UNIVERSIDADE FEDERAL DO AMAZONAS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA TROPICAL

LUÍS JORGE MAURÍCIO

CONSERVAÇÃO DO ABACAXI ‘TURIAÇU AMAZONAS’: ESCURECIMENTO INTERNO E USO DE REVESTIMENTO COMESTÍVEL

Manaus – AM
2025

LUÍS JORGE MAURÍCIO

CONSERVAÇÃO DO ABACAXI ‘TURIAÇU AMAZONAS’: ESCURECIMENTO INTERNO E USO DE REVESTIMENTO COMESTÍVEL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas, como requisitos parciais para obtenção do título de Mestre em Agronomia Tropical, área de concentração em Produção Vegetal.

Orientadora: Prof ª. Dra. Aline Ellen Duarte De Sousa
Co-Orientador: Prof. Dr. Carlos Victor Lamarão Pereira

Manaus – AM
2025

Ficha Catalográfica

Elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

J82c Jorge Maurício , Luís

Conservação do abacaxi Turiaçu Amazonas: Escurecimento interno e uso de revestimento comestível / Luís Jorge Maurício . - 2023.

37 f. : il., color. ; 31 cm.

Orientador(a): Aline Ellen Duarte De Sousa.

Orientador(a): Carlos Victor Lamarão Pereira.

Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Amazonas, Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical, Manaus, 2023.

1. Armazenamento. 2. Qualidade pós-colheita. 3. Fécula de mandioca. 4. Tecnologia . I. Sousa, Aline Ellen Duarte De. II. Pereira, Carlos Victor Lamarão. III. Universidade Federal do Amazonas. Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical. IV. Título

---

LUÍS JORGE MAURÍCIO

CONSERVAÇÃO DO ABACAXI 'TURIAÇU AMAZONAS': ESCURECIMENTO INTERNO E USO DE REVESTIMENTO COMESTÍVEL

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical da Universidade Federal do Amazonas, como requisitos parciais para obtenção do título de Mestre em Agronomia Tropical, área de concentração em Produção Vegetal.

Aprovada em 30 de Abril de 2025.

BANCA EXAMINADORA

gov.br Documento assinado digitalmente
ALINE ELLEN DUARTE DE SOUSA
Data: 17/06/2025 17:19:48-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Dra. Aline Ellen Duarte De Sousa, Presidente

Universidade Federal do Amazonas

gov.br Documento assinado digitalmente
LUCIA HELENA PINHEIRO MARTINS
Data: 18/06/2025 10:34:54-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Dra. Lúcia Helena Pinheiro Martins, Membro

Universidade Federal do Amazonas

gov.br Documento assinado digitalmente
MARIA LUCILANIA BEZERRA ALMEIDA
Data: 18/06/2025 11:00:35-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Dr. Maria Lucilania Benzerra Almeida, Membro

SENAR – Serviços Nacional de Aprendizagem Rural

DEDICO

ALLAH.

Á Minha mãe, meu pai, a sua alma, a minha esposa e filhos: Manuela Domingos, Luís Jorge Mauricio, Emília Milice, Lais Jorge Mauricio e Luis Jorge Maurício Júnior.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à ALLAH, por ter me dado saúde e sabedoria.

Agradeço à minha mãe Manuela Domingos, à minha esposa, Emília Joaquina Miguel Milice, e a todos familiares que deram total apoio para que eu continuasse a carreira acadêmica.

À Professora Aline Ellen Duarte de Sousa, por dedicação e apoio na minha formação como orientadora de mestrado, obrigado pela paciência, colocando a sua confiança em mim para realização deste trabalho.

À Professora Dra. Maria Lucilania Bezerra Almeida, à Professora Dra. Lúcia Helena, o Manoel do LABAF pela parceria e colaboração no desenvolvimento do meu trabalho, muito obrigado.

Aos Doutorandos Álvaro Brasil, Silvia Abreu e Lucivania; às mestrandas Kelly Trajano, Bruna, Ruan e Carla Tamires e aos estudantes de graduação, Lovisk e Marina, obrigado pelo apoio no laboratório.

Aos professores do Programa Pós-Graduação pelos conhecimentos adquiridos estando com vocês.

À Universidade Federal do Amazonas por me ajudar na formação acadêmica, principalmente ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical, por possibilitar na obtenção de título de Mestre.

À CAPES por ter concedido a bolsa de mestrado, à FAPEAM, e à CNPq pelo apoio dado ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia Tropical (PPGATrUFAM)

À banca avaliadora pelas contribuições nas suas avaliações sobre a minha dissertação.

MEU MUITO OBRIGADO!

RESUMO

O abacaxi (*Ananas comosus* (L.) Merril) é um fruto produzido em climas tropicais, e quando expostos a baixas temperaturas apresentam injúrias conhecidas por escurecimento interno. Desse modo, objetivou-se com esse estudo avaliar o efeito de revestimento comestível à base de fécula de mandioca nas concentrações de 0%, 3% e 5% no escurecimento interno do abacaxi 'Turiaçu Amazonas' armazenados por 35 dias a 7°C ± 2°C e 85 ± 5% UR. Os parâmetros avaliados incluíram a cor da polpa e cilindro (sistema L* e b*), perda de massa, firmeza, vitamina C, pH, extravasamento de eletrólitos, sólidos solúveis, açúcares solúveis totais, acidez titulável e relação entre sólidos solúveis e acidez titulável em amostras de polpa e cilindro do abacaxi 'Turiaçu Amazonas', além de avaliações histoquímicas. Os tratamentos com fécula de mandioca nas diferentes concentrações alteraram o extravasamento de eletrólitos na polpa, pH no cilindro, sólidos solúveis na polpa e acidez titulável na polpa e no cilindro. A maior perda de massa foi no controle, enquanto a concentração de 5% foi mais eficiente na preservação da aparência interna e externa. Os testes histoquímicos revelaram presença de compostos fenólicos no cilindro dos abacaxis no início e fim do período de conservação. Assim, conclui-se que o revestimento com fécula de mandioca, retardou o escurecimento interno, preservando as características físico-químicas do abacaxi 'Turiaçu Amazonas' durante o armazenamento refrigerado.

Palavras chave: Armazenamento; Qualidade pós-colheita; Fécula de mandioca; Tecnologia.

ABSTRACT

Pineapple (*Ananas comosus* (L.) Merril) is a fruit produced in tropical climates, and when exposed to low temperatures, it presents injuries known as internal browning. Thus, the objective of this study was to evaluate the effect of an edible cassava starch-based coating at concentrations of 0%, 3% and 5% on the internal browning of 'Turiaçu Amazonas' pineapple stored for 35 days at 7°C ± 2°C and 85 ± 5% RH. The parameters evaluated included the color of the pulp and cylinder (L* and b* system), mass loss, firmness, vitamin C, pH, electrolyte leakage, soluble solids, total soluble sugars, titratable acidity and the relationship between soluble solids and titratable acidity in samples of pulp and cylinder of 'Turiaçu Amazonas' pineapple, in addition to histochemical evaluations. Treatments with cassava starch at different concentrations altered the extravasation of electrolytes in the pulp, pH in the cylinder, soluble solids in the pulp and titratable acidity in the pulp and cylinder. The greatest mass loss was in the control, while the 5% concentration was more efficient in preserving the internal and external appearance. Histochemical tests revealed the presence of phenolic compounds in the pineapple cylinder at the beginning and end of the storage period. Thus, it was concluded that the cassava starch coating delayed internal browning, preserving the physical-chemical characteristics of the 'Turiaçu Amazonas' pineapple during refrigerated storage.

Key words: Storage; Post-harvest quality; Cassava starch, Technology.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Características qualitativas do abacaxi 'Turiaçu Amazonas' comparadas a Pérola e Smooth Cayenne 16

Tabela 2 - Estudos do uso de diferentes aditivos orgânicos em embalagens comestíveis. 18

Tabela 3 - Escala crescente visual para avaliação da cor da casca do abacaxi 21

Tabela 4 - Escala crescente visual para avaliação de aparência externa do abacaxi 'Turiaçu Amazonas'. 25

Tabela 5 - Firmeza (N) da polpa e do cilindro de abacaxi 'Turiaçu Amazonas' revestidos com 3% e 5% de fécula de mandioca conservados por 35 dias a 7 ± 2 °C e UR de 85 ± 5%. 29

Tabela 6 - Extravasamento de eletrólitos (Ee, %), pH e sólidos solúveis (SS, %) da polpa (P) e do cilindro (C) de abacaxi 'Turiaçu Amazonas' revestidos com 3% e 5% de fécula de mandioca conservados por 35 dias a 7 ± 2 °C e UR de 85 ± 5%..... 31

Tabela 7 - Vitamina C (Vit C, mg AA 100 g¹ de massa fresca), açúcares solúveis totais (AST, %) acidez titulável (AT, % ácido cítrico) e relação SS/AT% em 'Turiaçu Amazonas', sob refrigeração (7 ± 2 °C e 85 ± 5% U.R) utilizando biofilme de fécula de mandioca em diferentes concentrações. 32

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Mapa de localização do ponto de coleta do abacaxi ‘Turiaçu Amazonas’. 21

Figura 2 - Escala de maturação do fruto por Von Loesecke (1950), adaptado por Abreu, 2022. (A) Fruto completamente verde, (B) Fruto colorido de amarelo, (C) Fruto maioritariamente amarelo, (D) Fruto totalmente amarelo. 22

Figura 3 - (A) Plantio da Fazenda Santa Helena,Vila do Engenho na região de Novo Remanso, Itacoatiara-AM; (B) corte 2 cm do pedúnculo; e (C) transporte dos frutos em caixas plásticas.....22

Figura 4 - (A) Preparo do revestimento de fécula de mandioca e (B) Imersão das infrutescência no revestimento de fécula de mandioca..... 23

Figura 5 - (A) Câmara Fria, (B) Temperatura controlada (7 ± 2 °C e 85 ± 5% U.R) e (C) Abacaxi ‘Turiaçu Amazonas’ acondicionados em câmara fria. 24

Figura 6 - Cor (L* e b*) da polpa (I) e cilindro (II) do abacaxi ‘Turiaçu Amazonas’, sem e com revestimento de 3% e 5% de fécula de mandioca, no início e fim (35 dias) da conservação refrigerada a 7 ± 2 °C e UR de 85 ± 5%. 28

Figura 7 - Escurecimento interno em abacaxi ‘Turiaçu Amazonas’ sem (A) e com revestimento a 3% (B) e 5% (C) de fécula de mandioca, conservados aos 20 (A) e 35 (B e C) dias a 7 ± 2 °C e UR de 85 ± 5% 29

Figura 8 - Perda de massa do abacaxi ‘Turiaçu Amazonas’ revestidos com 0%, 3% e 5% de fécula de mandioca, conservados por 35 dias a 7 ± 2 °C e UR de 85 ± 5%..... 30

Figura 9 - Identificação da presença de cloreto férrico para compostos fenólicos na polpa (A, B, C e D) e cilindro(E, F, G e H) do abacaxi ‘Turiaçu Amazonas’. Sem fécula de mandioca no início (A e E) e no fim (B e F) do período de conservação e com fécula de mandioca a 3% (C e G) e 5% (D e H) no fim da conservação., (A, C, E e H: aumento 200x; B, D, F, G: aumento 400x) 33

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....; 12
2 OBJETIVOS 13
2.1 Objetivo geral 13
2.2 Objetivos específicos 13
3 REVISÃO DE LITERATURA 15
3.1 Abacaxi – aspectos gerais .....,..... 15
3.2 'Turiaçu Amazonas' – características .....,..... 15
3.3 Conservação pós-colheita .....,..... 16
3.4 Refrigeração e escurecimento interno do 'Turiaçu Amazonas' 17
3.5 Revestimento comestível 17
4 MATERIAL E MÉTODOS 21
4.1 Área do plantio do abacaxi analisado. 21
4.2.1 Aplicação dos tratamentos 23
4.2.2 Delineamento experimental e análises estatísticas. 24
4.2.3 Análises 24
4.2.3.1 Avaliação da aparência externa do fruto para determinação visual da vida útil e perda de massa 24
4.2.3.2 Análises físico-químicas 25
4.2.3.3 Lâminas histológicas para testes histoquímicos 27
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO 28
6 CONCLUSÃO 34
7 REFERÊNCIAS 35

1. INTRODUÇÃO

De acordo com o IBGE (2023), o Amazonas produziu mais de 50 mil frutos de abacaxi em uma área colhida de aproximadamente 2 mil hectares. A cultivar mais cultivada no estado é o 'Turiaçu Amazonas', o qual vem se destacando pelo seu potencial para a comercialização em nível nacional. O 'Turiaçu Amazonas' tem se mostrado um forte concorrente das cultivares Pérola e Smooth Cayenne, atualmente as mais produzidas no Brasil, graças ao seu sabor doce (alta relação entre sólidos solúveis e acidez titulável - SS/AT) e aroma marcante (Araújo et al., 2012).

Há três anos, o abacaxi 'Turiaçu Amazonas' foi reconhecido com o selo de Indicação Geográfica, na categoria Indicação de Procedência, pelo Instituto Nacional da Propriedade Industrial (INPI, 2020), que indica a origem, com base na reputação de uma região conhecida em produzir um abacaxi com características de qualidade diferenciada, a partir do histórico, tradição local, associado à produção sustentável. No entanto, apenas em 2024, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, realizou o registo do abacaxi 'Turiaçu Amazonas como cultivar.

O cultivo do abacaxi no Amazonas é realizado principalmente por produtores dos municípios de Itacoatiara (nas localidades de Novo Remanso e Vila do Engenho), que representam o principal polo produtivo do estado, com uma produção de aproximadamente 36 mil frutos/ha da cultivar 'Turiaçu Amazonas'. O 'Turiaçu Amazonas', assim como outras cultivares comerciais, apresenta escurecimento interno quando submetido a baixas temperaturas de conservação (Dolhaji et al., 2020; Tarmizi e Dolhaji, 2022).

Nesse sentido, revestimento comestível à base de fécula de mandioca possibilita a formação de atmosfera modificada e têm aumentado a vida útil dos vegetais, atuando na inibição do escurecimento em frutas e hortaliças (Maringall et al., 2020; Borges, 2020; Braga, 2021).

Diante desse contexto, objetivou-se, nesse estudo, avaliar o uso de revestimento comestível à base de fécula de mandioca, no escurecimento e qualidade do abacaxi 'Turiaçu Amazonas', acreditando que possa ser uma estratégia promissora para inibir o escurecimento interno do 'Turiaçu Amazonas', promovendo a sua conservação e deixando-os aptos para a comercialização em mercados mais distante.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

- Avaliar o uso de revestimento comestível no escurecimento e qualidade do abacaxi ‘Turiaçu Amazonas’.

2.2. Específico

- Avaliar o efeito da aplicação do revestimento com biofilme de fécula de mandioca no escurecimento interno do ‘Turiaçu Amazonas’;
- Verificar o efeito do biofilme de fécula de mandioca sob a qualidade pós-colheita do ‘Turiaçu Amazonas’;
- Analisar o efeito do biofilme de fécula de mandioca sob a constituição química de células de abacaxi ‘Turiaçu Amazonas’.

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Abacaxi – Aspectos gerais

O abacaxi (*Ananas comosus*) é amplamente reconhecido como uma das frutas tropicais de maior relevância econômica e social, exercendo um papel crucial tanto na alimentação quanto na economia de diversos países (Loures et al., 2021).

Em escala global, o abacaxi contribui significativamente para a sustentabilidade de comunidades agrícolas, consolidando-se como um elemento central na exportação e na geração de renda (Maia, 2023).

No Brasil, essa fruta ocupa uma posição de destaque na fruticultura, sobretudo no Nordeste, onde seu cultivo é uma atividade tradicional e de grande relevância econômica e social (Rodrigues et al., 2021).

Do ponto de vista botânico, o abacaxi pertence à família Bromeliaceae e se caracteriza por uma morfologia complexa, composta por uma roseta de folhas rígidas e uma inflorescência que dá origem a um sincarpo suculento e adocicado (Arantes et al., 2024).

Em termos nutricionais, o abacaxi se destaca como uma rica fonte de vitaminas, especialmente vitamina C, além de minerais, fibras e compostos bioativos, os quais apresentam propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias (Pacheco et al., 2022).

A infrutescência do abacaxizeiro é amplamente reconhecida como um símbolo das áreas tropicais, com grande aceitação global, tanto para consumo "in natura" quanto na forma de produtos industrializados (Souza et al., 2017).

Em 2021, a produção mundial de abacaxi atingiu 29.000.000 toneladas, sendo os principais países produtores: Filipinas (3.800 toneladas), Costa Rica (3.000 toneladas), Indonésia (2.900 toneladas), Brasil (2.400 toneladas) e China (2.000 toneladas) (Yamashita et al., 2024).

O Amazonas ocupa a quinta posição em produção nacional, com um rendimento médio de R$ 258.839,00 (IBGE, 2023). No município de Itacoatiara, o cultivo do abacaxi representa 50% das terras agrícolas colhidas e cerca de 80% da produção de abacaxi na Amazônia (Maia, 2023).

3.2. ‘Turiaçu Amazonas’ – Características

O ‘Turiaçu Amazonas’ é reconhecido por sua qualidade, que inclui sabor mais acentuado, maior teor de açúcar e resistência a doenças. Porém, sua alta umidade e metabolismo ativo fazem com que seja altamente perecível, tendo a valorização no mercado nacional quanto internacional (Yamashita et al., 2024; Ramos et al., 2020; Sarkal et al., 2020).

A importância do ‘Turiaçu Amazonas’ transcende a sua contribuição econômica, refletindo também no patrimônio cultural e na biodiversidade da região, representando um potencial significativo para pesquisas científicas e para o desenvolvimento de práticas agrícolas sustentáveis (Yamashita et al., 2024).

A cultivar ‘Turiaçu Amazonas’ possui frutos mais pesados e infrutescências mais cilíndricas e ligeiramente maior para o cilindro central dos frutos em relação a cultivar Pérola, indicando que a cultivar ‘Turiaçu Amazonas’ apresenta qualidades biométricas mais desejáveis para o mercado consumidor (Reis, 2019).

Frutos com fins comerciais para o consumo apresentam coroa bem desenvolvida, em formato de roseta com brácteas foliáceas, podendo ser única ou múltipla (Souza et al., 2017).

Apesar da relevância da cadeia produtiva da cultivar ‘Turiaçu Amazonas’ para o estado do Amazonas e da importância do conhecimento sobre a nutrição mineral para o sucesso do cultivo, ainda é necessário estudos em condições locais sobre os efeitos de diferentes fontes e doses de nutrientes na produção e qualidade dos frutos. Essa lacuna representa um desafio significativo para os produtores (Gralha, 2022).

Em relação às características físico-químicas, a firmeza é reconhecida como um dos parâmetros de qualidade mais importantes que definem a textura da fruta (Dolhaji et al., 2020).

Também, o abacaxi ‘Turiaçu Amazonas’ possui alto teor de sólidos solúveis totais comparado com algumas cultivares comerciais e tem baixo teor de acidez, também foram identificados indicadores de qualidade superiores, conforme apresentado na Tabela 1 (Araújo et al., 2012).

Tabela 1. Características qualitativas do abacaxi 'Turiaçu Amazonas' comparadas a Pérola e Smooth Cayenne.

Características	Turiaçu Amazonas	Pérola	Smoot Cayenne
Forma do fruto	Cilíndrico/cônico	Cônico	Cilíndrico
Cor da casca (Fruto maduro)	Amarelada	Verde	Alaranjada
Cor da polpa	Amarela	Branca	Amarela
Peso do fruto com coroa (g)	1.620	1.650	2.314
Peso da coroa (g)	61.1	83.8	185.4
Peso do fruto sem coroa (g)	1.558	1.566	2.129
Diâmetro do eixo central (cm)	2.5	2.4	2.8
Diâmetro mediano (cm)	10	12.6	14.2
Comp.Fruto.sem coroa (cm)	20.8	18.6	19.3
Comp.da coroa (cm)	14.4	17.4	19.0
Sólido solúveis totais	16.1	13.7	13.9
Acidez totais titulável	0.38	0.42	0.62
Relação SS/AT	42.3	32.6	22

(Araújo et al., 2012)

3.3. Conservação Pós-Colheita

Apesar de não ser climatérico, o abacaxi se deteriora rapidamente, resultando em diversos desafios no processo de conservação. Isto por conta da grande ação metabólica, pois, uma vez desprendido da planta mãe, o fruto se deteriora facilmente, podendo ocasionar muitas alterações endógenas do metabolismo, que contribuem para alterações de cor, textura, sabor e características aromáticas, o que é indesejável em termos de qualidade (Embrapa, 2000).

Para minimizar as perdas pós-colheita do abacaxi, diversas práticas de manejo podem ser adotadas, tais como o ponto de colheita, manuseio adequado e uso de tecnologias como refrigeração e atmosfera modificada. Dentre os diversos fatores que constituem como entraves na qualidade do fruto, o manuseio inadequado no campo e embalagens inapropriadas são os indicadores preocupantes com uma perda de 30 a 40% da colheita total (Felicia et al., 2022).

3.4. Refrigeração e escurecimento interno do 'Turiaçu Amazonas'

Os frutos de abacaxi quando expostos a baixas temperaturas apresentam escurecimento interno, com sintomas não visíveis na casca, sendo perceptível apenas no processo de corte dos frutos.

A conservação em baixa temperatura é uma prática comum para manter as frutas após a colheita, pois prolonga a sua vida útil. Porém, as temperaturas recomendadas para conservação de abacaxi estão entre 7 e 12 °C e umidade de 70-90% (Ziaurrahman et al., 2024; Abreu, 2022). Estudos realizados por Abreu (2022), demonstraram que o 'Turiaçu Amazonas' obteve maior vida útil quando refrigerado a 12 e 16°C contudo, observou-se escurecimento interno.

A lesão por frio é geralmente associada a fisiologia da planta e à disfunção metabólica, resultando na ruptura da integridade da membrana e aumento do dano à membrana quando exposta a temperaturas abaixo de um limite crítico por um período determinado, o aparecimento de manchas na polpa, próximos ao cilindro que eventualmente se transformam em uma coloração marrom, fazendo com que se torne imprópria para o consumo, (Nukuntornprakit et al., 2020; Abreu, 2022; Sangprayoon et al., 2019).

3.5. Revestimento comestível

Nas últimas décadas, a demanda por novas soluções de embalagem, com características específicas para diferentes tipos de alimentos, aumentou devido aos avanços tecnológicos. Assim, materiais comestíveis podem ser convertidos em revestimentos para cobrir a superfície dos alimentos, além de poderem ser transformados em embalagens pré-formadas ou bolsas para armazená-los (Sganzerla et al.,2020; Gupta et al., 2024).

Dentre os filmes e revestimentos comestíveis formados por materiais que contêm carboidratos, proteínas ou lipídios, os polissacarídeos se destacam devido à sua excelente capacidade de formação de filmes, resistência mecânica e permeabilidade seletiva ao oxigênio no entanto, por serem hidrofílicos, a umidade pode afetar sua funcionalidade (Slavutsky; Bertuzzi, 2014; Bertuzzi; Slavutsky, 2016).

Esse tipo de revestimento tem sido utilizado desde os séculos XII e XIII na China, onde se usava cera, fécula de mandioca para cobrir laranjas, limões, banana evitando a migração de

umidade e, assim, aumentando a vida útil dos produtos onde permitem a troca gasosa necessária para os processos respiratórios e de amadurecimento de frutas e vegetais, favorecendo seu desenvolvimento (Li et al., 2020; Liyanapathiranage, 2023).

Frutas, legumes e carnes são alimentos que podem ser revestidos, mas, devido às suas características distintas, a eficácia do revestimento pode ser influenciada pela técnica utilizada, métodos como imersão, pulverização, leito fluidizado e panning são os principais utilizados para aplicar materiais de revestimento, cada um com suas particularidades (Suhag et al., 2020).

Após a aplicação, o revestimento comestível atua como embalagem primária, estando em contato direto com a superfície do alimento, pois ela desempenha um papel importante na qualidade, segurança, transporte e armazenamento. Antes do revestimento é fundamental considerar o padrão de amadurecimento e deterioração do produto, pois cada método tem suas vantagens e desvantagens, e sua eficácia pode variar dependendo da aplicação (Rodríguez et al., 2020; Gupta et al., 2024).

Esses revestimentos visam reduzir a ocorrência de oxidação enzimática, reconhecida como uma das principais causas do escurecimento interno da fruta. Além disso, os revestimentos comestíveis influenciam em outros fatores, incluindo a capacidade de controlar a perda de água do fruto, o que é essencial para minimizar gradientes de umidade que poderiam acelerar o escurecimento interno, consequentemente, evitando a rápida deterioração (Tabela 2).

Tabela 2. Estudos do uso de diferentes aditivos orgânicos em embalagens comestíveis

Características	**País**	**Material desenvolvido**	**Alimento aplicado**	**Referências**
Aumento da vida útil	Brasil	Revestimento à base de fécula de mandioca	N/A	(Costa et al.,2022)
Prolongamento da durabilidade do produto	Brasil	Filme de amido com adição de fibras da casca do abacaxi	Abacaxi	(Borges, 2020)
Prolongar a vida útil, mantiveram a firmeza e retardaram a perda de massa	Brasil	Película de fécula de mandioca e amido de milho	Mangas ‘Tommy Atkins’	(Santos et al., 2011)
Promoveu a preservação da firmeza, teor de sólidos solúveis, ácido ascórbico, carboidratos, fenol, antioxidantes e reduziu a perda de peso.	Índia	Melatonina	Abacaxi	(Mandal et al., 2024)

Reduziram perdas pós-colheita e inibiram a ação de microrganismos.	Malásia	Óleo essencial vegetal a base de polissacarídeos	Pêra	(Felicia et al., 2022)
Retardaram o escurecimento interno e mantiveram atributos como sabor e firmeza.	Tailândia	Ácido salicílico ou metil jasmonato	Abacaxi	(Sangprayoon et al., 2019)
Revestimentos mantiveram atributos como firmeza e coloração	Tailândia	Revestimentos à base de cera e quitosana	Abacaxi	(Ziaurrahman et al., 2024)
Propriedades antioxidante e antimicrobiana	Brasil	Filme a base de amido de pinhão, pectina cítrica e resíduo de *Acca sellowiana*	Maçã	(Sganzerla et al., 2020)
Aumento da vida útil	Colômbia	Fécula de mandioca, Proteína de soro de leite e cera de abelha	N/A	(Rodríguez et al., 2020)
Aumento da vida útil, mantiveram propriedades antioxidantes	China	Fécula de mandioca com *lactobacillus plantarum, Penciciccus pentosaceus e* carboximeticelulose sódica	Banana	(Li et al., 2020)
Aumento da vida útil	Brasil	Fécula de mandioca e quitossana com semente de tamarinho	Goiaba	(Rodrigues et al., 2020)

*N/A: Não aplicável. Fonte: Madella; Melo (2022). Adaptado pelo próprio autor.

Dessa forma, diversos estudos têm demonstrado que o desenvolvimento de biofilme à base de fécula de mandioca não apenas apresenta uma alternativa viável para o combate ao uso excessivo de plásticos, mas também reforça a importância da pesquisa e inovação em materiais sustentáveis como estratégia para alcançar um futuro mais equilibrado e ecológico (Madella; Melo, 2020).

O biofilme à base de fécula da mandioca apresenta características como biodegradabilidade, transparência e boa flexibilidade, especialmente quando combinados. Possui propriedades funcionais como gelatinização, o que faz com que nos últimos tempos ele tenha sido estudado como um elemento na produção de revestimentos comestíveis (Costa et al., 2022).

Também estes são autossustentáveis e fáceis de manusear, com espessuras variando entre 65 e 105 μm. Essas semelhanças foram relatadas em filmes de amido de inhame, amido de sagu, HPMC e quitosana, utilizados como polímero único ou em mistura (Lim et al., 2020).

Resíduos incorporados em espumas à base de amido de mandioca têm potencial para serem usadas como embalagens para alimentos com baixo teor de água, onde um dos materiais promissores para ser adicionado em espumas à base de amido é o engaço de uva (Engel et al., 2019).

A fécula de mandioca é composta predominantemente de amido, constituído por duas macromoléculas principais, amilose e amilopectina. A amilose, com sua estrutura linear, é responsável pela formação da matriz coesa nos biofilmes, enquanto a amilopectina contribui para a elasticidade onde estudos indicam que a proporção entre essas moléculas influencia diretamente as propriedades mecânicas e de barreira do biofilme (Palencia et al., n.d.; Raphael et al., 2011; Mali et al., 2024).

Contudo, sua alta afinidade com a água é uma limitação, já que a presença de grupos hidroxila no amido torna o material higroscópico, esta desvantagem, têm explorado a adição de nanopartículas, como nanoargilas ou óxidos metálicos, para reduzir a permeabilidade à água sem comprometer a biodegradabilidade (Lim et al., 2020).

De acordo com Maraveas, (2020); Chukwudubem et al., (2023) e Arias et al., (2024), os biofilmes de amido têm um potencial que apresenta alta resistência de elasticidade até 32,6 Megapascal e baixa permeabilidade ao vapor de água, tornando-os adequados para aplicações em embalagens de alimentos não apenas para substituir plásticos sintéticos, mas também para promover uma cadeia produtiva mais sustentável, integrando resíduos agrícolas no desenvolvimento de novos materiais. Porém são compostos de fontes renováveis e apresentam degradação rápida no ambiente até 90 dias, esses materiais contribuem para a redução de resíduos plásticos e para a mitigação de problemas relacionados à poluição ambiental onde os biofilmes à base de fécula de mandioca podem se decompor em até noventa dias, dependendo das condições ambientais.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. ÁREA DO PLANTIO DO ABACAXI ANALISADO

Foram utilizadas infrutescências da cultivar 'Turiaçu Amazonas', obtidos de um plantio comercial localizado na Estrada do Lago do Engenho km 2, Fazenda Santa Helena, Vila do Engenho na região de Novo Remanso, Itacoatiara-AM. Ao longo do ano, a temperatura variou entre 24 e 34°C e a precipitação média é de 2.261 mm (Figura 1)

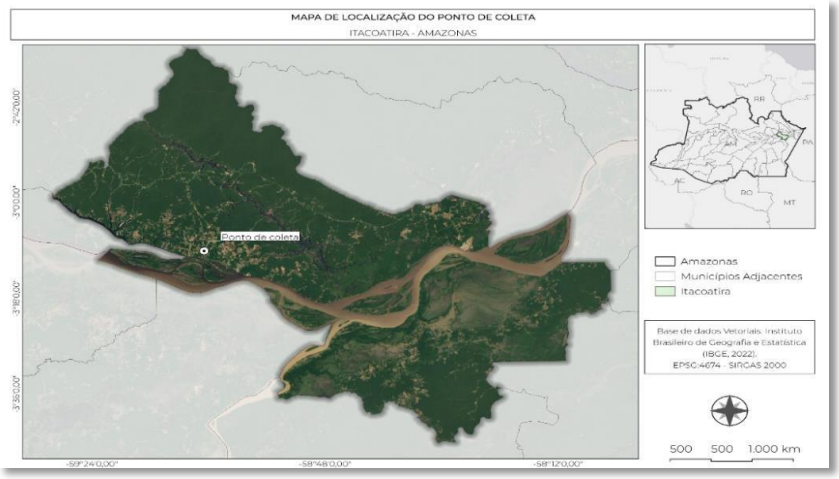

Figura 1. Mapa de localização do ponto de coleta do abacaxi 'Turiaçu Amazonas'.

Selecionou-se 69 abacaxis no estádio de maturação verdoso, ou seja, de 20 a 40% dos frutos com coloração amarela (Tabela 3 e Figura 2).

Tabela 3. Escala crescente visual para avaliação da cor da casca do abacaxi

Nota	Referência	Aparência externa
0		
1	< 20%	Frutos completamente verde
2	20 a 40%	Frutos coloridos de amarelos
3	até 65%	Frutos maioritariamente amarelas
4	65 a 90%	Frutos totalmente amarelas
5	> 90%	Frutos totalmente amarelas e não mais que 20% dos frutos laranja ou avermelhada

Fonte: Salvarajah et al., (2001)

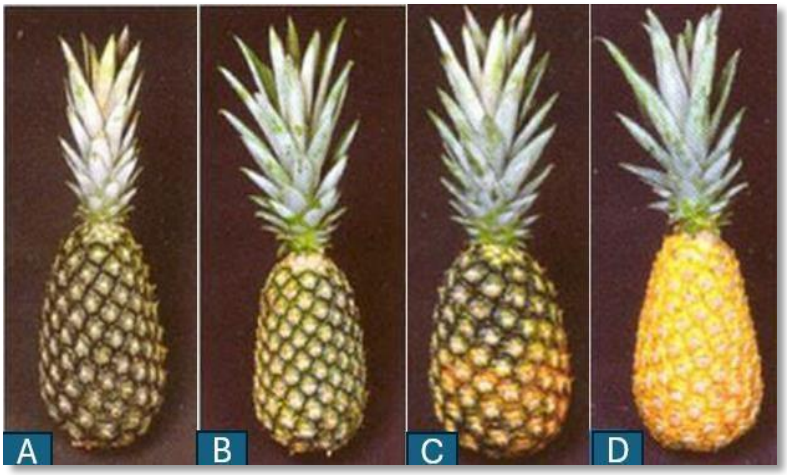

Figura 2. Escala de maturação do fruto por Von Loesecke (1950), adaptado por Abreu, 2022. (A) Fruto completamente verde, (B) fruto colorido de amarelo, (C) fruto maioritariamente amarelo e (D) fruto totalmente amarelo.

Os frutos foram colhidos com aproximadamente 2 cm de pedúnculo, acondicionados em caixas plásticas (Figura 3), transportados para o Laboratório de Fisiologia de Frutos Tropicais (FISIOFRUT) da Universidade Federal do Amazonas – UFAM, onde foram selecionados quanto à presença de danos mecânicos, doenças e malformações. Em seguida, foram lavados com detergente neutro 0,2% e sanitizados com sanitizante comercial na proporção de 1 grama para 1 litro de água por 5 minutos, secos ao ar por 2 h a temperatura ambiente 23 ± 2°C. Após secagem, os frutos foram submetidos aos tratamentos.

Figura 3. (A) Plantio da Fazenda Santa Helena,Vila do Engenho na região de Novo Remanso, Itacoatiara-AM; (B) corte 2 cm do pedúnculo; e (C) transporte dos frutos em caixas plásticas.

4.2.1. Aplicação dos tratamentos

A fécula foi adquirida na empresa Alimentos Galo da Serra, localizada na Estrada do Brasileirinho, nº 5287 – Distrito Industrial II, Manaus – AM. O produto foi acondicionado em saco plástico e transportado para o laboratório FISIOFRUT.

O preparo foi adaptado por Santos et al., (2018), iniciou-se com a pesagem da fécula de mandioca em balança modelo HPBG2285Di, nas proporções de 30 g/L de água (3%) e 50 g/L de água (5%). As soluções foram preparadas sob agitação constante em um béquer de 5 L, utilizando-se uma chapa aquecedora da marca GUIMIS, até atingirem a temperatura de 80 °C.

Após a formação da camada de revestimento (Figura 4), os frutos, incluindo a coroa, foram completamente imersos na solução (banho total), compondo três tratamentos, divididos em 15 frutos para cada tratamento, totalizando 45 frutos de acordo com as concentrações de fécula de mandioca. Os frutos foram deixados para secar à temperatura ambiente (24 ± 2°C) por 24 horas. Após, os frutos foram acondicionados em caixas plásticas e armazenados em câmaras frias, programadas em temperatura de 7 ± 2°C e 85 ± 5% U.R, por 35 dias (Figura 5).

Figura 4. (A) Preparo do revestimento de fécula de mandioca e (B) Imersão das infrutescência no revestimento de fécula de mandioca.

Figura 5. (A) Câmara fria, (B) temperatura controlada (7 ± 2°C e 85 ± 5% U.R) e (C) abacaxi 'Turiaçu Amazonas' acondicionados em câmara fria.

4.2.2. Delineamento experimental e Análises estatísticas

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado (DIC), com arranjo 3 x 2 x 2 (controle, 3% e 5% de fécula de mandioca e tempos de avaliação – início e final da vida útil - polpa e cilindro central), com cinco repetições, sendo 1 fruto por repetição. Os dados das análises pós-colheita foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se software livre para estatística, Rstudio.

4.2.3. Análises

4.2.3.1. Avaliação da aparência externa do fruto para determinação visual da vida útil e perda de massa

Foram realizadas análises não destrutivas com base na aparência externa, análise da casca e perda de massa (Tabela 4). A perda de massa foi mensurada a cada 5 dias, totalizando 9 repetições, divididas entre as concentrações de 0%, 3% e 5% de fécula de mandioca. As 36 repetições restantes foram mantidas sob refrigeração para análises destrutivas.

Tabela 4. Escala decrescente visual para avaliação de aparência externa do abacaxi 'Turiaçu Amazonas'

Nota	Referência	Aparência externa
5	< 1% do fruto afetado	Ausência de depressões, manchas ou ataque de micro-organismos
4	1 a 10% do fruto afetado	Traços de depressões ou manchas
3	11 a 30% do fruto afetado	Depressões ou manchas leves
2	31 a 50% do fruto afetado	Depressões ou manchas de média intensidade
1	51 a 60% do fruto afetado	Depressões ou manchas com intensidade severa ou ataque de microrganismos
0	0 > 61% do fruto afetado	Depressões ou manchas com intensidade muito severa ou ataque generalizado de microrganismos

Fonte: Sousa (2019).

A aparência externa, a partir da escala crescente de coloração da casca do abacaxi, foi avaliada a cada 5 dias.

Para a perda de massa fresca e acumulada, as infrutescências foram pesadas em balança semi-analíticas a cada 5 dias até o fim da vida útil. A perda de massa fresca acumulada (PMA) foi calculada de acordo com a fórmula PMA (%) = (Peso inicial-Peso final) / Peso inicial) * 100. A perda de massa fresca diária (PMD) foi calculada pela razão entre PMA e o número de dias de vida útil de cada tratamento. A PMA e PMD foram expressos em porcentagem.

4.2.3.2. Análises físico-químicas

A cor da polpa e cilindro foram determinados utilizando-se um colorímetro digital, devidamente calibrado. As leituras foram obtidas segundo o modelo tridimensional de coordenadas cromáticas preconizadas pelo CIELAB (sistema L* e b*).

No teste de firmeza utilizou-se o penetrômetro digital com a ponteira de 6 milímetros (mm), sendo avaliado as porções basal, mediana e apical, sendo os dados expressos em Newton (N).

O extravasamento de eletrólitos (Ee %) foi realizado de acordo com a metodologia descrita por Serek et al., (1995), sendo feita a coleta de 3 cilindro da polpa (1,0 cm de diâmetro por 1,0

cm de comprimento), lavados em água deionizada e secos superficialmente com papel absorvente. Depois, foram colocados em frascos de vidro com 10 mL de água deionizada, tampados e deixados em repouso por 2 horas. Após repouso, mediu-se a condutividade elétrica inicial da solução (mAi), com o auxílio de um condutivímetro, depois armazenou-se as amostras, por 12 horas, em ultra-freezer (-80°C). Após esse período, os frascos foram deixados na bancada até a solução entrar em equilíbrio com a temperatura ambiente (23 ± 2°C). Mediu-se novamente a condutividade elétrica, expressando o total de eletrólitos extravasados (mAf). O extravasamento de eletrólitos (Ee) foi calculado pela fórmula Ee=(mAi/mAf) *100, e os resultados expressos em porcentagem da condutividade total.

O teor de sólidos solúveis (SS) da polpa e cilindro foi avaliado com auxílio de um refratômetro digital. Os resultados foram expressos em % de acordo com a metodologia recomendada pela AOAC (2005).

Para a acidez titulável (AT, % de ácido cítrico) foi feita por meio da titulação com solução de NaOH 0,1 M (AOAC, 2005), sendo os resultados expressos em % de ácido cítrico. Usou 1g de polpa para cada repetição da solução em Erlenmeyer de 125 ml e completou se até 50 ml com água adicionou-se duas gotas de indicador fenolftaleína (1%), titulado com hidróxido de sódio, até o ponto de viragem (róseo claro), persistente por 15 segundos, onde obteve-se o volume de NaOH consumido, o reagente foi reduzido de azul a incolor em meio ácido, os resultados obtidos de porcentagem.

A medição do pH foi realizada diretamente no extrato da polpa e cilindro com o auxílio de pHmetro digital.

Para a vitamina C (mg AA 100 g^1 de massa fresca) foram realizadas e quantificadas imediatamente após o processamento do fruto, onde foi utilizado o ácido oxálico 0,5% para obtenção do extrato, do qual foi retirado uma alíquota para realização da titulação com solução de DFI (2,6-dicloro-fenol-indofenol 0,02%) (Strohecker e Henning, 1967).

Os açúcares solúveis totais foram determinados pelo método de antrona, conforme metodologia descrita por Yemn e Willis (1954). A leitura foi realizada em espectrofotômetro a 620 nm. Os resultados foram expressos em porcentagem (% glicose). Como sendo um método específico para hexoses e consiste na hidrólise pelo ácido sulfúrico concentrado, que quando

aquecido com hexoses sofre uma reação de condensação, formando um produto de coloração verde as condições de aquecimento e resfriamento foram padronizadas em todos os tubos.

A relação SS/AT foi determinada pela divisão dos valores de sólidos solúveis e a acidez titulável. Esse parâmetro serve como indicativo da doçura (Medina, 2004).

4.2.3.3. Lâminas histológicas para testes histoquímicos

Para as avaliações histoquímicas realizou-se cortes em duas regiões distintas dos abacaxis: polpa (região suculenta mais externa, ou morfologicamente, a região dos frutículos); e cilindro ou o eixo da infrutescência (região mais central, com característica mais fibrosa).

As lâminas semiperenes foram preparadas para realizar testes histoquímicos a partir de Arruda, (2021) e Ventrella et al., (2013). Inicialmente, foram coletados frutos em tempo de conservação : TI (tempo inicial ou tempo zero ; e TF (tempo final ou tempo trinta e cinco dias. Ao TF foram analisados os resultados da histoquímica em três situações: ausência de fécula de mandioca e 3% de fécula de mandioca, e 5% de fécula de mandioca, todos sob refrigeração a 7ºC. Os tratamentos foram identificados como: TI, TF0, TF3% e TF5%.

A partir do material coletado, foram realizados cortes transversais à mão livre com auxílio de lâmina de aço ou micrótomo manual. As amostras seccionadas foram preparadas em lâminas, fechadas com lamínulas e observadas em microscópio óptico (Zeiss Primo Star), com aumentos finais de 200 e 400X. As imagens foram capturadas com o auxílio de um dispositivo móvel (telefone celular) acoplado ao microscópio Zeiss supracitado.

Foram realizados teste histoquímico para a identificação de cloreto Férrico para presença de compostos fenólicos, porém estas análises ajudam a entender e avaliar a qualidade dos frutos em relação ao escurecimento interno.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Não foi observada nenhuma mudança significativa nos parâmetros de cor (L* e b*) sob a polpa e o cilindro, revestidos com a fécula de mandioca, ao longo do período de armazenamento (Figuras 6). Estes resultados foram expressos com base no sistema de coordenadas cromáticas CIELAB em valores L* e b* onde os valores de L* (luminosidade ou brilho) variam do preto (0) ao branco (100), e os valores do croma b*, do azul (-b*) ao amarelo (+b*) (Gonçalves et al., 2019).

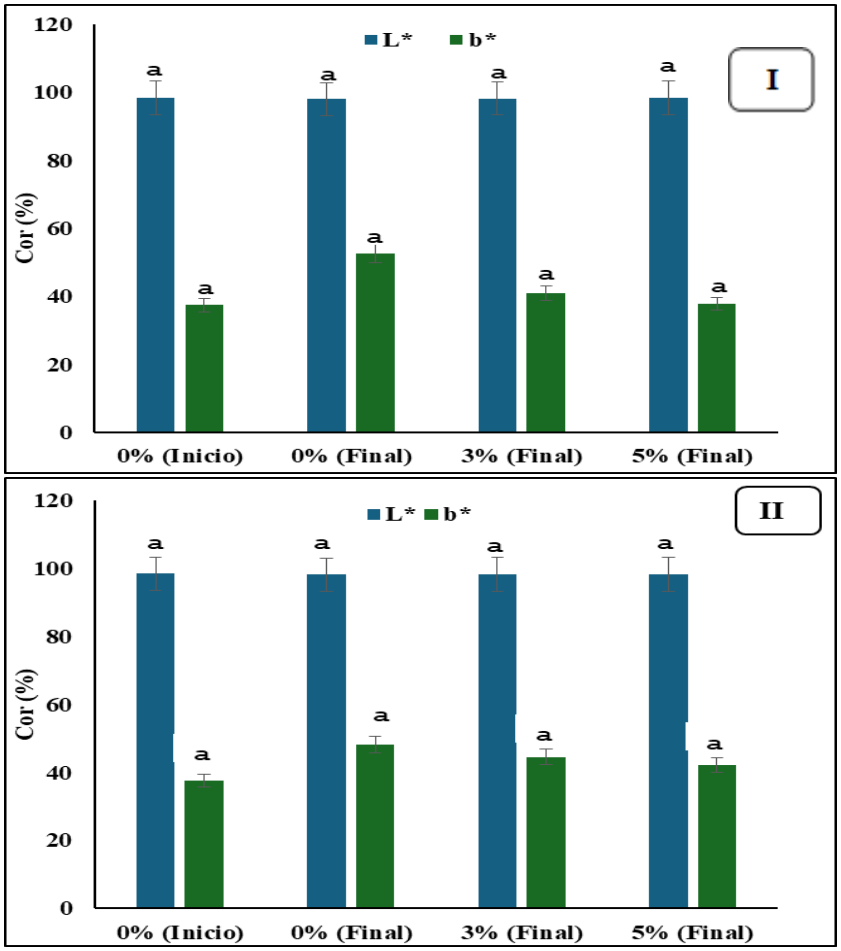

Figura 6. Cor (L* e b*) da polpa (I) e cilindro (II) do abacaxi 'Turiaçu Amazonas', sem e com revestimento de 3% e 5% de fécula de mandioca, no início e fim (35 dias) da conservação refrigerada a 7 ± 2°C e UR de 85 ± 5%.

Entretanto, a aparência interna (visual) mostrou que a partir dos 20 dias os frutos sem revestimento apresentaram escurecimento interno. Já nos frutos tratados com 3% e 5% de fécula de mandioca, verificou-se a presença de escurecimento interno somente aos 35 dias de armazenamento, sob temperatura de 7 ± 2°C e umidade relativa de 85 ± 5% (Figura 7).

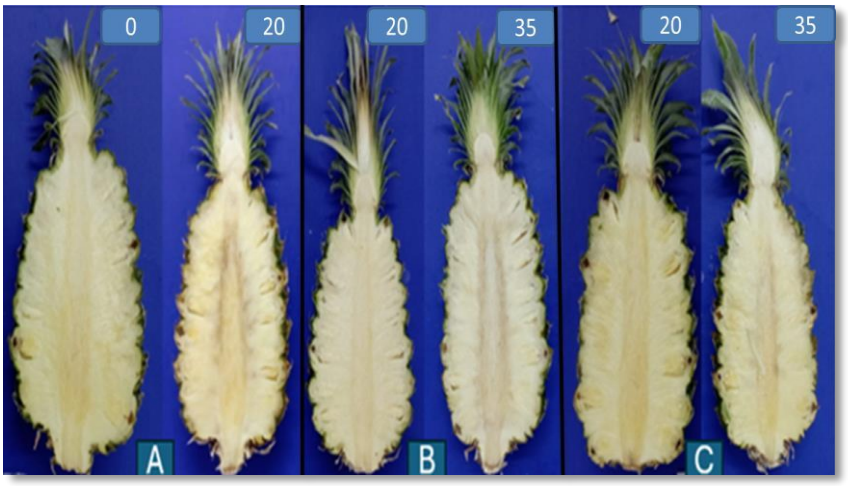

Figura 7. Escurecimento interno em abacaxi 'Turiaçu Amazonas' sem (A) e com revestimento a 3% (B) e 5% (C) de fécula de mandioca, conservados aos 20 (A) e 35 (B e C) dias a 7 ± 2°C e UR de 85 ± 5%.

Estudos com abacaxi também apresentaram resultados semelhantes, onde verificou-se que ocorreu a conservação da cor em frutos tratados com fécula de mandioca, indicando que a tonalidade amarela da polpa foi preservada e se manteve estável (Borges, 2020; Rodrigues et al., 2020; Dolhaji et al., 2020).

Em relação à firmeza dos frutos do abacaxi 'Turiaçu Amazonas' houve diferença entre os tratamentos ao final do período de avaliação. Porém, a menor firmeza foi os frutos tratados com 5% de fécula de mandioca(no cilindro com 4,46 e polpa com 3,77 N) (Figura 5).

Tabela 5. Firmeza (N) da polpa e do cilindro de abacaxi 'Turiaçu Amazonas' revestidos com 3% e 5% de fécula de mandioca conservados por 35 dias a 7 ± 2°C e UR de 85 ± 5%.

Dias	FM	Polpa	Cilindro
0		8,09	4,51
	0%	5,30±1,13a	4,83±1,03a
35	3%	4,17±0,89a	4,64±1,98a
	5%	3,77±0,80a	4,46±0,95a
CV (%)		21,29	21,21
EPM		1,13	0,98

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.
FM - Fécula de mandioca.

EPM - Erro padrão da média.

A mudança da firmeza nos frutos ocorre devido a alterações de umidade da casca e da polpa dos frutos, e da relação sólidos solúveis e acidez (Adi et al., 2019) ao longo do tempo de armazenamento (Santos et al., 2011; Borges, 2020; Ziaurrahman et al., 2024).

Houve diferenças entre os tratamentos em relação à perda de massa (Figura 8). Perda de massa durante o período de armazenamento ocorre devido a perda de umidade (transpiração) (Triadianto; Bintoro, 2021). De acordo com Santos et al, (2012), durante o armazenamento, a perda de massa em frutos revestidos com fécula de mandioca é significativamente menor, corroborando com os dados obtidos neste estudo, onde a análise evidenciou que durante 35 dias de armazenamento a perda de massa foi menor nos tratamentos com fécula de mandioca (Figuras 8), demonstrando a influência dos revestimentos comestíveis sob temperatura controlada (7 ± 2°C e 85 ± 5% U.R.).

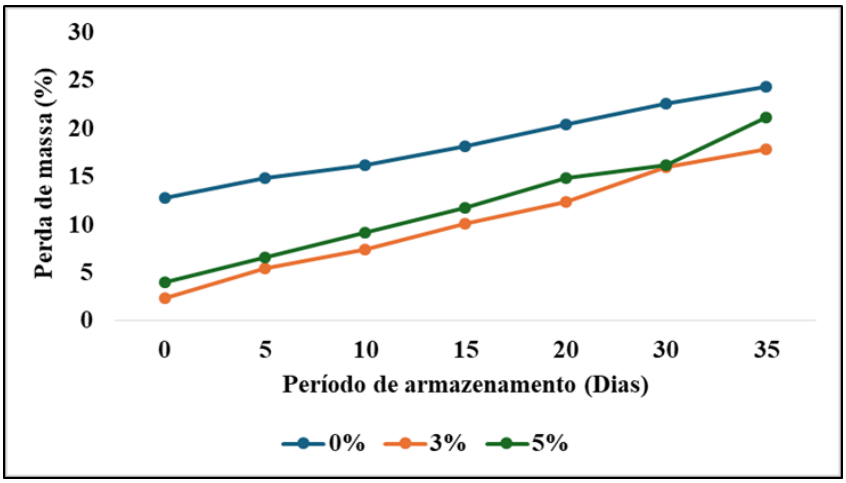

Figura 8. Perda de massa do abacaxi 'Turiaçu Amazonas' revestidos com 0%, 3% e 5% de fécula de mandioca, conservados por 35 dias a 7 ± 2°C e UR de 85 ± 5%.

O extravasamento de eletrólitos (EE) da polpa dos abacaxis tratados com 5% foi maior (Tabela 6). O revestimento com fécula de mandioca não alterou o EE do cilindro dos abacaxis. Este aumento de EE ao 35 dias está ligada a perda de integridade das membranas celulares, onde com o tempo houve processos fisiológicos de degradação. Estudo indica que a fécula de mandioca não reduz significativamente a EE, mesmo que este revestimento visa reduzir a ocorrência de oxidação enzimática mas não impede a degradação fisiológica. (Maharsih et al., 2021)

O pH do cilindro reduziu nos abacaxis tratados com fécula de mandioca, com valores de 3,20 (3%) e 3,22 (5%) (Tabela 6). Também foi possível observar uma redução significativa no SS da polpa dos abacaxis revestidos com 5% de fécula de mandioca (Tabela 6).

Tabela 6. Extravasamento de eletrólitos (Ee, %), pH e sólidos solúveis (SS, %) da polpa (P) e do cilindro (C) de abacaxi 'Turiaçu Amazonas' revestidos com 3% e 5% de fécula de mandioca conservados por 35 dias a 7 ± 2°C e UR de 85 ± 5%.

Dias	FM	EE (%) P	EE (%) C	pH P	pH C	SS (%) P	SS (%) C
0		96,71	164,69	3,7	3,62	13,45	13,7
35	0%	75,35±15,73b	131,80±32,29a	3,22±0,05a	3,47±0,07a	14,65±0,58a	13,48±1,65a
	3%	109,05±22,74b	122,71±30,06a	3,24±0,05a	3,20±0,07b	14,84±0,59a	13,26±1,62a
	5%	124,00±25,87a	105,08±25,76a	3,23±0,05a	3,22±0,07b	13,92±0,55b	13,10±1,60a
CV(%)		20,87	24,51±	1,43	2,10	3,98	12,24
M.Geral		69,63	84,97	1,58	6,31	7,24	8,29
EPM		21,63	32,11	0,05	0,07	0,56	1,64

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.
FM - Fécula de mandioca.
EPM - Erro padrão da média.

Os açúcares solúveis totais (AST) foram maiores na polpa e no cilindro de abacaxi 'Turiaçu Amazonas' tratados com 5% de fécula de mandioca. Os tratamentos não alteraram a razão SS/AT. (Tabela 7).

Tabela 7. Vitamina C (Vit C, mg AA 100 g¹ de massa fresca), açúcares solúveis totais (AST, %) acidez titulável (AT, % ácido cítrico) e relação SS/AT% em 'Turiaçu Amazonas', sob refrigeração (7 ± 2°C e 85 ± 5% U.R) utilizando biofilme de fécula de mandioca em diferentes concentrações.

Dias	FM	Vit C (mg AA 100 g¹ MF)% P	Vit C (mg AA 100 g¹ MF)C	AST (%) P	AST (%) C	AT (%) P	AT (%) C	SS/AT P	SS/AT C
0		59,22±5,64	51,32±4,05	7,24±1,29	7,3±4,06	0,56±0,09	0,73±0,17	23,92±3,67	18,46±4,08
	0%	57,24±5,45a	67,11±5,30a	5,83±1,04b	5,66±3,15b	1,25±0,20a	1,05±0,24a	11,80±1,81a	13,10±2,90,a
35	3%	59,22±5,64a	63,16±5,00a	4,67±0,83b	3,85±2,14b	1,12±0,17a	0,95±0,22a	13,75±2,11a	14,36±3,17a
	5%	63,16±6,01a	63,16±5,00a	8,15±1,45a	10,40±5,79a	1,21±0,19a	0,99±0,23a	11,46±1,76a	13,89±3,07a
CV (%)		9,52	7,90	17,82	55,62	15,61	22,89	15,35	22,10
M. Geral		40,82	16,09	49,70	27,43	14,19	12,83	13,92	14,02
EPM		5,69	4,84	1,15	3,79	0,16	0,22	2,34	3,31

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste Tukey a 5% de probabilidade.
FM - Fécula de mandioca.
EPM - Erro padrão da média.

Os ensaios histoquímicos realizados para identificar a presença do composto bioativo como, cloreto férrico para compostos fenólicos evidenciaram alterações tanto na polpa quanto no cilindro dos frutos (Figura 9).

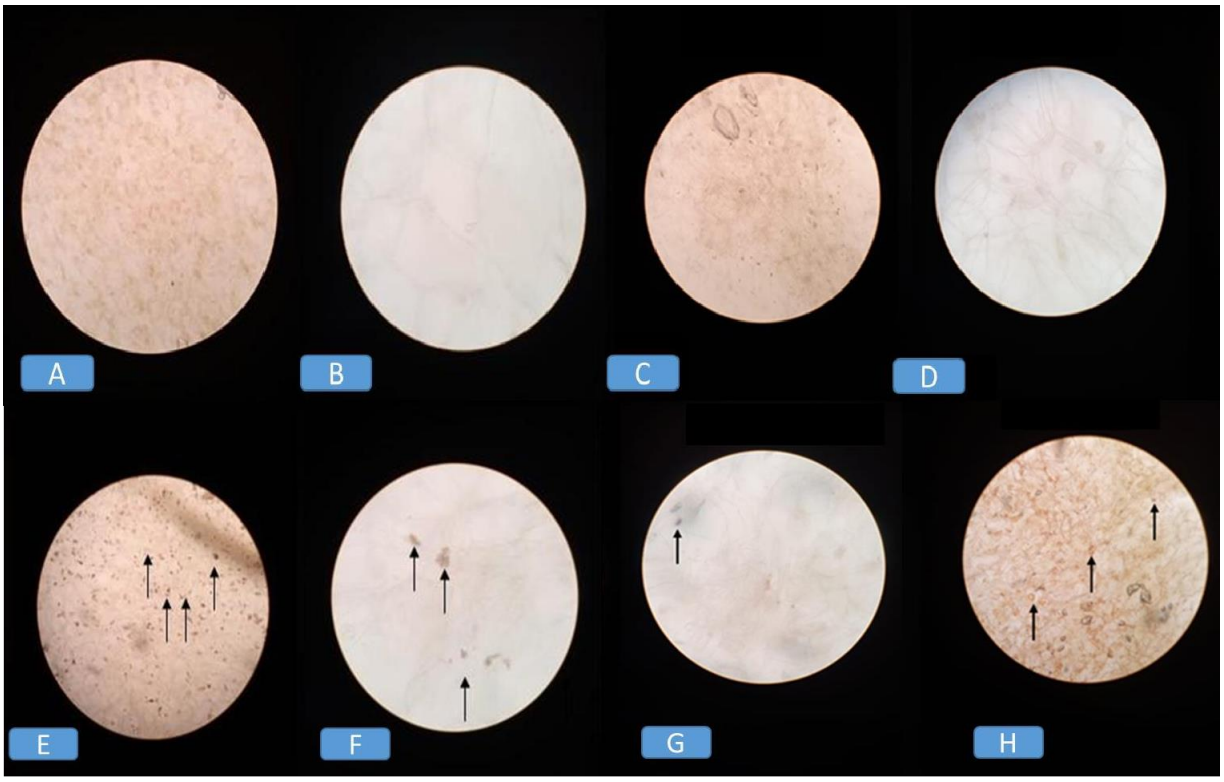

Figura 9. Identificação da presença de cloreto férrico para compostos fenólicos na polpa (A, B, C e D) e cilindro(E, F, G e H) do abacaxi 'Turiaçu Amazonas'. Sem fécula de mandioca no início (A e E) e no fim (B e F) do período de conservação e com fécula de mandioca a 3% (C e G) e 5% (D e H) no fim da conservação., (A, C, E e H: aumento 200x; B, D, F, G: aumento 400x).

Observou-se reação no cilindro do abacaxi no início e no fim do período de conservação, indicando presença de compostos fenólicos nessa região (Sanahuja et al., 2024). Já, na polpa, as análises revelaram ausência de compostos fenólicos. Esses resultados podem indicar correlação dos compostos fenólicos com o escurecimento dos abacaxis que foi evidenciado na região do cilindro central (Figura 9).

Segundo Song et al., (2023) à medida que o abacaxi vai mudando do seu estágio de maturação, há presença dos compostos fenólicos que contribui para o amarelecimento da fruta e melhorar a sua qualidade. Essa transformação é regulada por vários genes e enzimas envolvidos na via dos fenilpropanóides, que é essencial para a biossíntese desses compostos fenólicos. Também Neto et al., (2015), através de extratos brutos provenientes das folhas da coroa (folhas), polpa e cilindro (fruto) de *Ananas comosus* var. *comosus* revelaram a presença principal de polifenóis, dentre estes taninos e flavonoides. Os autores argumentam ainda que, a existência de fenóis e taninos no fruto do abacaxi *Ananas comosus* var. *comosus* confirma os dados descritos na literatura para espécies de Bromeliaceae.

6. CONCLUSÃO

A fécula de mandioca retardou o escurecimento em dez dias, aumentando a conservação e mantendo a qualidade pós-colheita (características físico-químicas) do abacaxi ‘Turiaçu Amazonas’.

O escurecimento do abacaxi ‘Turiaçu Amazonas’, independente do revestimento e do tempo de conservação, pode estar associado a presença de compostos fenólicos, conforme observado em testes histoquímicos.

7. REFERÊNCIAS

ABREU, S. C. D. D. **Tecnologias pós-colheita para o aumento da vida-útil do abacaxi Turiaçu produzido no Amazonas**. Dissertação (Mestrado em Agronomia Tropical)-Faculdade de Ciências Agrárias**,** Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2022.

ARRUDA, E. C. P. **Guia teórico-prático de anatomia vegetal: identificando células e tecidos**. Recurso Eletrônico, Recife, Ed. UFPE, 2021.

ARAÚJO, J. R. G.; AGUIAR, R. A. J.; CHAVES, A. M. S.; REIS, F. O.; MARTINS, M. R. **Abacaxi 'Turiaçu': cultivar tradicional nativa do Maranhão**. Revista Brasileira de Fruticultura, v.34, p.1270-1276, 2012.

ARANTES, D. S. O.; KRAUSE, W.; FREITAS, A. P. DE; SILVA, D. C.; DALLACORT, R.; FENNER, W. **Tolerance of pineapple cultivars to natural flowering induction in the state of Mato Grosso**. Comunicata Scientiae, s. l., v. 15, p. 4108, 2024.

ARIAS, L. V.; SILVA, V. D. S.; VIEIRA, J. M.; FAKHOURI, F.; OLIVEIRA, R. A. **Plant-Based Films for Food Packaging as a Plastic Waste Management Alternative: Potato and Cassava Starch Case**. Polymers, v. 16, ed.17, p. 2390, 2024.

BERTUZZI, M. A.; SLAVUTSKY, A. A. **Improvement of water barrier properties of starch films by lipid nanolamination**. Food Packaging and Shelf Life, v. 7, p. 41-46, 2016.

BORGES, A. L. G. **Aproveitamento da casca, coroa e talo de abacaxi em cobrimento comestível no fruto processado minimamente**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de alimentos)-Faculdade de Engenharia quimica (FEQUI), Universidade Federal de Uberlândia, 2020.

CHUKWUDUBEM, E. C.; CHINAZOR, O. M.; CHUKWUKA, I. T.; CHINECHEREM, E. C. **Development of Cassava Starch-Based Biodegradable Plastic with PCC for Industrial Application.** Springer Proceedings in Materials, v. 32, p. 235–248, 2023.

DOLHAJI, N. H.; MUHAMMAD, I. I.; YAAKOB, H; MARSIN, A. M. **Chilling injury in pineapple fruits: physical quality attributes and antioxidant enzyme activity**. Food Research**,** v.4, sup. 5, p. 86–95, 2020.

EMBRAPA. **Abacaxi: Pós-colheita. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia**, 2000.

ENGEL, J. B.; AMBROSI, A.; TESSARO, I. C. **Development of biodegradable starch-based foams incorporated with grape stalks for food packaging**. Carbohydrate Polymers, v. 225, 2019.

FELICIA, W. X. L.; ROVINA, K.; VONNIE, J. M.; AQILAHA, M. N. N.; ERNA, K. H.; MAILIAN, M. **Consolidation of plant-based essential oils in polysaccharide-based**

coatings: Effect on mechanisms and reduction of post-harvest losses of fruits. Pesquisa Alimentar Aplicada, v. 2, p. 100-226, 2022.

GRALHA, K. I. DA C. M.; CORDEIRO, C. D. R.; BATISTA, W. C. S.; RODRIGUES, M. DO R. L. **Teores nutricionais em plantas de abacaxizeiro cultivar Turiaçu, nas condições do município de Itacoatiara, AM. In: Jornada de Iniciação Científica da Embrapa Amazônia Ocidental, 18., 2021, Manaus**. Anais da XVIII Jornada de Iniciação Científica da Embrapa Amazônia Ocidental, Brasília, DF., ed. 1, p. 35-36, 2022.

GUPTA, D.; LALL, A.; KUMAR, S.; PATIL, T. D.; GAIKWAD K. K. **Plant-based edible films and coatings for food-packaging applications: recent advances, applications, and trends**. Food & Function, v. 2, p. 1428-1455, 2024.

LI, S.; MA, Y.; JI, T.; SAMEEN, D. E.; AHMED, S.; QIN, W.; DAI, J.; LI, S.; LIU, Y. **Cassava starch/carboxymethylcellulose edible films embedded with lactic acid bacteria to extend the shelf life of banana**. Carbohydrate Polymers, v. 248, 2020.

LIYANAPATHIRANAGE, A.; DASSANAYAKE, R.; GAMAGE, A.; KARRI, R. R.; EVON, P.; MADHUJITH, T.; MANAMPERI, A.; JAYAKODI, J.; MERAH, O. **Recent developmentes in Edible Films and Coatings for Fruits and Vegetables**. Food Science, v. 1, p. 2142, 2023

LIM, W. S.; OCK, S. Y.; PARK, G. D.; LEE, I. W.; LEE, M. H.; PARK, H. J. **Heat-sealing property of cassava starch film plasticized with glycerol and sorbitol**. Food Packaging and Shelf Life, v. 26, 2020.

LOURES, D. DA S.; YAMASHITA, O. M.; CARVALHO, M. A. C. DE; KOGA, P. S.; CAMPOS, O. R.; MASSAROTO, J. A.; ARANTES, K. R.; FELITO, R. A.; GERVAZIO, W.; ROCHA, A. M. DA; CÂNDIDO, A. C. F. T. **Cultivation of pineapple as a function of the splitting of top-dressing potassium fertilization**. Research, Society and Development, v. l., ed. 10, n. 7, p. 42510716722, 2021.

MAHARSIH, I. K.; PUSFITASARI, M. D.; PUTRI, C.; HIDAYAT, M. **Performance evaluation of cassava peels starch-based edible coating incorporated with chitosan on the shelf-life of fresh-cut pineapples (Ananas comosus)**. Earth Environ.Sci., v. 733, ed. 1, 2021.

MADELLA, D. K. S. F.; MELO, N. R. DE. **Material de base orgânica como alternativa para embalagem de produtos alimentícios**. Research, Society and Development, v. 11, n. 10, 2022.

MARAVEAS, C. **Production of Sustainable and Biodegradable Polymers from Agricultural Waste**. Polymers, v. 12, ed. 5, p. 1127, 2020.

MEDINA, V. M.; PEREIRA, M. E. C.; BORGES, A. L.; SOUZA. L. S. **Cultivo Da Bananeira**. **Cruz Das Almas: Pós-Colheita.** Editora Embrapa, v. 1, p. 209-231, 2004.

MALI, S.; KARAM, L. B.; RAMOS, L. P. P.; GROSSMANN, M. V. E. **Relationships among the composition and physicochemical properties of starches with the characteristics of their films.** Journal of Agricultural and Food Chemistry, v. 52, ed. 25, p. 7720–7725, 2024.

MAIA, S. T. **Tecnologias e sustentabilidade na produção de abacaxi (Ananas comosus) em agroecossistemas familiares de Novo Remanso-AM**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia para Recursos Amazônicos) – Programa de Pós-graduação em Ciências e Tecnologia para Recursos Amazônicos/ Unidade Itacoatiara. Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2023.

MANDAL, D.; ENNIO, N.; LALHRUAITLUANGI, N.; FANAI, A. V. **Response of melatonin on postharvest qualities and shelf life of pineapple cv. Kew at ambient storage**. Journal of Applied and Natural Science, v. 16, n. 2, p. 794-804, 2024.

NUKUNTORNPRAKIT, O.; LUENGWILAI, K.; SIRIPHANICH, J. **Cold damage in pineapple is related to mitochondrial antioxidant metabolism.** Postharvest Biology and Technology, v. 170, 2020.

PACHECO, N. I.; MENDES, L. A. P. P. F.; CARNEIRO, G. DE S.; LOPES, D. C.; COUTINHO, I. V. L.; SILVA, A. K. A. P DA; RODRIGUES, K. B. R.; DEUS, L. R. S. DE; SILVA, A. P. DA; SOUSA, T. Y. L. L. DE. **Caracterização do abacaxi e sua casca como alimento funcional: Revisão narrativa.** Research, Society and Development, v. 11, n. 3, 2022.

PALENCIA, M.; QUINTERO, A. A. G.; COMBATT, E. M. **Biopolymers containing in cassava starch (Manihot esculenta): Amylose and amylopectin**. Journal of Science with Technological Applications, (n.d.)

RAPHAEL, M.; YONA, B.; STEPHEN, K.; EPHRAIM, N.; PATRICK, R.; SETTUMBA, M.; BRUCE, H.; SAMUEL, K. **Amylopectin molecular structure and functional properties of starch from three Ugandan cassava varieties.** Journal of Plant Breeding and Crop Science, v. 3, ed. 9, p. 195–202, 2011.

RODRIGUES, H. G. A.; SIQUEIRA, A. C. P. DE; SANTANA, L. C. L.A. **Aplicação de revestimentos comestíveis à base de quitosana e fécula de mandioca incorporados com extrato da semente de tamarindo na conservação de goiabas**. Research, Society and Development, v. 9 n. 6, 2020.

REIS, F. DE O.; ARAUJO, J. R. G.; BRAUN, H.; NEVES, A. C. V. J.; PEREIRA, A. P. A. **Fruit quality of a traditional pineapple cultivar (Turiaçu) compared to the most popular cultivar (Pérola) in Brazil**. Australian Journal of Crop Science, v. 13, n. 4, p. 546-551, 2019.

RAMOS, L. M.; REIS, F. DE O.; REIS, I. DOS S.; GONÇALVES, R. S.; NEVES, A. C. V. J. **Vegetative development of Turiaçu pineapple under two ecological conditions in Maranhão**, Brazil. Rev.Bras.Frutic, v. 42, ed. 6, 2020.

RODRÍGUEZ, M. R; VILLEGAS-YÉPEZ, C.; GONZÁLEZ, J. H. G.; RODRÍGUEZ, P. E.; ORTEGA-TORO, R. **Development and evaluation of edible films based on cassava starch, whey protein, and bees wax.** Heliyon, v. 6, ed. 9, 2020.

RODRIGUES, Jadson L.; GERUM, Íurea A.; REINHARDT, Domingo H.; PIASENTIN, Flora B. **Desafios para a sustentabilidade da cadeia produtiva do abacaxi em Itaberaba, Bahia**. Revista Metropolitana de Sustentabilidade, v. 11, n. 3, 2021.

SARKAR, T.; SALAUDDIN, M.; HAZRA, S. K.; CHAKRABORTY, R. **The impact of raw and differently dried pineapple (Ananas comosus) fortification on the vitamins, organic acid and carotene profile of dairy rasgulla (sweetened cheese ball)**. Heliyon, v. 6, n. 10, 2020.

SANGPRAYOON, P.; SUPAPVANICH, S.; YOURYON, P.; WONGS-AREE, C.; BOONYARITTHONGCHAI, P. **Efficiency of salicylic acid or methyl jasmonate immersions on internal browning alleviation and physicochemical quality of Queen pineapple cv, "Sawi" fruit during cold storage.** Journal of Food Biochemistry, v. 43, 2019.

SANTOS, A. E. O DOS; ASSIS, J. S.; BERBERT, P. A.; SANTOS, O. O.; BATISTA, P. F.; GRAVINA, G. D. A. **Influência de biofilmes de fécula de mandioca e amido de milho na qualidade pós-colheita de mangas 'Tommy Atkins'**. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, v.6, n.3, p.508-513, 2011.

SLAVUTSKY, A. M.; BERTUZZI, M. A. **Water barrier properties of starch films reinforced with cellulose nanocrystals obtained from sugarcane bagasse Carbohydrate** Polymers, v. 110, p. 53-61, 2014.

SOUZA, F. V. D.; PADUA, T. R. P. DE; FERREIRA, F. R. **Abacaxizeiros (Ananas spp) cultivados e silvestres. Brasília.** Instituto Interamericano de Cooperação para a Agricultura, p. 32, 2017.

SONG, K.; ZHANG, X.; LIU, J.; YAO, Q.; LI, Y.; HOU, X.; LIU, S.; QIU, X.; YANG, Y.; CHEN, L.; HONG, K.; LIN, L. **Integration of Metabolomics and Transcriptomics to Explore Dynamic Alterations in Fruit Color and Quality in 'Comte de Paris' Pineapples during Ripening Processes**. International Journal of Molecular Sciences, v. 24, ed. 22, 2023.

SANAHUJA, A. B.; GARCÍA, A. V.; BAENAS, N.; FERRANDO, B. O.; PERIAGO, J. M.; ALONSO, N. C.; SÁNCHEZ, R.; TODOLÍ, L. J.; **Valorization of Pineapple Core Waste for Sequential Extraction of Phenolic Compounds and Carotenoids: Optimization Through Ultrasound-Assisted Method and Box–Behnken Design**. Food and Bioprocess Technology, v.18, p. 2618-2631 2024

SGANZERLA, W. G.; ROSA, G. B.; FERREIRA, A. L. A.; ROSA, C. G. DA; BELING, P. C.; XAVIER, L. O.; HANSEN, C. M.; FERRAREZE, J. P. F.; NUNES, M. R.; BARRETO, P. L. M.; VEECK, A. P. DE. **Bioactive food packaging based on starch, citric pectin and functionalized with Acca sellowiana waste by-product: Characterization and application**

in the postharvest conservation of apple. International Journal of Biological Macromolecules, v. 147, p. 295–303, 2020.

SOUSA, A. E. D. DE; ALMEIDA, L. DE; MÔNICA, M; MOREIRA, A. D. R. S. DE; ZOCOLO, G. J.; MIRANDA, M. R. R. A. DE; OLIVEIRA, S. E. DE. **Induction of postharvest resistance in melon using pulsed light as abiotic stressor.** Scientia Horticulturae, v. 246, p. 921-927, 2019.

SELVARAJAH, S.; BAUCHOT, A. D.; JOHN, P. **O escurecimento interno em abacaxis armazenados a frio é suprimido por uma aplicação pós-colheita de 1-metilciclopropeno**. Postharvest Biology and Technology, v. 23, p. 167-170, 2001.

SUHAG, S.; KUMAR, N.; PETKOSKA, A. T.; UPADHYAY, A. **Film formation and methods of depositing edible coatings on food products**. A review. Food Research International, v. 136, 2020.

TRIARDIANTO, D.; BINTORO, N. **The effect of different time durations of ozone treatment and storage temperatures on postharvest quality of banana (Musa acuminata). IOP Conference Series.** Earth and Environmental Science, v.759, 2021.

VENTRELLA, M. C.; ALMEIDA, A. L.; NERY, L. A.; COELHO, V. P. DE M. **Métodos histoquímicos aplicados às sementes.** Recurso eletrônico, Viçosa, MG. UFV, p. 40, 2013.

YAMASHITA, O. M.; SANCHES, R. A.; GOMES, M. Z.; CHIODELLI, L. F.; PERES, W. M.; CAMPOS, O. R.; CARVALHO, M. A. C. DE; DAVID, G.; KOGA, P. S.; MASSAROTO, J. A. **Qualidade de fruto e análise organoléptica de abacaxi submetido à adubação potássica e indução floral na Amazônia meridional.** Observatório de la economía latinoamericana, v. 22 ed.1, p. 4063-4082, 2024.

ZIAURRAHMAN, A.; WIDODO, S. E.; KARYANTO, A.; WALUYO, S. **Responses of GP3 and MD2 pineapple clones to postharvest application of wax and chitosan-based coatings**. Pesquisa Alimentar, v. 8, n. 4, p. 401-408, 2024.