringgal, Hashim, Tawakkal, & Mohamed, 2020). Our results were similar firmness values obtained in the coatings based on mucilage, chitosan, and pullulan with values of 2.61 to 1.32 N fresh-cut pineapple stored during 18 days at 4 °C (Treviño-Garza et al., 2017).

3.2 Enzymatic activity, browning index, whiteness index, and color

The relative activity of POD (peroxidase) and PPO (polyphenoloxidase) enzymes are shown in Table 3.

In general, enzymatic activity varied during storage in all treatments ($R^2 \geq 0.9$). The T3 was most effective to reduce enzyme activity POD, and T2 and T3 of PPO until 9 days storage ($p \leq 0.05$).

The effects of T2 and T3 on reduction activity POD and PPO may be related to capacity of the coatings to reduce the transfer of O₂ from the external environment to the fruit, decreasing

the rates of respiration and delaying oxidative reactions of the enzymes (Jing et al., 2019). Other factor that contributed to the effectiveness of T3 was the presence of natural antioxidants such as kaempferol glucoside, catechin, procyanidin B1, procyanidin B2, gallic acid, and hesperidin from juá phenolic extract added to the coating, can suppress the increase POD and PPO activity of fruit during storage. This is probably due to the coupling of phenolic hydroxyl groups to the enzyme-substrate complex, which facilitates electron transfers and the reduction of oxidized compounds, preventing the generation of pigment products (Villamil-Galindo, Velde, & Piagentini, 2020). A similar trend was also reported in which the bioactive compounds of roselle extracts added to the gum arabic coating had a potential to inhibit PPO and POD in blueberry (Yang et al., 2019).

During storage, increases in PPO and POD activities can induce surface browning of fresh-cut pineapple, resulting in a decline in quality (Jing et al., 2019), consequently there is an increase trend at browning index (BI) (see Figure 1 A).

The PPO oxidizes phenolic compounds with formation of melanins responsible for the dark coloration of tissues (Rodríguez, Gomes, Rodrigues, & Fernandes, 2017; Paixão, Fonteles, Oliveira, Fernandes, & Rodrigues, 2018). The T2 was most effective with minor browning ($p \leq 0.05$) because besides to delay the PPO action, the use only of juá mucilage in T2 coating may have resulted in a lighter color coating, reflecting the less dark color of the treatment. These results were similar to study in which the mucilage coating of *Descurainia Sophia* resulted in a lower browning index of fresh-cut apples stored at 4 °C during 10 days (Noshad, Rahmati-Joneidabad, & Badvi, 2019).

The fresh-cut pineapple reduces the whiteness index (WI) (Figure 1 B) during storage, however all coatings treatments contributed to minor loss of whiteness compared to the control ($p \leq 0.05$).

The change in color of fresh-cut pineapple during storage is a perception of quality and sensory attribute important for consumers of fresh-cut fruits.

In all treatments pineapples had a reduction in luminosity (L^*) during the 9 days of storage ($R^2 \geq 0.9$) (Table 4). All coatings provided a lower loss of luminosity compared to the control from the 3rd day ($p \leq 0.05$). Likewise, other study identified a decrease in the L^* values of the pineapple fresh-cut coated and control during storage, however the control treatment showed maximum browning with a decrease in the L^* value (Prakash, Baskaran, & Vadivel, 2020). This decrease in WI and L^* values is associated with the browning of the fruits (Radi, Firouzi, Akhavan, & Amiri, 2017), indicating that all coatings in our study significantly delayed the decrease of WI and L^* , showing a better effect on the maintenance of these color attributes.

The a^* values increased in all treatments at the end of storage ($R^2 \geq 0.9$) (Table 4), indicating a less green color. On the other hand, the b^* values reduced in all treatments during the 9 days ($R^2 \geq 0.9$) and can be explain showed yellowing of the pineapple.

These changes in color can be attributed to the oxidative browning as consequence of ripening and senescence of the fresh-cut pineapple, what corroborates with other study (Basaglia et al., 2021) who obtained similar results in treatments of fresh-cut pineapple with chitosan coating storage at 5 ± 1 °C during 15 days, evidencing yellowing of the fruit.

In the saturation or color intensity (C^*), at the end of 9 days all treatments exhibited a reduction in the values of this parameter indicating dark yellow color appearance, no showed significance difference ($p \geq 0.05$). On the other hand, hue angle (h°) in all treatments had no significant differences during the storage time ($p \geq 0.05$), whose values indicate also the observable yellow color.

Changes in the appearance of fresh-cut pineapple during storage can be seen at Figure 2. It was observed that all coatings stick well to the fresh-cut surface.

3.3 Physicochemical parameters

The results physicochemical parameters are shown Table 5. Pineapples had no significant changes in acidity during 9 days of storage ($R^2 \leq 0.9$). The T3 had higher acidity ($p \leq 0.05$) due to higher concentrations of citric, malic, and succinic acids at 9 days storage, although a trend of reduction of these acids was observed during the storage period.

In the fruit ripening process, at respiratory activity there is a series of biochemical reactions that lead to the consumption of organic acids, modifying the acidity of the fruit (Treviño-Garza et al., 2017). Citric acid majority in pineapple not present significant reduction in T3 ($p \leq 0.05$). Malic acid the second predominant acid in pineapple reduced in all treatments, in minor quantity in T3 ($p \leq 0.05$). Succinic acid presented minors concentrations and was identified only in T3 at the end of storage ($p \leq 0.05$).

The minor reduction organic acid in T3 compared to others treatments may be due to the formation of hydrogen bonds between phenolic compounds and the polysaccharides of the juá mucilage getting a more compact structure, similar to described by Jing et al. (2019). Coatings more compact reducing the respiration rate and help to delay the oxidative reactions of the consumption of organic acids and the reduction of acidity (Jing et al., 2019).

The value pH varied in all treatments during storage ($R^2 \geq 0.9$). The coatings contributed to the maintenance of low pH, and this is preferred for fresh fruit because allows better control of microbial growth (Basaglia et al., 2021). One the factors that modify the pH of fruits are the metabolic processes and reactions that occur during post-harvest storage (Yang et al., 2019). The T2 had lowest pH after 9 days storage compared to control ($p \leq 0.05$), though T3 not differed significantly of T2 ($p \geq 0.05$), possibly because barrier properties of T2 and most compact structure of T3 reduced the input of O_2 in the fruit, thus delayed metabolic processes and consequently maintained the pH, corroborating with other study (Jing et al., 2019).

A trend of increase in total solid soluble values and in glucose and fructose concentrations was observed for all treatments during storage ($R^2 \geq 0.9$). When cutting fruit in minimal processing, respiration increase due to cell disruption, leading to conversion of polysaccharides to simple sugars, consequently to the increase in % TSS (Piano & Castillo-Israel, 2019). However, the T2 showed a minor increase in % TSS and in glucose and fructose values during storage ($p \leq 0.05$). This suggests that the low permeability to O_2 the coating T2 only with mucilage of the juá was sufficient to reduce the metabolic activity of sugar conversion, as well as in other study in which coatings based in *D. Sophia* mucilage were able to delay the sugars conversion processes of pineapple (Noshad et al., 2019).

Ascorbic acid content reduced during storage ($R^2 \geq 0.9$). All treatments showed a minor reduction ascorbic acid compared to control ($p \leq 0.05$). The T4 had lowest reduction (49.61 %), followed by T2 (54.97 %), T3 (57.03 %) compared to control (64.19 %). The decrease may be due to the degradation of ascorbic acid by oxidation in pineapple (Sharma et al., 2017). This vitamin also is easily degraded in aqueous medium (Caritá et al., 2020) can be lost by leaching in the fresh-cut pineapple exudate. The coatings may have contributed to reduce oxidative reactions and water loss with ascorbic acid leaching. These properties were better in T4 due to the use of the technique layer-by-layer that created an interaction between polysaccharides of the juá mucilage and the gum arabic, forming a more rigid coating structure which resulted in lower water permeability and pineapple exudation, as discussed in the weight loss results.

3.3 Profile of Phenolic Compounds

Nine phenolic compounds were quantified in fresh-cut pineapples principally flavanols (Table 6). Although the concentrations of phenolics decreased with storage time, all coatings contributed to the minor loss of catechin in pineapple compared to control, mainly T2 ($p \leq$

0.05). There were variations in the concentrations of epigallocatechin gallate with higher amount of compost in T1 and T2 at the end of storage ($p \leq 0.05$). Only T3 presented constant values of procyanidin B1 ($p \geq 0.05$) while the other treatments had variations during the 9 days. Procyanidin B2 was in greater amount in T1, T2, and T3, which did not differ significantly from each other ($p \geq 0.05$). All treatments showed a reduction in procyanidin A2 ($p \leq 0.05$), however this compound was not identified at T1. From the 6rd day the caffeic acid was identified only in T2, while gallic acid was found only in the coated treatments on day 9. There was no significant difference in caftaric acid at T1, T2, and T3 from the 6rd day ($p \geq 0.05$), whose compound was not identified in T4. Quercetin 3-glucoside was the most degraded compound during storage.

In general, the T3 had higher amount of total phenolic compounds on the 9rd day of storage, followed of T2. This can have occurred due to the incorporation of juá phenolic extract in T3 coating. Furthermore, T3 and T2 delayed the consumption of the phenolics due the capacity of these treatments to inhibit the action of PPO, as seen in the results of enzymatic activity, given that during storage of fresh-cut pineapple the reduction of phenolic compounds can be associated with the increase in enzymatic activity, because these compounds are used as PPO substrates in the presence of oxygen in the browning reactions (Yang et al., 2019).

These results corroborate with other study in which coatings based in chitosan prevented the loss of phenolic compounds in the fresh-cut pineapple during storage and these effects were even better with coatings based on chitosan added with procyanidin (Jing et al., 2019).

3.4 Antioxidant Activity

The antioxidant activity of fresh-cut pineapple with different coatings based on juá mucilage during storage, by assays FRAP, DPPH, and ORAC are shown in Table 7.

The antioxidant activity of fresh-cut pineapple shows a decreasing trend in all assays performed. In FRAP assay, T2 had a minor reduction of 39.55 % compared to others treatments ($p \leq 0.05$), in contrast with control that had a higher reduction of 56.23 %. Similar behavior was observed in ORAC assay, T2 had a minor reduction of 33.46 % compared to others treatments ($p \leq 0.05$). Highest concentration of catechin in T2 at the 9 day of storage may be contributed for these results. Recent study with juá demonstrated highest correlation between catechin and antioxidant activity in FRAP and ORAC assay (Oliveira et al., 2020).

In DPPH assay, T4 showed a lowest reduction activity (32 %) compared to control ($p \leq 0.05$). Beyond to the identified phenolic compounds, the higher content of ascorbic acid in T4 can be contributed for high antioxidant activity of pineapple because vitamin C acts as an electron donor, forming a stable DPPH-H molecule (Jing et al., 2019).

The T3 had the highest concentrations of total phenolics, however not show antioxidant activity superior to other treatments. This could have occurred because as soon as the extract is added to the polymeric matrix, the interactions between the phenolic hydroxyls and the mucilage polymers are already formed, which difficult a higher interaction of the extract with the system (Rodrigues, Bertolo, Marangon, Martins, & Plepis, 2020), justifying its lesser antioxidant action.

4. Conclusions

Juá mucilage and juá phenolic extract are natural and renewable able to improve barrier properties of the coatings, can preserve the quality and extend the shelf life of fresh-cut *Smooth Cayenne* pineapple during 9 days. Treatment T2 contributed to the lowest browning index, sugars conversion, soluble solids and higher FRAP and ORAC. The T3 showed the best effects reducing enzymatic activity of POD, maintenance of acidity, organic acids and

phenolic compounds. Both T2 and T3 delayed the increase of PPO and had low pH. The layer-by-layer technique (T4) provided less weight loss and ascorbic acid degradation, as well as greater activity in the DPPH assay. T4 and T3 had no texture changes during storage. All treatments delayed the loss of luminosity and whiteness index, however not affect the color parameters a^* , b^* , C^* , and h° . Thus, it can be concluded that juá mucilage and juá phenolic extract coatings are promising with potential application in the food industry to preserve the overall quality and extend the shelf life of fresh-cut pineapple.

Acknowledgments

The authors thank CNPq-Brazil for providing a scholarship to the first author. This study was financed in part by the Coordination for the Improvement of Higher Education Personnel - Finance Code 001.

References

- Aguayo, E., Allende, A., & Artés, F. (2003). Keeping quality and safety of minimally fresh processed melon. *European Food Research and Technology*, 216, 494–499. <https://doi.org/10.1007/s00217-003-0682-7>.
- Ali, M. M., Hashim, N., Aziz, S. A., & Lasekan, O. (2020). Pineapple (*Ananas comosus*): A comprehensive review of nutritional values, volatile compounds, health benefits, and potential food products. *Food Research International*, 137, 109675. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109675>.
- AOAC- Association of Official Analytical Chemistry (2016). Official methods of analysis of the association of official analytical chemists (20th ed.). Gaithersburg, Maryland: AOAC.
- Arnon-Rips, H., & Poverenov, E. (2018). Improving food products' quality and storability by using Layer by Layer edible coatings. *Trends in Food Science and Technology*, 75, 81-92. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2018.03.003>.
- Batista, J. D. F., Dantas, A. M., Fonseca, J. V. S., Madruga, M. S., Fernandes, F. A. N., Rodrigues, S., & Borges, G. S. C. (2021). Effects of cold plasma on avocado pulp (*Persea americana* Mill.): Chemical characteristics and bioactive compounds. *Journal of Food Processing and Preservation*, 45, 15179. <https://doi.org/10.1111/jfpp.15179>.

- Basaglia, R. R., Pizato, S., Santiago, N. G., Almeida, M. M. M., Pinedo, R. A., & Cortez-Veja, W. R. (2021). Effect of edible chitosan and cinnamon essential oil coatings on the shelf-life of minimally processed pineapple (*Smooth cayenne*). *Food Bioscience*, 41, 100966. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.100966>
- Beikzadeh, S., Khezerlou, A., Jafari, S. M., Pilevar, Z., & Mortazavian, A. M. (2020). Seed mucilages as the functional ingredients for biodegradable films and edible coatings in the food industry. *Advances in Colloid and Interface Science*, 280, 102164. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2020.102164>.
- Caritá, A. C., Fonseca-Santos, B., Shultz, J. D., Michniak-Kohn, B., Chorilli, M., & Leonardi, G. R. (2020). Vitamin C: One compound, several uses. Advances for delivery, efficiency and stability. *Nanomedicine: Nanotechnology, Biology, and Medicine*, 24, 102-117. <https://doi.org/10.1016/j.nano.2019.102117>.
- Coelho, E. M., Padilha, C. V. S., Miskinis, G. A., Sá, A. G. B., Pereira, G. E., Azevêdo, L. C., et al. (2018). Simultaneous analysis of sugars and organic acids in wine and grape juices by HPLC: Method validation and characterization of products from northeast Brazil. *Journal of Food Composition and Analysis*. 66, 160–167. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2017.12.017>.
- Domínguez, C. R., Avila, J. A. D., Pareek, S., Ochoa, M. A. V., Zavala, J. F. A., Yahia, E., & González-Aguilar, G. A. (2018). Content of bioactive compounds and their contribution to antioxidant capacity during ripening of pineapple (*Ananas comosus* L.) cv. Esmeralda. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 91, 61-68. <https://doi.org/10.5073/JABFQ.2018.091.009>.
- Dutra, M. C. P., Rodrigues, L. L., Oliveira, D., Pereira, G. E., & Lima, M. S. (2018). Integrated analyses of phenolic compounds and minerals of Brazilian organic and conventional grape juices and wines: Validation of a method for determination of Cu, Fe and Mn. *Food Chemistry*, 269, 157–165. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.07.014>.
- FAO - Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO/INFOODS. (2020). *Food Composition Table for Western Africa (2019): User Guide & Condensed Food Composition Table*. Retrieved from <http://www.fao.org/3/ca7779b/CA7779B.PDF>. Accessed June 26, 2021.
- FAOSTAT - Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistical Database. (2018). *Crops database*. Retrieved from <http://www.fao.org/statistics/en/>. Accessed June 26, 2021.
- Fernandes, F. G., Silva, R. S., Oliveira, P. M. L., & Borges, G. S. C. *Juá fruit mucilage for food purposes*. Depositor: Federal University of Paraíba. BR 10 2020 010240 0. Deposit: May 22, 2020.
- Jesus, A. L. T., Leite, T., S., & Cristianini, M. (2018). High isostatic pressure and thermal processing of açai fruit (*Euterpe oleracea* Martius): Effect on pulp color and inactivation of peroxidase and polyphenol oxidase. *Food Research International*, 105, 853 – 862. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.12.013>.

- Jing, Y., Huang, J., & Yu, X. (2019). Maintenance of the antioxidant capacity of fresh-cut pineapple by procyanidin-grafted chitosan. *Postharvest Biology and Technology*, 154, 79–86. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2019.04.022>.
- Li, X., Zhu, X., Wang, H., Lin, X., Lin, H., & Chen, W. (2018). Postharvest application of wax controls pineapple fruit ripening and improves fruit quality. *Postharvest Biology and Technology*, 136, 99–110. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2017.10.012>.
- Maringgal, B., Hashim, N., Tawakkal, I. S. M. A., & Mohamed, M. T. M. (2020). Recent advance in edible coating and its effect on fresh/fresh-cut fruits quality. *Trends in Food Science & Technology*, 96, 253–267. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2019.12.024>.
- Noshad, M., Rahmati-Joneidabad, M., & Badvi, Z. (2019). Effects of Natural Mucilage as an Edible Coating on Quality Improvement of Freshly-cut Apples. *Nutrition and Food Sciences Research*, 6, 21–27. DOI: 10.29252/nfsr.6.2.21.
- Oliveira, P. M. L., Dantas, A. M., Morais, A. R. S., Gibbert, L., Krüger, C. C. H., Lima, M. S., Magnani, M., & Borges, G. S. C. (2020). Juá fruit (*Ziziphus joazeiro*) from Caatinga: A source of dietary fiber and bioaccessible flavanols. *Food Research International*, 129, 108745. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.108745>.
- Paixão, L. M. N., Fonteles, T. V., Oliveira, V. S., Fernandes, F. A. N., & Rodrigues, S. (2018). Cold plasma effects on functional compounds of siriguela juice. *Food and Bioprocess Technology*, 12, 110–121. <https://doi.org/10.1007/s11947-018-2197-z>.
- Piano, A. M. P., & Castillo-Israel, K. A. T. (2019). Physico-chemical quality and microbial safety evaluation of ready-to-eat fresh-cut watermelon and pineapple sold in Imus, Cavite, Philippines. *Food Research*, v. 6, 684 – 692. [https://doi.org/10.26656/fr.2017.3\(6\).139](https://doi.org/10.26656/fr.2017.3(6).139).
- Pinzon, M. I., Garcia, O. R., & Villa, C. C. (2018). The influence of *Aloe vera* gel incorporation on the physicochemical and mechanical properties of banana starch-chitosan edible films. *Journal Science of Food Agriculture*, 98, 4042–4049. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8915>.
- Pizato, S., Chevalier, R. C., Santos, M. F., Costa, T. S., Pinedo, R. A., & Vega, W. R. C. (2019). Evaluation of the shelf life extension of fresh-cut pineapple (*Smooth cayenne*) by application of different edible coatings. *British Food Journal*, 121, 1592–1604. DOI: 10.1108/BFJ-11-2018-0780.
- Prakash, A., Baskaran, R., & Vadivel, V. (2020). Citral nanoemulsion incorporated edible coating to extend the shelf life of fresh cut pineapples. *LWT - Food Science and Technology*, 118, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2019.108851>.
- Radi, M., Firouzi, E., Akhavan, H., & Amiri, S. (2017). Effect of gelatin-based edible coatings incorporated with *Aloe vera* and black and green tea extracts on the shelf life of fresh-cut oranges. *Journal of Food Quality*, 2017, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2017/9764650>.
- Rodrigues, M. A. V., Bertolo, M. R. V., Marangon, C. A., Martins, V. C. A., & Plepis, A. M. G. (2020). Chitosan and gelatin materials incorporated with phenolic extracts of grape seed

and jabuticaba peel: Rheological, physicochemical, antioxidant, antimicrobial and barrier properties. *International Journal of Biological Macromolecules*, 160, 769–779. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2020.05.240>.

Rodríguez, Ó., Gomes, W. F., Rodrigues, S., & Fernandes, F. A. N. (2017). Effect of indirect cold plasma treatment on cashew apple juice (*Anacardium occidentale* L.). *Food Science and Technology*, 84, 457–463. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.06.010>.

Sharma, L., Saini, C. S., & Sharma, H. K. (2017). Development of crosslinked sesame protein and pineapple extract-based bilayer coatings for shelf life extension of fresh-cut pineapple. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42, 13527. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13527>.

Silva, A. F. M., Silva, G. S., Pagenotto, A. C. V., Giraldele, A. L., Moraes, J. P., Santos, B. S., Ghirardello, G. A., & Filho, R. V. (2019). Growth and initial development of 'Smooth Cayenne' and 'Pérola' pineapple cultivars, after post-planting herbicides' application. *Colloquium Agrariae*, 15, 27-34. DOI: 10.5747/ca.2019.v15.n1.a267.

Silva, J., Moura, M. F., Silva, T., Araújo, N., & Barbosa, I. (2017). Caracterização físico-química e composição centesimal e mineral do fruto do juazeiro (*Ziziphus joazeiro* Mart.). *Enciclopédia Biosfera*, 14, 299-310. DOI: 10.18677/EnciBio_2017A27.

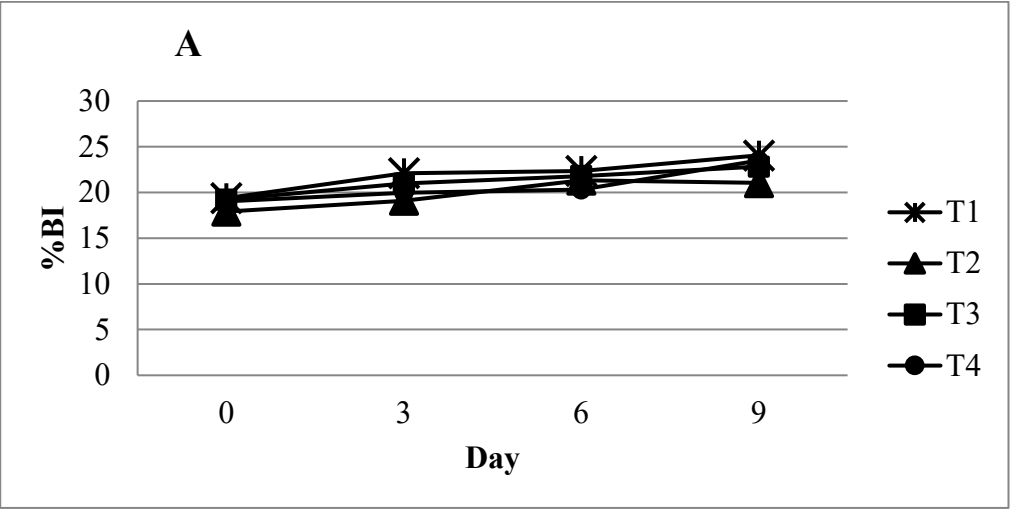
Treviño-Garza, M. Z., García, S., Heredia, N., Alanís-Guzmán, M. G., & Arévalo-Niño, K. (2017). Layer-by-layer edible coatings based on mucilages, pullulan and chitosan and its effect on quality and preservation of fresh-cut pineapple (*Ananas comosus*). *Postharvest Biology and Technology*, 128, 63–75. <http://dx.doi.org/10.1016/j.postharvbio.2017.01.007>.

Villamil-Galindo, E., Velde, F. V., & Piagentini, A. M. (2020). Extracts from strawberry by-products rich in phenolic compounds reduce the activity of apple polyphenol oxidase. *LWT - Food Science and Technology*, 133, 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2020.110097>.

Yang, Z., Zou, X., Li, Z., Huang, X., Zhai, X., Zhang, W., Shi, J., & Tahir, H. E. (2019). Improved Postharvest Quality of Cold Stored Blueberry by Edible Coating Based on Composite Gum Arabic/Roselle Extract. *Food and Bioprocess Technology*, 12, 1537–1547. <https://doi.org/10.1007/s11947-019-02312-z>.

Yeoh, W. K., & Ali, A. (2017). Ultrasound treatment on phenolic metabolism and antioxidant capacity of fresh-cut pineapple during cold storage. *Food Chemistry*, 216, 247–253. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2016.07.074>.

Yousuf, B., Qadri, O. S., & Srivastava, A. K. (2018). Recent developments in shelf life extension of fresh-cut fruits and vegetables by application of different edible coatings: A review. *LWT - Food Science and Technology*, 89, 198-209. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.10.051>.



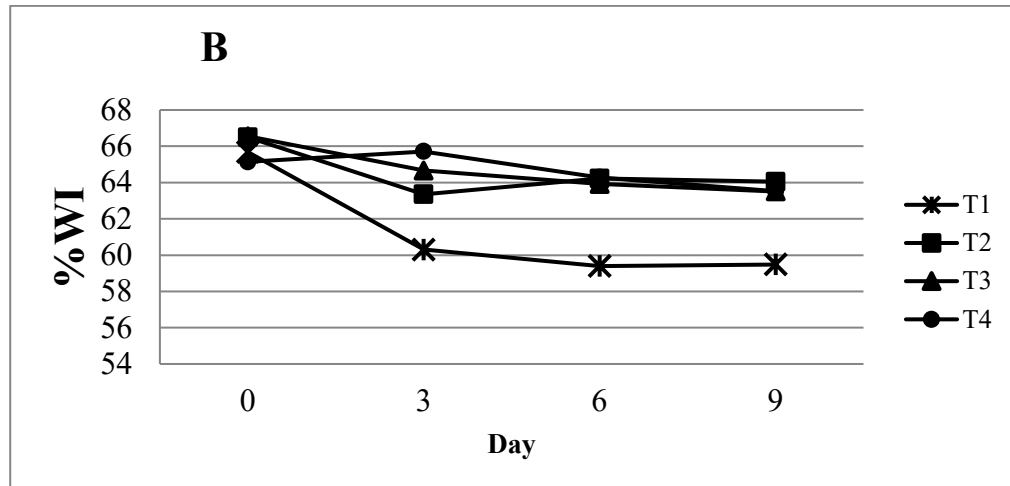


Figure 1. Browning index (BI) (A) and whiteness index (WI) (B) parameters in fresh-cut pineapple with different mucilage edible coatings of juá during storage at 5 ± 1 °C during 9 days. *T1 (fresh-cut pineapple control); T2 (fresh-cut pineapple with juá mucilage coating); T3 (fresh-cut pineapple with juá mucilage coating and juá phenolic extract); T4 (fresh-cut pineapple with juá mucilage coating and gum arabic).

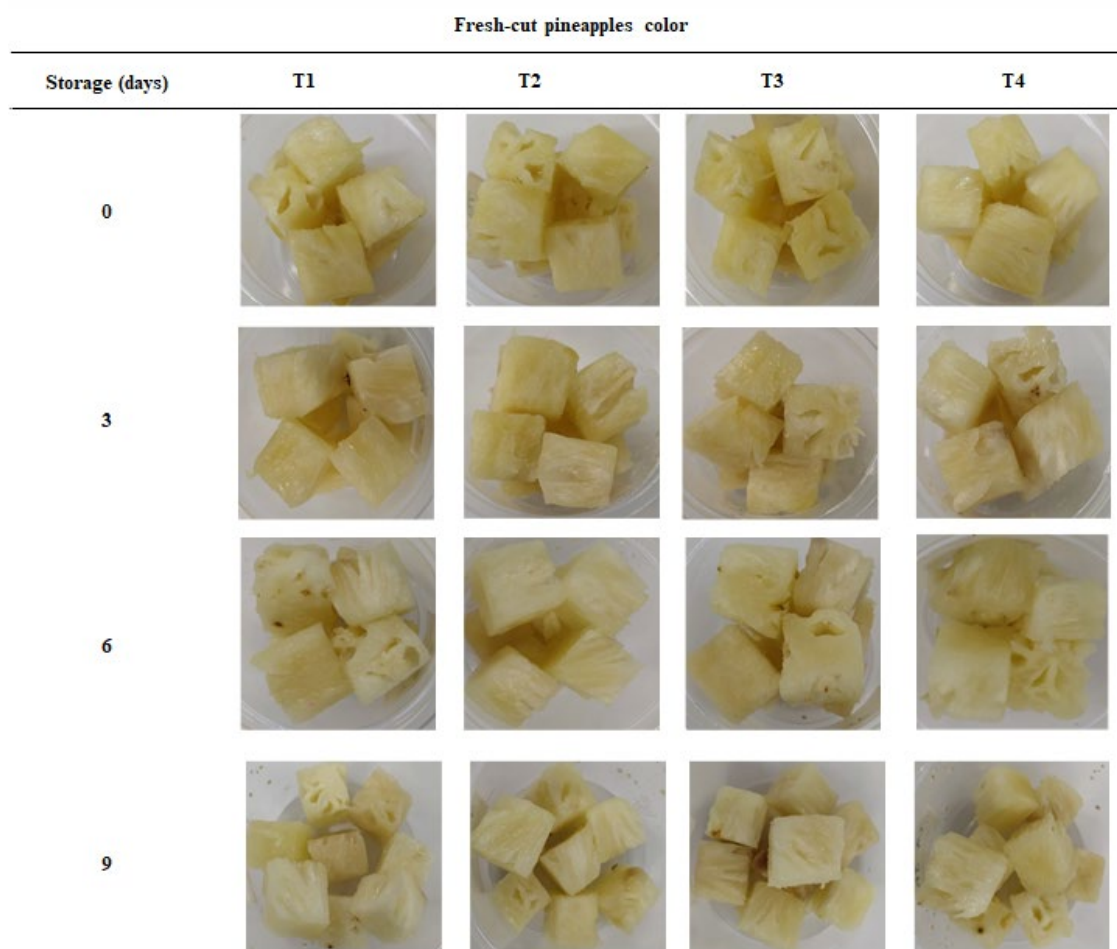


Figure 2. Fresh-cut pineapples with different mucilage edible coatings of juá stored at 5 ± 1 °C during 9 days. *T1 (fresh-cut pineapple control); T2 (fresh-cut pineapple with juá mucilage coating); T3 (fresh-cut pineapple with mucilage coating and juá phenolic extract); T4 (fresh-cut pineapple with juá mucilage coating and gum arabic).

Table 1. Phenolic compounds from juá extract

Compounds	JPE*
Flavanols	
Catechin	13.67 ± 0.62
Epicatechin	0.71 ± 0.03
Epicatechin gallate	0.22 ± 0.01
Procyanidin B1	5.50 ± 0.48
Procyanidin B2	1.43 ± 0.15
Procyanidin A2	0.70 ± 0.05
Flavonols	
Kaempferol glucoside	18.28 ± 0.75
Quercetin 3- glucoside	0.41 ± 0.03
Rutin	0.28 ± 0.02
Phenolic acid	
Caffeic	0.12 ± 0.01
Syringic	0.59 ± 0.05
Chlorogenic	0.25 ± 0.02
Gallic	4.36 ± 0.07
Caftaric	0.25 ± 0.01
p-Cumaric	0.36 ± 0.01
Stilbenes	
Trans-Resveratrol	0.65 ± 0.04
Cis-Resveratrol	0.23 ± 0.02
Flavanonas	
Naringenin	0.19 ± 0.01
Hesperidin	1.73 ± 0.06

*JPE: juá phenolic extract.

**Values expressed in mg 100 g⁻¹ of extract. Standard deviation (n=3).

Table 2. Weight loss and firmness of fresh-cut pineapples with different mucilage edible coatings of juá stored at 5 ± 1 °C during 9 days

Storage (days)	T1	T2	T3	T4
Weight loss (%)*				
3	^a 3.67 ± 0.11^C	^b 1.98 ± 0.19^B	^b 2.03 ± 0.07^B	^b 1.68 ± 0.03^B
6	^a 5.24 ± 0.21^B	^a 5.37 ± 0.10^A	^b 4.06 ± 0.13^A	^c 2.00 ± 0.25^{AB}
9	^a 8.09 ± 0.11^A	^b 5.60 ± 0.14^A	^c 4.50 ± 0.05^A	^d 3.01 ± 0.20^A
Firmness (N)**				
0	^a 2.18 ± 0.26^A	^a 2.28 ± 0.28^A	^a 2.13 ± 0.26^A	^a 2.01 ± 0.22^A
3	^{ab} 2.29 ± 0.06^A	^a 2.55 ± 0.34^A	^{ab} 2.11 ± 0.32^A	^b 1.94 ± 0.32^A
6	^a 1.98 ± 0.10^{AB}	^a 2.20 ± 0.33^{AB}	^a 2.09 ± 0.26^A	^a 1.87 ± 0.27^A
9	^a 1.87 ± 0.17^B	^a 1.80 ± 0.15^B	^a 1.94 ± 0.25^A	^a 1.79 ± 0.24^A
Equation / Regression	$y = -0.0061x^2 + 0.0127x + 2.2138$ $R^2 = 0.8228$	$y = -0.0186x^2 + 0.1074x + 2.3052$ $R^2 = 0.9436$	$y = -0.0155x^2 + 0.1159x + 2.0535$ $R^2 = 0.4868$	$y = 0.0041x^2 + 0.0376x + 1.7481$ $R^2 = 0.8965$

T1 (fresh-cut pineapple control); T2 (fresh-cut pineapple with juá mucilage coating); T3 (fresh-cut pineapple with juá mucilage coating and juá phenolic extract); T4 (fresh-cut pineapple with juá mucilage coating and gum arabic). *Results expressed as percentage (%) of weight loss. Standard deviation (n=3). **Results expressed as force (N). Standard deviation (n=8). ***Values with different lowercase letters on the same line indicate significant differences ($p \leq 0.05$) between treatments. Values with different capital letters in the same column indicate significant differences ($p \leq 0.05$) in storage time. R^2 considered significant when ≥ 0.9 in the same column.

Table 3. Relative activity (%) of peroxidase and polyphenoloxidase in fresh-cut pineapples with different edible coatings stored at 5 ± 1 °C during 9 days

Storage (days)	T1	T2	T3	T4
POD				
0	^a 101.79 $\pm$ 1.79 ^B	^b 64.56 $\pm$ 1.99 ^C	^a 97.90 $\pm$ 1.66 ^A	^a 99.11 $\pm$ 1.75 ^A
3	^a 114.32 $\pm$ 1.86 ^A	^b 103.57 $\pm$ 1.59 ^A	^b 99.02 $\pm$ 1.88 ^A	^c 90.08 $\pm$ 1.58 ^B
6	^a 104.00 $\pm$ 1.48 ^B	^c 80.40 $\pm$ 1.83 ^B	^b 94.72 $\pm$ 1.63 ^A	^c 74.70 $\pm$ 1.27 ^C
9	^a 108.83 $\pm$ 1.22 ^{AB}	^a 110.16 $\pm$ 1.40 ^A	^c 81.41 $\pm$ 1.41 ^B	^b 95.62 $\pm$ 1.36 ^{AB}
Equation / Regression	$y = 0.0042x^2 + 1.8766x + 99.476$ $R^2 = 0.9678$	$y = -1.3247x + 70.519$ $R^2 = 1$	$y = -0.4008x^2 + 1.8151x + 97.72$ $R^2 = 0.9967$	$y = -0.2636x^2 + 0.9993x + 100.86$ $R^2 = 1$
PPO				
0	^{ab} 64.01 $\pm$ 1.22 ^C	^a 70.63 $\pm$ 1.88 ^A	^b 59.88 $\pm$ 1.55 ^C	^{ab} 68.22 $\pm$ 1.16 ^B
3	^{ab} 75.66 $\pm$ 1.53 ^B	^c 60.26 $\pm$ 1.44 ^B	^b 73.57 $\pm$ 1.36 ^{AB}	^a 84.52 $\pm$ 1.80 ^A
6	^a 84.65 $\pm$ 1.79 ^A	^{ab} 76.81 $\pm$ 1.38 ^A	^b 68.96 $\pm$ 1.51 ^B	^{ab} 76.29 $\pm$ 1.42 ^{AB}
9	^a 86.47 $\pm$ 1.43 ^A	^b 75.79 $\pm$ 1.20 ^A	^b 79.35 $\pm$ 1.44 ^A	^{ab} 82.22 $\pm$ 1.55 ^A
Equation / Regression	$y = -2.4557x^2 + 19.919x + 46.318$ $R^2 = 0.9968$	$y = 2.3354x^2 - 8.4747x + 74.544$ $R^2 = 0.4247$	$y = 0.1353x^2 + 0.626x + 58.333$ $R^2 = 1$	$y = 0.6119x^2 - 4.734x + 75.76$ $R^2 = 1$

T1 (fresh-cut pineapple control); T2 (fresh-cut pineapple with juá mucilage coating); T3 (fresh-cut pineapple with juá mucilage coating and juá phenolic extract); T4 (fresh-cut pineapple with juá mucilage coating and gum arabic). *Results expressed as % of relative enzyme activity. Standard deviation (n=3). **Values with different lowercase letters on the same line indicate significant differences ($p \leq 0.05$) between treatments. Values with different capital letters in the same column indicate significant differences ($p \leq 0.05$) in storage time. R^2 considered significant when ≥ 0.9 in the same column.

Table 4. Color parameters of fresh-cut pineapples with different mucilage edible coatings of juá stored at 5 ± 1 °C during 9 days

Storage (days)	T1	T2	T3	T4
L*				
0	^a 70.61 ± 1.83 ^A	^a 70.88 ± 1.67 ^A	^a 71.54 ± 1.56 ^A	^a 71.07 ± 1.53 ^A
3	^b 63.62 ± 1.92 ^B	^a 67.04 ± 1.62 ^B	^a 68.11 ± 1.98 ^B	^a 68.79 ± 1.73 ^{AB}
6	^b 62.25 ± 1.75 ^B	^a 68.07 ± 1.92 ^B	^a 67.80 ± 1.93 ^B	^a 67.19 ± 1.87 ^B
9	^b 63.98 ± 1.41 ^B	^{ab} 66.52 ± 1.66 ^B	^a 66.65 ± 1.88 ^B	^a 66.57 ± 1.99 ^B
Equation / Regression	$y = 0.2422x^2 - 2.8885x + 70.483$ $R^2 = 0.9924$	$y = 0.2702x^2 - 2.0898x + 70.878$ $R^2 = 1$	$y = 0.0635x^2 - 1.0715x + 71.346$ $R^2 = 0.9414$	$y = 0.046x^2 - 0.9165x + 71.081$ $R^2 = 0.9997$
a*				
0	^a -3.38 ± 0.29 ^A	^a -3.22 ± 0.41 ^A	^a -3.53 ± 0.41 ^A	^a -3.63 ± 0.52 ^A
3	^a -2.78 ± 0.37 ^{AB}	^a -2.69 ± 0.65 ^{AB}	^a -2.42 ± 0.44 ^B	^a -2.49 ± 0.35 ^B
6	^a -2.23 ± 0.51 ^B	^a -2.41 ± 0.19 ^B	^a -2.11 ± 0.65 ^B	^a -2.23 ± 0.31 ^B
9	^a -2.63 ± 0.54 ^B	^a -2.41 ± 0.44 ^B	^a -2.42 ± 0.57 ^B	^a -2.60 ± 0.78 ^B
Equation / Regression	$y = -0.028x^2 + 0.3453x - 3.4266$ $R^2 = 0.9432$	$y = -0.0147x^2 + 0.2235x - 3.2258$ $R^2 = 0.9998$	$y = -0.0435x^2 + 0.4975x - 3.5251$ $R^2 = 1$	$y = -0.0419x^2 + 0.4885x - 3.6126$ $R^2 = 0.9973$
b*				
0	^{ab} 16.86 ± 1.84 ^A	^b 16.15 ± 1.83 ^A	^{ab} 17.17 ± 1.87 ^A	^a 19.00 ± 1.84 ^A
3	^a 15.13 ± 1.96 ^{AB}	^a 15.90 ± 1.94 ^A	^a 14.91 ± 1.55 ^{AB}	^a 13.56 ± 1.34 ^B
6	^a 14.29 ± 1.74 ^B	^a 14.04 ± 1.63 ^{AB}	^a 14.89 ± 1.31 ^{AB}	^a 13.81 ± 1.75 ^B
9	^a 13.31 ± 1.35 ^B	^a 12.38 ± 1.85 ^B	^a 13.45 ± 1.87 ^B	^a 13.89 ± 1.84 ^B
Equation / Regression	$y = 0.0208x^2 - 0.57x + 16.808$ $R^2 = 0.9921$	$y = -0.0391x^2 - 0.0872x + 16.243$ $R^2 = 0.9825$	$y = 0.0228x^2 - 0.5778x + 16.987$ $R^2 = 0.9057$	$y = 0.1531x^2 - 1.8815x + 18.71$ $R^2 = 0.9169$
C*				
0	^a 17.20 ± 1.86 ^A	^b 16.47 ± 1.86 ^A	^a 17.53 ± 1.90 ^A	^a 18.99 ± 1.53 ^A
3	^a 15.66 ± 1.87 ^{AB}	^a 15.99 ± 1.90 ^A	^a 14.86 ± 1.89 ^B	^a 14.30 ± 1.25 ^B
6	^a 14.49 ± 1.72 ^B	^a 14.01 ± 1.88 ^{AB}	^a 14.94 ± 1.70 ^B	^a 14.01 ± 1.95 ^B
9	^a 13.71 ± 1.35 ^B	^a 12.64 ± 1.80 ^B	^a 13.47 ± 1.33 ^B	^a 14.15 ± 1.85 ^B
Equation / Regression	$y = 0.0213x^2 - 0.5791x + 17.198$ $R^2 = 1$	$y = -0.0247x^2 - 0.2278x + 16.579$ $R^2 = 0.9761$	$y = 0.071x^2 - 1.1021x + 17.53$ $R^2 = 1$	$y = 0.1341x^2 - 1.7014x + 18.795$ $R^2 = 0.9555$

h°				
0	^a 101.39 ± 0.65 ^A	^a 101.27 ± 0.46 ^A	^a 101.61 ± 0.68 ^A	^a 101.45 ± 0.54 ^A
3	^a 100.81 ± 1.48 ^A	^a 100.22 ± 1.63 ^A	^a 99.48 ± 1.07 ^A	^a 100.85 ± 1.23 ^A
6	^a 99.48 ± 1.88 ^A	^a 100.09 ± 1.54 ^A	^a 98.35 ± 1.78 ^A	^a 99.81 ± 1.45 ^A
9	^a 99.92 ± 1.73 ^A	^a 99.97 ± 1.38 ^A	^a 99.42 ± 1.71 ^A	^a 99.65 ± 1.85 ^A
Equation / Regression	y = 0.0675x ² - 0.4665x + 101.22 R ² = 0.8215	y = - 0.0336x ² + 0.3508x + 100.8 R ² = 0.4715	y = 0.0414x ² - 0.3108x + 102.23 R ² = 0.8581	y = - 0.0042x ² - 0.0562x + 101.93 R ² = 0.4659

T1 (fresh-cut pineapple control); T2 (fresh-cut pineapple with juá mucilage coating); T3 (fresh-cut pineapple with juá mucilage coating and juá phenolic extract); T4 (fresh-cut pineapple with juá mucilage coating and gum arabic). *Standard deviation (n=8). **Values with different lowercase letters on the same line indicate significant differences ($p \leq 0.05$) between treatments. Values with different capital letters in the same column indicate significant differences ($p \leq 0.05$) in storage time. R² considered significant when ≥ 0.9 in the same column.

Table 5. Physicochemical parameters of fresh-cut pineapples with different edible coatings stored at 5 ± 1 °C during 9 days

Storage (days)	T1	T2	T3	T4
TA (% citric acid)				
0	$^b0.43 \pm 0.02^A$	$^a0.48 \pm 0.02^A$	$^a0.51 \pm 0.01^A$	$^c0.40 \pm 0.00^A$
3	$^b0.42 \pm 0.01^A$	$^{ab}0.45 \pm 0.03^A$	$^a0.53 \pm 0.02^A$	$^b0.42 \pm 0.03^A$
6	$^c0.41 \pm 0.01^A$	$^b0.45 \pm 0.01^A$	$^a0.50 \pm 0.01^A$	$^{bc}0.41 \pm 0.02^A$
9	$^b0.42 \pm 0.02^A$	$^b0.42 \pm 0.02^A$	$^a0.51 \pm 0.01^A$	$^b0.41 \pm 0.02^A$
Equation / Regression	$y = -0.0019x^2 + 0.0173x + 0.4102$ $R^2 = 0.8289$	$y = -0.0014x^2 + 0.0079x + 0.4714$ $R^2 = 0.5409$	$y = -0.0003x^2 + 0.0018x + 0.5133$ $R^2 = 0.3068$	$y = -0.0005x^2 + 0.0027x + 0.394$ $R^2 = 0.7331$
pH				
0	$^a3.81 \pm 0.01^A$	$^c3.74 \pm 0.00^A$	$^b3.77 \pm 0.00^A$	$^{ab}3.79 \pm 0.01^A$
3	$^a3.67 \pm 0.02^B$	$^b3.62 \pm 0.01^C$	$^a3.67 \pm 0.01^B$	$^a3.70 \pm 0.01^B$
6	$^b3.69 \pm 0.01^B$	$^b3.69 \pm 0.00^B$	$^a3.75 \pm 0.02^A$	$^a3.77 \pm 0.02^A$
9	$^a3.81 \pm 0.02^A$	$^c3.72 \pm 0.00^{AB}$	$^{bc}3.75 \pm 0.00^A$	$^b3.77 \pm 0.01^A$
Equation / Regression	$y = -0.0047x^2 + 0.0268x + 3.7955$ $R^2 = 0.9783$	$y = -0.0028x^2 + 0.015x + 3.735$ $R^2 = 0.9333$	$y = -0.0028x^2 + 0.0157x + 3.767$ $R^2 = 0.9727$	$y = -0.0017x^2 + 0.0057x + 3.797$ $R^2 = 0.9640$
TSS (%)				
0	$^b13.50 \pm 0.00^B$	$^c13.00 \pm 0.00^D$	$^a14.17 \pm 0.05^B$	$^b13.5 \pm 0.00^C$
3	$^a15.07 \pm 0.09^A$	$^c13.30 \pm 0.00^C$	$^{ab}15.00 \pm 0.00^A$	$^b14.87 \pm 0.05^B$
6	$^a15.07 \pm 0.09^A$	$^b13.53 \pm 0.05^B$	$^a15.00 \pm 0.00^A$	$^a15.00 \pm 0.00^B$
9	$^c15.32 \pm 0.24^A$	$^d13.97 \pm 0.05^A$	$^b15.00 \pm 0.00^A$	$^a16.00 \pm 0.08^A$
Equation / Regression	$y = -0.0407x^2 + 0.5333x + 13.583$ $R^2 = 0.9279$	$y = 0.0037x^2 + 0.0711x + 13.013$ $R^2 = 0.9929$	$-0.0231x^2 + 0.2917x + 14.208$ $R^2 = 0.9333$	$-0.0102x^2 + 0.3461x + 13.605$ $R^2 = 0.9304$
Ascorbic acid (mg/100 g)				
0	$^b11.84 \pm 0.02^A$	$^b11.79 \pm 0.05^A$	$^a15.66 \pm 0.03^A$	$^a15.76 \pm 0.02^A$
3	$^c6.96 \pm 0.14^B$	$^b9.80 \pm 0.06^B$	$^b9.31 \pm 0.27^B$	$^a11.57 \pm 0.17^B$
6	$^c5.28 \pm 0.04^C$	$^a8.42 \pm 0.28^C$	$^b6.93 \pm 0.24^C$	$^a8.71 \pm 0.11^C$
9	$^d4.24 \pm 0.17^D$	$^c5.31 \pm 0.03^D$	$^b6.73 \pm 0.07^C$	$^a7.94 \pm 0.30^C$
Equation / Regression	$y = 0.1067x^2 - 1.7765x + 11.716$ $R^2 = 0.9903$	$y = -0.0308x^2 - 0.4169x + 11.676$ $R^2 = 0.9877$	$y = 0.1709x^2 - 2.5101x + 15.57$ $R^2 = 0.9970$	$y = 0.0954x^2 - 1.7359x + 15.8$ $R^2 = 0.9992$

Organic acid

Citric (mg/100 g)

0	^{bc} 0.31 ± 0.02 ^A	^c 0.29 ± 0.03 ^A	^a 0.45 ± 0.02 ^A	^b 0.36 ± 0.01 ^A
3	^b 0.31 ± 0.01 ^A	^b 0.31 ± 0.02 ^A	^a 0.43 ± 0.02 ^A	^b 0.32 ± 0.04 ^A
6	^b 0.32 ± 0.03 ^A	^{bc} 0.24 ± 0.03 ^{AB}	^a 0.42 ± 0.01 ^A	^c 0.20 ± 0.02 ^B
9	^b 0.19 ± 0.03 ^B	^b 0.20 ± 0.01 ^B	^a 0.40 ± 0.02 ^A	^b 0.16 ± 0.02 ^B

Malic (mg/100 g)

0	^b 0.11 ± 0.02 ^A	^{ab} 0.15 ± 0.01 ^A	^a 0.20 ± 0.02 ^A	^a 0.17 ± 0.02 ^A
3	^{ab} 0.13 ± 0.03 ^A	^{ab} 0.13 ± 0.01 ^A	^a 0.18 ± 0.00 ^{AB}	^b 0.12 ± 0.01 ^{AB}
6	^c 0.08 ± 0.00 ^A	^b 0.13 ± 0.02 ^A	^a 0.19 ± 0.01 ^{AB}	^{bc} 0.10 ± 0.01 ^{AB}
9	^b 0.09 ± 0.01 ^A	^b 0.11 ± 0.00 ^A	^a 0.16 ± 0.01 ^B	^b 0.11 ± 0.01 ^{AB}

Succinic (mg/100 g)

0	^b 0.03 ± 0.00 ^A	^b 0.03 ± 0.01 ^A	^a 0.08 ± 0.01 ^A	^{ab} 0.06 ± 0.02 ^A
3	ND	^a 0.04 ± 0.01 ^A	^a 0.04 ± 0.01 ^B	ND
6	^b 0.03 ± 0.00 ^A	^b 0.03 ± 0.01 ^A	^a 0.05 ± 0.01 ^{AB}	ND
9	ND	ND	^a 0.04 ± 0.01 ^B	ND

Sugars

Glucose (mg/100 g)

0	^c 1.20 ± 0.04 ^D	^c 1.26 ± 0.01 ^D	^b 1.69 ± 0.05 ^B	^a 1.98 ± 0.01 ^C
3	^c 1.55 ± 0.04 ^C	^c 1.62 ± 0.04 ^C	^b 1.97 ± 0.03 ^C	^a 2.40 ± 0.02 ^B
6	^b 2.40 ± 0.02 ^B	^c 2.12 ± 0.02 ^B	^a 2.65 ± 0.04 ^A	^b 2.39 ± 0.03 ^B
9	^a 3.47 ± 0.06 ^A	^d 2.29 ± 0.01 ^A	^c 2.54 ± 0.04 ^A	^b 2.82 ± 0.03 ^A

Fructose (mg/100 g)

0	^c 1.09 ± 0.03 ^D	^c 1.15 ± 0.02 ^C	^b 1.54 ± 0.01 ^C	^a 2.15 ± 0.03 ^B
3	^c 1.36 ± 0.01 ^C	^b 1.63 ± 0.02 ^B	^a 2.33 ± 0.02 ^B	^a 2.31 ± 0.05 ^B
6	^a 2.63 ± 0.03 ^B	^d 1.92 ± 0.03 ^A	^b 2.39 ± 0.04 ^{AB}	^c 2.28 ± 0.02 ^{AB}
9	^a 3.09 ± 0.03 ^A	^d 1.95 ± 0.02 ^A	^c 2.43 ± 0.03 ^A	^b 2.59 ± 0.05 ^A

T1 (fresh-cut pineapple control); T2 (fresh-cut pineapple with juá mucilage coating); T3 (fresh-cut pineapple with juá mucilage coating and juá phenolic extract); T4 (fresh-cut pineapple with juá mucilage coating and gum arabic). *Standard deviation (n=3). **Values with different lowercase letters on the same line indicate significant differences ($p \leq 0.05$) between treatments. Values with different capital letters in the same column indicate significant differences ($p \leq 0.05$) in storage time. R^2 considered significant when ≥ 0.9 in the same column. ***TA - titratable acidity, TSS - total soluble solids, ND - Not detected.

Table 6. Phenolic compounds from fresh-cut pineapple with different edible coatings stored at 5 ± 1 °C during 9 days

Storage (days)	T1	T2	T3	T4
Flavanols				
Catechin				
0	^a 2.28 ± 0.08 ^A	^{bc} 1.99 ± 0.07 ^A	^b 2.04 ± 0.04 ^A	^c 1.79 ± 0.05 ^A
3	^b 1.70 ± 0.02 ^B	^{ab} 1.74 ± 0.04 ^B	^a 1.80 ± 0.02 ^B	^c 1.52 ± 0.03 ^B
6	^c 1.22 ± 0.04 ^C	^a 1.59 ± 0.02 ^C	^{ab} 1.57 ± 0.04 ^C	^b 1.47 ± 0.03 ^B
9	^d 1.03 ± 0.03 ^D	^a 1.63 ± 0.02 ^{BC}	^c 1.35 ± 0.02 ^D	^b 1.35 ± 0.04 ^C
Epigallocatechin gallate				
0	^{ab} 0.68 ± 0.02 ^A	^a 0.74 ± 0.04 ^A	^b 0.65 ± 0.01 ^B	^c 0.52 ± 0.02 ^{AB}
3	^b 0.64 ± 0.04 ^A	^b 0.65 ± 0.03 ^B	^a 0.85 ± 0.03 ^A	^b 0.59 ± 0.02 ^A
6	^b 0.39 ± 0.01 ^B	ND	^a 0.61 ± 0.03 ^B	^b 0.36 ± 0.02 ^C
9	^a 0.65 ± 0.01 ^A	ND	^a 0.63 ± 0.04 ^B	^b 0.45 ± 0.04 ^{BC}
Procyanidin B1				
0	^a 0.05 ± 0.01 ^A	ND	^a 0.05 ± 0.00 ^A	^a 0.05 ± 0.00 ^A
3	^a 0.06 ± 0.02 ^A	ND	^a 0.05 ± 0.02 ^A	ND
6	ND	^a 0.10 ± 0.02 ^A	^{ab} 0.03 ± 0.00 ^A	^b 0.05 ± 0.02 ^A
9	^a 0.04 ± 0.01 ^A	^a 0.05 ± 0.01 ^B	^a 0.05 ± 0.01 ^A	ND
Procyanidin B2				
0	^a 0.21 ± 0.01 ^B	^a 0.23 ± 0.02 ^A	^a 0.26 ± 0.02 ^A	^a 0.20 ± 0.02 ^A
3	^a 0.28 ± 0.02 ^A	^{ab} 0.21 ± 0.03 ^A	^{ab} 0.24 ± 0.04 ^{AB}	^b 0.14 ± 0.02 ^{AB}
6	^b 0.11 ± 0.03 ^C	^a 0.24 ± 0.03 ^A	^{ab} 0.16 ± 0.02 ^B	^b 0.10 ± 0.03 ^B
9	^a 0.19 ± 0.02 ^B	^a 0.21 ± 0.02 ^A	^a 0.19 ± 0.03 ^{AB}	^b 0.12 ± 0.00 ^B
Procyanidin A2				
0	ND	^a 2.42 ± 0.04 ^A	^b 2.14 ± 0.02 ^A	^c 1.61 ± 0.04 ^A
3	ND	^a 2.09 ± 0.07 ^B	^b 1.56 ± 0.02 ^B	^c 1.27 ± 0.05 ^B
6	ND	^a 1.54 ± 0.04 ^C	^b 1.29 ± 0.02 ^C	^c 1.05 ± 0.04 ^C
9	ND	^a 1.19 ± 0.03 ^D	^a 1.13 ± 0.02 ^D	^b 1.01 ± 0.02 ^C
Flavonols				
Quercetin 3- glucoside				
0	^a 0.06 ± 0.01 ^A	ND	^a 0.05 ± 0.01 ^A	^a 0.05 ± 0.01 ^A
3	^a 0.05 ± 0.00 ^A	ND	ND	ND
6	ND	^a 0.05 ± 0.01 ^A	ND	ND

9	ND	ND	ND	ND
Phenolic acid				
Caffeic				
0	^a 0.02 ± 0.01 ^A	ND	^a 0.02 ± 0.00 ^A	^a 0.02 ± 0.00 ^A
3	ND	ND	ND	ND
6	ND	^a 0.04 ± 0.01 ^A	ND	ND
9	ND	^a 0.04 ± 0.02 ^A	ND	ND
Gallic				
0	^a 0.22 ± 0.03 ^A	ND	^a 0.23 ± 0.01 ^A	ND
3	ND	ND	ND	ND
6	ND	ND	ND	ND
9	ND	^a 0.26 ± 0.02 ^A	^b 0.11 ± 0.03 ^B	^b 0.08 ± 0.01 ^A
Caftaric				
0	^a 0.16 ± 0.03 ^A	^b 0.08 ± 0.03 ^A	^{ab} 0.10 ± 0.01 ^A	ND
3	^a 0.06 ± 0.01 ^B	ND	ND	^a 0.07 ± 0.01 ^A
6	^a 0.07 ± 0.02 ^B	^a 0.07 ± 0.02 ^A	^a 0.07 ± 0.01 ^A	ND
9	^a 0.08 ± 0.03 ^B	^a 0.06 ± 0.02 ^A	^a 0.08 ± 0.02 ^A	ND
Total Phenolics (9th day)	1.99	3.44	3.64	3.10

T1 (fresh-cut pineapple control); T2 (fresh-cut pineapple with juá mucilage coating); T3 (fresh-cut pineapple with juá mucilage coating and juá phenolic extract); T4 (fresh-cut pineapple with juá mucilage coating and gum arabic). *Values expressed in mg 100 g⁻¹ fresh sample. Standard deviation (n=3). Values with different lowercase letters on the same line indicate significant differences ($p \leq 0.05$) between treatments in each period evaluated. ND - Not detected.

Table 7. Antioxidant activity of fresh-cut pineapples with different edible coatings stored at $5 \pm 1^\circ\text{C}$ during 9 days

Storage (days)	T1	T2	T3	T4
FRAP*				
0	^b 207.75 $\pm$ 2.53 ^A	^a 228.59 $\pm$ 2.32 ^A	^a 231.47 $\pm$ 2.96 ^A	^b 210.06 $\pm$ 1.47 ^A
3	^b 132.19 $\pm$ 2.63 ^B	^a 147.35 $\pm$ 3.05 ^B	^{ab} 144.61 $\pm$ 2.84 ^B	^{ab} 141.14 $\pm$ 1.47 ^B
6	^b 112.82 $\pm$ 3.47 ^C	^a 141.35 $\pm$ 2.74 ^B	^a 142.19 $\pm$ 3.58 ^B	^c 91.10 $\pm$ 1.34 ^C
9	^c 90.94 $\pm$ 3.58 ^D	^a 138.19 $\pm$ 1.81 ^B	^b 119.52 $\pm$ 2.57 ^C	^c 95.19 $\pm$ 3.37 ^C
DPPH*				
0	^b 163.95 $\pm$ 1.35 ^A	^{ab} 166.38 $\pm$ 1.41 ^A	^{ab} 166.49 $\pm$ 0.59 ^A	^a 171.79 $\pm$ 1.18 ^A
3	^b 122.26 $\pm$ 0.35 ^B	^a 136.14 $\pm$ 2.94 ^B	^b 119.91 $\pm$ 1.76 ^B	^a 134.53 $\pm$ 1.28 ^B
6	^b 110.85 $\pm$ 1.71 ^C	^{ab} 112.02 $\pm$ 1.34 ^C	^{ab} 115.08 $\pm$ 2.82 ^{BC}	^a 117.28 $\pm$ 1.73 ^C
9	^b 106.26 $\pm$ 1.53 ^C	^{ab} 110.69 $\pm$ 2.88 ^C	^{ab} 111.71 $\pm$ 1.36 ^C	^a 116.81 $\pm$ 2.88 ^C
ORAC*				
0	^c 639.99 $\pm$ 3.29 ^A	^a 808.68 $\pm$ 3.46 ^A	^b 683.84 $\pm$ 2.67 ^A	^b 694.08 $\pm$ 3.98 ^A
3	^c 556.51 $\pm$ 3.63 ^B	^a 630.09 $\pm$ 2.46 ^B	^b 594.93 $\pm$ 4.15 ^B	^d 524.04 $\pm$ 2.29 ^B
6	^d 430.99 $\pm$ 3.37 ^C	^a 566.70 $\pm$ 3.67 ^C	^b 519.18 $\pm$ 2.57 ^C	^c 471.01 $\pm$ 4.85 ^C
9	^d 359.07 $\pm$ 3.75 ^D	^a 538.06 $\pm$ 1.72 ^D	^b 444.12 $\pm$ 5.63 ^D	^c 394.35 $\pm$ 4.43 ^D

T1 (fresh-cut pineapple control); T2 (fresh-cut pineapple with juá mucilage coating); T3 (fresh-cut pineapple with juá mucilage coating and juá phenolic extract); T4 (fresh-cut pineapple with juá mucilage coating and gum arabic). *Results expressed in μmol of Trolox equivalent per 100 g^{-1} of fruit. Standard deviation ($n=3$). Values with different lowercase letters on the same line indicate significant differences ($p \leq 0.05$) between treatments. Values with different capital letters in the same column indicate significant differences ($p \leq 0.05$) in storage time.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo apresenta resultados relevantes sobre a utilização da mucilagem e extrato fenólico de juá na elaboração de recobrimentos comestíveis aplicados em abacaxi *Smooth Cayenne* minimamente processado. Os recobrimentos proporcionaram manutenção na qualidade físico-química, nos compostos bioativos, maior atividade antioxidante e diminuição da atividade enzimática nos abacaxis, através das propriedades de barreira dos recobrimentos capazes de reduzir a atividade metabólica da fruta.

Entre os recobrimentos utilizados, o tratamento com mucilagem de juá (T2) e mucilagem de juá com extrato fenólico de juá (T3) apresentaram os melhores efeitos para estender a vida útil do abacaxi durante 9 dias de armazenamento, reduzindo a atividade da peroxidase e polifenoloxidase e mantiveram o pH baixo. Além disso, o T2 reduziu o escurecimento e a conversão de açúcares e apresentou maior atividade antioxidante de FRAP e ORAC. O T3 resultou na formação de um recobrimento de estrutura mais firme que contribuiu para a manutenção da firmeza, ácidos orgânicos, acidez e compostos fenólicos.

A mucilagem e o extrato fenólico de juá foram obtidos por processos de extração viáveis. Assim, a utilização destes nos recobrimentos comestíveis além de apresentarem efeitos positivos na manutenção da qualidade de abacaxi minimamente processado é uma alternativa sustentável e renovável com potencial de aplicabilidade na indústria de processamento de frutas, além de fomentar a exploração do juá para fins alimentícios. No entanto, sendo um estudo pioneiro com essa temática, sugere-se a continuidade de pesquisas com essa tecnologia para avaliar seus efeitos nos aspectos microbiológicos e sensoriais do abacaxi minimamente processado.