



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**CURSO DE AGRONOMIA**

**KAGIAANY MEIRELE SANTOS**

**QUALIDADE E CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE MAMÃO E UMBU SOB**  
**RECOBRIMENTOS A BASE DE AMIDO ASSOCIADOS À SOLVENTES**  
**EUTÉTICOS PROFUNDOS NATURAIS**

**AREIA**  
**2022**

**KAGIAANY MEIRELE SANTOS**

**QUALIDADE E CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE MAMÃO E UMBU SOB  
RECOBRIMENTOS A BASE DE AMIDO ASSOCIADOS À SOLVENTES  
EUTÉTICOS PROFUNDOS NATURAIS**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Coordenação do Curso de  
Agronomia da Universidade Federal da  
Paraíba, como requisito parcial à obtenção  
do título de Engenheira Agrônoma.

**Orientadora:** Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Silvanda de Melo  
Silva

**Coorientador:** Dr. Alex Sandro Bezerra de  
Sousa

**AREIA  
2022**

**Catálogo na publicação**  
**Seção de Catalogação e Classificação**

S237q Santos, Kagiaany Meirele.

Qualidade e conservação pós-colheita de mamão e umbu  
sob recobrimentos a base de amido associados à  
solventes eutéticos profundos naturais / Kagiaany  
Meirele Santos. - Areia:UFPB/CCA, 2022.  
51 f. : il.

Orientação: Silvanda de Melo Silva.

Coorientação: Alex Sandro Bezerra de Sousa.

TCC (Graduação) - UFPB/CCA.

1. Agronomia. 2. Recobrimentos biodegradáveis. 3.  
Tecnologias limpas. 4. Amadurecimento. 5. Vida  
útil pós-colheita intenção de compra. I. Silva,  
Silvanda de Melo. II. Sousa, Alex Sandro Bezerra de.  
III. Título.

UFPB/CCA-AREIA

CDU 631/635(02)



**UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
COORDENAÇÃO DE AGRONOMIA  
CAMPUS II – AREIA - PB**

## **DEFESA DO TRABALHO DE GRADUAÇÃO**

Aprovada em 20/06/2022.

### **“QUALIDADE E CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE MAMÃO E UMBU SOB RECOBRIMENTOS A BASE DE AMIDO ASSOCIADOS À SOLVENTES EUTÉTICOS PROFUNDOS NATURAIS”**

Autor: **KAGIAANY MEIRELE SANTOS**

Banca Examinadora:

*Silvanda de Melo Silva*

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Silvanda de Melo Silva  
Orientadora – DQF/CCA/UFPB

*Alex Sandro Bezerra de Sousa*

Dr. Alex Sandro Bezerra de Sousa

Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural do Ceará (EMATERCE)

*Albert Einstein Mathias de Medeiros Teodósio*

Doutorando Albert Einstein M. M. Teodósio  
PPGA/CCA/UFPB

*Elny Alves Onias*

Doutoranda Elny Alves Onias  
PPGA/CCA/UFPB

*Eduardo Felipe da Silva Santos*

Doutorando Eduardo Felipe da Silva Santos  
PPGA/CCA/UFPB

*Aos meus pais, Deolinda Maria e José Luís (Cabileira),  
por sempre me apoiar e incentivar nos estudos.*  
**Dedico.**

## AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida e por permitir que nunca me faltasse forças para continuar mesmo nos momentos de mais aflição.

Aos meus pais Deolinda Maria e José Luís (Cabileira) que mesmo diante de todas as dificuldades que a vida impôs sempre me orientaram a seguir no caminho do bem, são meus exemplos de vida e dedicação à família, sempre me incentivaram nos meus estudos não medindo esforços e fazendo sacrifícios para que eu sempre tivesse educação de qualidade. A minha irmã, Daliana dos Santos que mesmo a distância se faz presente em minha vida.

A minha querida orientadora Prof<sup>a</sup> Dr<sup>a</sup> Silvanda de Melo Silva por me proporcionar grandes oportunidades e aprendizados, sempre instigando a buscar aperfeiçoamento profissional, compreensiva e paciente. Mulher de força e garra que me inspira todos os dias. Gratidão!

A família Perazzo, em especial, a Beatriz Perazzo Barbosa (*in memoriam*) que permitiu que desde pequena pudesse frequentar sua casa, sempre gentil, atenciosa e preocupada com meus estudos. Por todos os momentos compartilhados.

A equipe do Laboratório de Biologia e Tecnologia Pós-Colheita (LBTPC) que desde o primeiro dia me receberam de braços abertos, sempre compartilhando aprendizado, experiências e amizade. Assys, Thiane, Ricardo, Saulo, Alex, Mariany, Fernando, Fabiano, Pricilla, Natália, Paula, Jardel, Thiago, Elton, Eduardo, Tatiana, Bruna, Albert, Bárbara, Elny, Bruno e demais que passaram pelo LBTPC.

Aos amigos que fiz durante esses cinco anos de curso por me apresentar o curso de Agronomia e tornar essa caminhada mais leve. Alfredo Nunes, Michelly Fernandes, Cinthia Carla, Thiphannie Medeiros e Chicória Lima. Em especial, a Edson de Souza Silva que foi além da amizade dividindo agora uma jornada comigo, por todo o seu carinho, paciência e compreensão.

A turma 2016.2, a mais unida do CCA, por todos os momentos bons e não tão bons partilhados, sempre com união conseguimos nos ajudar em momentos de tensão. As agroamigas e irmãs, Amanda Cândido, Anne Alícia, Aysla Barreto, Jackeline Germano, Jéssica Nóbrega, Laura Toledo, Maria Eduarda e aos agroamigos e irmãos, Antônio Fernando, Aurélio Santiago, Edmilson Gomes, Erasmo Neto,

Guilherme Chaves, João Paulo, Jordy Marinho, José Ilário, Raiff Ramos, Robson Monteiro, Vaneilson Araújo e Vinicius Sena.

Aos familiares, vizinhos e amigos próximos que desde sempre me acompanham e torcem por todas vitórias conquistadas em minha vida.

A UFPB e CNPq pela concessão de bolsas de ensino e pesquisa que ajudaram a me manter durante esses cinco anos, aos professores do curso de Agronomia e técnicos de laboratório por todo o conhecimento partilhado fazendo com que conseguisse realizar meu sonho de se tornar Engenheira Agrônoma.

A todos os meus sinceros agradecimentos!

# QUALIDADE E CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE MAMÃO E UMBU SOB RECOBRIMENTOS A BASE DE AMIDO ASSOCIADOS À SOLVENTES EUTÉTICOS PROFUNDOS NATURAIS

## RESUMO

Frutos tropicais têm curta vida útil, necessitando de tecnologias pós-colheita eficientes, a exemplo do armazenamento refrigerado e atmosfera modificada, visando a manutenção da qualidade e aumento da vida útil pós-colheita. Neste sentido, o uso de recobrimentos biodegradáveis utilizando fontes de amido renováveis e aditivos não poluentes, com elevado impacto na agregação de valor e aplicável a frutos e hortaliças. No armazenamento refrigerado deve-se atentar para a temperatura mínima de segurança, evitando a incidência de desordens fisiológicas, a exemplo do dano pelo frio ou *chilling injury*. Neste contexto, um recobrimento eficiente além de reduzir as taxas metabólicas deve minimizar os efeitos deletérios desta desordem fisiológica. Assim, recobrimentos biodegradáveis formulados a base de amido associado à solventes eutéticos profundos naturais (NADES) se caracterizam como alternativas limpas, sustentáveis e inovadora para o armazenamento de frutos. O objetivo desse trabalho foi avaliar o emprego dessas tecnologias na qualidade e conservação pós-colheita de mamão e umbu, sendo estruturado em dois capítulos. Os delineamentos foram os inteiramente casualizados, em três repetições. **Capítulo I** - Qualidade e aceitação sensorial de mamão 'Golden' sob recobrimentos de amido contendo NADES de ácido ascórbico. Mamões foram imersos por um minuto nos seguintes recobrimentos: fécula de mandioca 2% + NADES 0,75% (2A) e fécula de mandioca 3% + NADES 0,75% (3A), seguidos de secagem ao ambiente e o controle (C), sem recobrimento. Como principais resultados, mamões recobertos com 3% de fécula associado ao NADES tiveram a perda de massa reduzida, mantiveram a firmeza e teores de ácido ascórbico, retardaram a evolução da cor, indicando retardo no amadurecimento. Além disso, todos os atributos sensoriais foram superiores em frutos deste recobrimento, que apresentaram um adicional de pelo menos 6 dias na vida útil comparado ao controle, com base na intenção de compra. **Capítulo II** - Redução da incidência do dano pelo frio e conservação pós-colheita de umbu armazenado sob recobrimentos a base de amido associados à NADES. Os foram imersos por 1 minutos nos seguintes recobrimentos: fécula de mandioca 2,5% + glicerol 0,75% (FM + gli); fécula de mandioca 2,5% + DES 0,75% (FM + NADES); fécula de inhame 2,5% + glicerol 0,75% (FI + gli); fécula de inhame 2,5% + DES 0,75% (FI + NADES), seguidos de secagem ao ar e o controle (C), frutos sem recobrimento. Os principais resultados foram: umbus recobertos com 2,5% de fécula de inhame associado a 0,75% de NADES apresentaram perda de massa reduzida, retardaram a evolução da cor, indicando retardo no amadurecimento. Adicionalmente, umbus mantidos sob este recobrimento apresentaram menores índices de danos fisiológicos ocasionados pelo frio, apresentando um adicional de 6 dias na vida útil comparado ao controle, com base no índice de compra. Assim, o emprego de recobrimentos biodegradáveis a base de amido e NADES na conservação da qualidade pós-colheita e mamão e umbu é uma alternativa viável que adiciona vida útil a estes frutos.

**Palavras chaves:** recobrimentos biodegradáveis; tecnologias limpas nades; amadurecimento; *chilling injury*; vida útil pós-colheita intenção de compra.



# QUALITY AND POSTHARVEST CONSERVATION OF PAPAYA AND UMBU FRUITS UNDER STARCH-BASED COATINGS ASSOCIATED WITH NATURAL DEEP EUTETIC SOLVENTS

## ABSTRACT

Tropical fruits are perishable, requiring efficient postharvest technologies, such as refrigerated storage and modified atmosphere, to maintain quality and increase postharvest life. In this sense, the use of biodegradable coatings using renewable starch sources and non-polluting additives is characterized as an innovative clean technology, with a high impact on adding value and applicable to various fruits. In refrigerated storage, attention must be paid to the minimum safety temperature, avoiding the incidence of physiological disorders, such as cold damage or chilling injury. In this context, an efficient coating, in addition to reducing metabolic rates, should minimize the deleterious effects of this physiological disorder. Thus, starch-based formulated biodegradable coatings associated with natural deep eutectic solvents (NADES) are characterized as clean, sustainable and innovative alternatives for fruit storage. The objective of this work was to evaluate the use of these technologies in the quality and postharvest conservation of papaya and umbu, which was structured in two chapters. The experimental designs were completely randomized, in three replications. Chapter I - Quality and sensory acceptance of 'Golden' papaya under starch coatings containing NADES of ascorbic acid. Papayas were immersed for one minute in the following coatings: cassava starch 2% + NADES 0.75% (2%) and cassava starch 3% + DES 0.75% (3%), followed by air drying, and the control (C), fruits without coating. As main results, papayas coated with 3% starch associated with NADES had reduced mass loss, maintained firmness and ascorbic acid levels, delayed color evolution, indicating a delay in ripening. In addition, all sensory attributes were superior in fruits of this coating, which presented an additional shelf life of at least 6 days compared to the control, based on the purchase intention. Chapter II - Reduction of the chilling injury incidence and postharvest conservation of umbu fruit stored under starch-based coatings associated with NADES. The samples were immersed for 1 minute in the following coatings: 2.5% cassava starch + 0.75% glycerol (FM + gly); cassava starch 2.5% + DES 0.75% (FM + DES); 2.5% yam starch + 0.75% glycerol (FI + gly); yam starch 2.5% + DES 0.75% (FI + DES), followed by air drying, and the control (C), uncoated fruits. The main results were: umbus coated with 2.5% yam starch associated with 0.75% NADES showed reduced mass loss, delayed color evolution, indicating a delay in ripening. Additionally, umbus kept under this coating showed lower rates of physiological damage caused by the chilling, presenting an additional 6 days in the useful life compared to the control, based on the purchase intention. Thus, the use of biodegradable coatings based on starch and NADES in the conservation of post-harvest quality in papaya and umbu is a viable alternative that adds postharvest life to these fruits.

**Keywords:** biodegradable coatings; clean technologies nades; ripening; chilling injury; postharvest viable life purchase intention.

## LISTA DE FIGURAS

|                     |                                                                                                                                                    |    |
|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Capítulo I.</b>  | <b>Qualidade e aceitação sensorial de mamão ‘Golden’ sob recobrimentos de amido contendo NADES de ácido ascórbico</b>                              |    |
| Figura 1 –          | Perda de massa de mamão ‘Golden’ recoberto com fécula de mandioca associada ao NADES.....                                                          | 26 |
| Figura 2 –          | Firmeza de mamão ‘recoberto com fécula de mandioca associada ao NADES.....                                                                         | 27 |
| Figura 3 –          | Cor de casca, nos parâmetros L (A), a* (B), b* (C), de mamão ‘Golden’ recoberto com fécula de mandioca associada ao NADES.....                     | 28 |
| Figura 4 –          | Sólidos solúveis (A) e Acidez Titulável (B) de mamão ‘Golden’ recoberto com fécula de mandioca associada ao NADES.....                             | 29 |
| Figura 5 –          | Relação Sólidos Solúveis e Acidez Titulável de mamão ‘Golden’ recoberto com fécula de mandioca associada ao NADES.....                             | 30 |
| Figura 6 –          | Ácido Ascórbico de mamão ‘Golden’ recoberto com fécula de mandioca associada ao NADES.....                                                         | 30 |
| Figura 7 –          | Atributos sensoriais de mamão ‘Golden’ recoberto com fécula de mandioca associada ao NADES.....                                                    | 31 |
| <b>Capítulo II.</b> | <b>Redução da incidência do dano pelo frio e conservação pós-colheita de umbu armazenado sob recobrimentos a base de amido associados à NADES.</b> |    |
| Figura 1 –          | Perda de massa de umbu recoberto com fécula de mandioca e fécula de inhame associada ao glicerol e NADES.....                                      | 41 |
| Figura 2 –          | Firmeza de umbu recoberto com fécula de mandioca e fécula de inhame associada ao glicerol e NADES.....                                             | 41 |
| Figura 3 –          | Cor de casca, nos parâmetros L (A), a* (B), b* (C), de umbu recoberto com fécula de mandioca e fécula de inhame associada ao glicerol e NADES..... | 42 |
| Figura 4 –          | Sólidos solúveis (A) e Acidez titulável (B) de umbu recoberto com fécula de mandioca e fécula de inhame associada ao glicerol e NADES.....         | 44 |

|           |                                                                                                                                         |    |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 5. | Dano pelo frio (A) e Índice de compra (B) de umbu recoberto com fécula de mandioca e fécula de inhame associada à glicerol e NADES..... | 45 |
|-----------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|

## SUMÁRIO

|                                                                                                                                                                      |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <u>1 INTRODUÇÃO GERAL</u> .....                                                                                                                                      | 11 |
| <u>2 REVISÃO DE LITERATURA</u> .....                                                                                                                                 | 12 |
| <u>2.1 MAMÃO</u> .....                                                                                                                                               | 12 |
| <u>2.2 UMBU</u> .....                                                                                                                                                | 13 |
| <u>2.3 CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA</u> .....                                                                                                                            | 14 |
| <u>2.3.1 Armazenamento refrigerado</u> .....                                                                                                                         | 15 |
| <u>2.3.2 Atmosfera modificada</u> .....                                                                                                                              | 16 |
| <u>REFERÊNCIAS</u> .....                                                                                                                                             | 17 |
| <u>Capítulo I. Qualidade e aceitação sensorial de mamão ‘Golden’ sob recobrimentos de amido contendo DES de ácido ascórbico</u> .....                                |    |
| <u>1 INTRODUÇÃO</u> .....                                                                                                                                            | 21 |
| <u>2 MATERIAL E MÉTODOS</u> .....                                                                                                                                    | 23 |
| <u>2.1 MATERIAL VEGETAL</u> .....                                                                                                                                    | 23 |
| <u>2.2 FORMULAÇÃO DO SOLVENTE EUTÉTICO PROFUNDO (DES)</u> .....                                                                                                      | 23 |
| <u>2.3 PREPARAÇÃO DOS RECOBRIMENTOS BIODEGRADÁVEIS</u> .....                                                                                                         | 24 |
| <u>2.4 APLICAÇÃO DOS RECOBRIMENTOS</u> .....                                                                                                                         | 24 |
| <u>2.5 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL</u> .....                                                                                                                           | 24 |
| <u>2.6 AVALIAÇÕES</u> .....                                                                                                                                          | 24 |
| <u>2.7 ANÁLISE ESTATÍSTICA</u> .....                                                                                                                                 | 25 |
| <u>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</u> .....                                                                                                                                | 26 |
| <u>4 CONCLUSÃO</u> .....                                                                                                                                             | 32 |
| <u>REFERÊNCIAS</u> .....                                                                                                                                             | 33 |
| <u>Capítulo II. Redução da incidência do dano pelo frio e conservação pós-colheita de umbu armazenado sob recobrimentos a base de amido associados à NADES</u> ..... |    |
| <u>1 INTRODUÇÃO</u> .....                                                                                                                                            | 36 |
| <u>2 MATERIAL E MÉTODOS</u> .....                                                                                                                                    | 38 |
| <u>2.1 MATERIAL VEGETAL</u> .....                                                                                                                                    | 38 |
| <u>2.2 PREPARAÇÃO DOS RECOBRIMENTOS BIODEGRADÁVEIS</u> .....                                                                                                         | 38 |
| <u>2.3 APLICAÇÃO DOS RECOBRIMENTOS</u> .....                                                                                                                         | 38 |
| <u>2.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL</u> .....                                                                                                                           | 39 |
| <u>2.5 AVALIAÇÕES</u> .....                                                                                                                                          | 39 |
| <u>2.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA</u> .....                                                                                                                                 | 40 |
| <u>3 RESULTADOS E DISCUSSÃO</u> .....                                                                                                                                | 40 |
| <u>4 CONCLUSÃO</u> .....                                                                                                                                             | 46 |
| <u>REFERÊNCIAS</u> .....                                                                                                                                             | 48 |

## 1 INTRODUÇÃO GERAL

O Brasil é o terceiro maior produtor de frutos (FAOSTAT, 2022), com grande variedade de frutíferas introduzidas, já estabelecidas para mercado doméstico e de exportação, além da diversidade de frutíferas nativas, em processo de domesticação. Neste contexto estão inseridos o mamoeiro e o umbuzeiro, respectivamente. No ano de 2020, a produção de mamão foi de 1.235.003 t, atrás da Índia e da República Dominicana (FAOSTAT, 2022), dessa produção foram exportados 43.708,541 t (MAPA, 2022), isso mostra a importância do mamoeiro na fruticultura comercial, seja para o mercado interno ou exportação. Com sua elevada perdas pós-colheita, faz-se necessário o desenvolvimento de estudos voltadas a manutenção da qualidade do mamão e aumento da vida útil pós-colheita.

O umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda), dissemelhantemente do mamão – cultivado em pomares comerciais – é proveniente do extrativismo gerando emprego e renda nas regiões das áreas de ocorrência, tendo ocorrência natural no Semiárido brasileiro, havendo atualmente iniciativas para formação de pomares comerciais, a partir dos acessos do umbuzeiro gigante para exploração racional dos frutos (RODRIGUES, 2022). Seu fruto, o umbu, vem se destacando no mercado nacional pelo apelo regional e se estabelecendo no consumo por suas qualidades sensoriais e nutricionais. Em função do seu padrão respiratório típico climatérico – pico da produção de etileno no final do amadurecimento e aumento da respiração (SANTOS, 2022), os frutos de umbuzeiro são altamente perecíveis, conseqüentemente, deve-se buscar alternativas para conservação pós-colheita, como a utilização de atmosfera modificada (TEODÓSIO et al., 2020) e armazenamento refrigerado (XAVIER et al., 2022).

O mamoeiro e o umbuzeiro são frutíferas de clima tropical, apesar do umbuzeiro ter ocorrência apenas no Semiárido nordestino. No entanto, os seus frutos possuem em comum a característica de serem climatérico, ou seja, apresentam pico da produção de etileno e de CO<sub>2</sub> no amadurecimento (RODRIGUES, 2022). Frutos deste padrão respiratório, quando são colhidos na maturidade fisiológica conseguem finalizar esta fase fora da planta (GIOVANNONI et al., 2017). Os frutos por serem perecíveis ocasiona perdas pós-colheitas maior do que 30%, resultado de uso de técnicas inadequadas na colheita, manuseio pós-colheita deficientes, falta de

investimento em tecnologias pós-colheita, transporte e armazenamento inadequados (GADELHA et al., 2019).

O emprego de tecnologias pós-colheita é de fundamental importância na manutenção da qualidade de frutos perecíveis, a exemplo do mamão e o umbu. Nas práticas de conservação pós-colheita pode-se citar o emprego de atmosfera modificada através de recobrimentos biodegradáveis e o armazenamento refrigerado (SERAFINI et al., 2021). Os recobrimentos biodegradáveis são uma tecnologia limpa e que pode trazer inovação e agregação de valor aos frutos (MELO et al., 2021). O armazenamento refrigerado é uma tecnologia de elevada eficiência no prolongamento da vida útil e manutenção da qualidade dos frutos, no entanto deve-se ter cuidado no seu emprego, pois abaixo do limite crítico pode ocasionar desordens fisiológicas, a exemplo do dano pelo frio (*chilling injury*) em frutos tropicais (LUENGO et al., 2007).

O dano pelo frio é um distúrbio fisiológico à frutos e hortaliças que ocorre quando as temperaturas no armazenamento são inferiores à Temperatura Mínima de Segurança do fruto e os sintomas podem ocorrer durante o armazenamento ou em alguns casos na remoção da condição de refrigeração, na comercialização. Frutos de clima tropical e subtropical tendem a ser mais sensíveis as temperaturas de armazenamento. Alternativas vem sendo estudadas para redução dos danos causado pelo frio, como o emprego de atmosfera modificada (KLUGE, 2007; VALENZUELA et al., 2017), por recobrimentos biodegradáveis (FABIANE et al., 2019; ZHOU et al., 2019).

Os recobrimentos biodegradáveis a base de amido associado a solventes eutéticos profundos naturais (NADES) podem funcionar como uma barreira que limita a perda de água e reduz as taxas metabólicas, logo, prolonga a vida útil dos frutos (ALVES et al., 2020; PEREIRA et al., 2019). O uso de amido na formulação de recobrimentos é uma opção inovadora, contemporânea e limpa que pode ser utilizada, em conjunto, com o NADES que é uma mistura de dois ou mais compostos, a exemplo de cloreto de colina e ácido ascórbico, que podem apresentar propriedades plastificantes superiores ao glicerol – derivado do petróleo (BEZERRA et al., 2020; SILVA et al., 2019).

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a qualidade e conservação de frutos do mamoeiro ‘Golden’ e do umbuzeiro recobertos com recobrimentos

biodegradáveis formulados com diferentes fontes de amido associado a NADES e armazenados em condição ambiente – mamão ‘Golden’ – e refrigerado – umbu.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

O Brasil é o terceiro maior produtor mundial de frutos, com cerca de 45 milhões de toneladas por ano. Recentemente, os números mostram um cenário promissor: no terceiro trimestre de 2021, o setor registrou aumento de 20% no volume exportado em comparação com o mesmo período de 2020 (MAPA, 2022). Neste cenário se insere as frutíferas tropicais cultivadas em ampla escala, a exemplo do mamoeiro (BARROS et al., 2019). Entretanto, a ampla ocorrência de frutíferas nativas de grande potencial para expansão do consumo, algumas em processo de domesticação com base na seleção de acessos com características de qualidade promissoras, exigem o aprofundamento de estudos, visto que a exploração de seus frutos representa emprego e renda para a população das áreas de ocorrência, a exemplo do umbuzeiro que é uma espécie endêmica do Semiárido nordestino (RODRIGUES, 2022; SANTOS, 2022).

### 2.1 MAMÃO

O mamoeiro (*Carica papaya* L.) é uma frutífera tropical nativa da planície Central e da América do Sul, no entanto, seu cultivo vem se expandindo para regiões tropicais e subtropicais, com isso, o fruto fresco e seus subprodutos são consumidos no mundo inteiro (LIU et al., 2018; TAYAL et al., 2019). O mamão é um fruto carnoso do tipo baga, suculento, sabor adocicado, rico em vitaminas A e C, compostos bioativos e propriedades anti-inflamatórias, antibacterianas e antifúngicas (ZHOU et al., 2019).

No Brasil, o mamoeiro possui participação significativa na fruticultura comercial com importância econômica e social, exportando aproximadamente 4% da produção nacional (MAPA, 2022). As principais cultivares são ‘Sunrise Solo’, ‘Golden’, apresentam características semelhantes como: frutos hermafroditas de formato piriforme, peso médio de 450g, casca lisa, firme e uniforme. A cultivar ‘Sunrise Solo’ possui polpa vermelho-alaranjado e produz em média 45t/ha/ano (DANTAS et al.,

2013). A cultivar ‘Golden’ possui polpa rosa-salmão, produtividade inferior ao ‘Sunrise Solo’, mas excelente aceitação no mercado internacional (BARROS et al., 2019).

Com suas características sensoriais, propriedades funcionais, o mamão é um fruto imensamente apreciado. Apesar desses atributos, por ser um fruto climatérico, ou seja, caracterizado pelo aumento da frequência respiratória e produção de etileno logo após a colheita ocorre o rápido amadurecimento. Além disso, as perdas pós-colheita do mamão são ocasionadas principalmente por danos mecânicos, fisiológicos e patogênicos, não permitindo um longo período de armazenamento (CUNHA et al., 2018; SANTOS et al., 2019; CABRERA et al., 2021).

## 2.2 UMBU

O umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) é uma frutífera nativa que ocorre no Semiárido do Nordeste brasileiro, da família Anacardiaceae, resistente a longos períodos de seca. O umbu é um fruto do tipo drupa arredondada, aroma e sabor característicos, moderadamente ácido e polpa suculenta. Consumido majoritariamente *in natura*, possui baixo valor comercial, no entanto, usualmente, é processado e transformado em doces, geleias, polpas, compotas, fermentados, cervejas, entre outros (DRUMOND et al., 2016; BALBINO et al., 2019; LEITE et al., 2021).

Proveniente do extrativismo vegetal, o umbu é uma alternativa para pequenos agricultores do Semiárido Nordestino, devido a ampla possibilidade de aproveitamento. Cada vez mais vem ganhando espaço no mercado nacional por apresentar grande potencial de produção e ser fonte de compostos bioativos. No entanto, há dois principais entraves para o estabelecimento do arranjo produtivo nestas regiões, apenas uma safra ao ano e extremamente perecível, com curta vida útil pós-colheita, dois a três dias quando maduro (MOREIRA et al., 2021; SOUZA et al., 2021).

## 2.3 CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA

Os frutos após a colheita continuam vivos, realizando uma série de atividades metabólicas. Dentre as fases de desenvolvimento dos frutos, após o amadurecimento, tem-se a senescência, caracterizada pela morte dos tecidos, ocasionando redução na coloração, no sabor, na massa e firmeza do fruto. A senescência é um processo que



envolve as alterações fisiológicas, bioquímicas e metabólicas, no entanto, com o uso de tecnologias pós-colheita pode ser retardado, fazendo com que aumente a vida útil dos frutos (NEVES, 2018; SPOTO, 2022).

A deterioração pós-colheita dos frutos deve-se principalmente ao consumo de seus próprios nutrientes através da respiração, resultando na destruição e decomposição da clorofila, amolecimento da parede celular; o valor nutricional muda continuamente sob a ação da temperatura, umidade e composição do ar (BARRET, 2012; XU et al., 2019). Além disso, as condições de transporte e armazenamento influenciam diretamente na deterioração dos frutos, quando realizados de forma inadequada ocasionam danos mecânicos e físicos que resultam em perdas pós-colheita.

A conservação pós-colheita é necessária para a manutenção da qualidade e aumento da vida útil de frutos, reduzindo as perdas. A importância do aumento do tempo de vida útil tem relação com o armazenamento quando se tem a intenção de comercializar o fruto em outro período, no mercado interno ou externo, onde se deve levar em consideração o acondicionamento, o transporte e armazenamento até estar disponível para o consumidor final (OLIVEIRA, 2021; SOARES, 2018).

Para que ocorra o aumento da vida útil é necessário criar mecanismos que reduzam a respiração e a produção de etileno no fruto, principalmente. Frutos climatéricos necessitam do emprego de tecnologias, como tratamento térmico, modificação ou controle da atmosfera, radiação, aplicação de ozônio, refrigeração, entre outros, que atuem diretamente na redução da atividade metabólica dos frutos colhidos (INESTROZA-LIZARDO et al., 2018). O uso dessas tecnologias sem compreensão da fisiologia do fruto ou de forma desordenada pode ocasionar danos irreversíveis no fruto, aumentando as perdas pós-colheita.

### **2.3.1 Armazenamento refrigerado**

A temperatura é um fator de extrema importância na conservação pós-colheita de frutos, visto que, quando ocorre a sua diminuição o fruto fica menos suscetível a incidência de pragas, diminui a respiração e consegue se manter em seu estado fresco, preservando seu sabor, aroma, textura, entre outros (GOMES, 1996). Com isso, realizar um armazenamento refrigerado onde se tem o controle adequado da

temperatura e umidade é imprescindível para manutenção da qualidade pós-colheita de frutos (SILVA et al., 2019).

O armazenamento refrigerado é um dos métodos mais empregados na conservação de frutos porque reduz: as atividades metabólicas indesejadas, como o aumento da respiração, retardo do pico da produção de etileno; a perda de água, consequentemente a perda de massa e manutenção da firmeza; e a decomposição microbiológica. No entanto, o sucesso do armazenamento refrigerado considera outros fatores além do controle da temperatura e umidade, como reduzir a temperatura logo após a colheita, armazenar frutos livre de patógenos, de qualidade, respeitando a fisiologia de cada um (FAN et al., 2022; GERMANO et al., 2019).

Os frutos são organismos vivos que possuem fisiologia pós-colheita distinta entre si, com isso, deve-se levar em consideração os limites ideais de umidade e temperatura. O limite ideal para a umidade relativa quando é atingido diminui a desidratação dos tecidos, reduzindo a perda de massa, além disso, não favorece o desenvolvimento de microrganismos e contribui com a redução dos danos ocasionados pelo frio. Para a temperatura cada fruto possui um limite mínimo de segurança que proporciona a manutenção da qualidade, visto que, ao armazenar com temperatura inferior prejudica os frutos, causando distúrbio fisiológico chamado *chilling injury* – dano pelo frio (ROSA et al., 2018; OLIVIERA, 2021).

O dano pelo frio causa irregularidade no amadurecimento, manchas escuras na casca, modifica a coloração na polpa, amole os frutos pelo rompimento das células, altera o sabor, aumenta a suscetibilidade a patógenos e a deterioração pós-colheita. Consequentemente, o dano causado pelo frio faz com que a qualidade dos frutos decline rapidamente quando o armazenamento refrigerado não é bem executado, sendo assim, os frutos não são aceitos pelo consumidor ocasionando mais perdas pós-colheita (ZOU et al., 2014; PAN et al., 2017; LIMA, 2019). No entanto, existem tecnologias pós-colheitas que quando associadas ao armazenamento refrigerado auxiliam na proteção do fruto contra os danos ocasionados pelo frio.

### **2.3.2 Atmosfera modificada**

A atmosfera modificada é uma tecnologia pós-colheita que tem como princípio a redução das concentrações de O<sub>2</sub> e aumento da concentração de CO<sub>2</sub> da atmosfera de armazenamento dos frutos e hortaliças. A diminuição dos níveis de O<sub>2</sub> nos frutos

reduz a atividade das enzimas de síntese do etileno, reduzindo o seu conteúdo e consequentemente retardando o amadurecimento dos frutos climatéricos, aumentando a vida útil (ANESE et al., 1997; KAWANO et al., 2016; FANG, 2021).

Além das mudanças nas concentrações dos gases, o recobrimento que envolve o fruto funciona como uma barreira permeável que dificulta a perda de água e a exposição do fruto a contaminação microbiológica e ação de patógenos (USDA, 2016; FRANS et al., 2021). Permeabilidade, diminuir a perda de água, controlar as trocas gasosas, melhorar a resistência mecânica são características e funções de um bom recobrimento (LABUZA & BREENE, 1989; NOR & DING, 2020).

Os recobrimentos são formulados a partir de amido, principalmente de mandioca e inhame, associado a solventes eutéticos profundos naturais (NADES). Os NADES são uma mistura de dois ou mais compostos químicos, como o cloreto de colina e ácido ascórbico, em razão molar específica (2:1) que possui propriedades plastificantes, estabilidade térmica e baixa pressão de vapor e são utilizados em substituição ao glicerol que é um derivado do petróleo (LIAO et al., 2008; FRAIGE et al., 2019; LI et al., 2021). As féculas e os NADES são alternativas limpas, inovadoras, sustentáveis e renováveis para formulação de recobrimentos biodegradáveis.

Os recobrimentos biodegradáveis tem sido cada vez mais associado a outras técnicas de conservação pós-colheita, como o armazenamento refrigerado, visto que, a associação destas reduzem a taxa metabólica, protegem o fruto da ação do frio, de microrganismos patogênicos e prolongam a vida útil pós-colheita, permitindo que os frutos sejam comercializados em períodos mais longos e em outras regiões.

Neste contexto, o uso de recobrimentos a base matrizes de amido associada a NADES caracteriza-se como tecnologia limpa que abre novas possibilidades de se criar atmosfera modificada efetiva para a conservação pós-colheita de um grande número de frutos e hortaliças.

## REFERÊNCIAS

ALVES, T. P. et al. Qualidade pós-colheita de frutos do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) armazenados sob atmosfera modificada. **Diversitas Journal**, v. 5, n. 3, p. 1523-1535, 2020.

ANESE, M.; MANZANO, M.; NICOLI, M. C. Quality of minimally processed apple slices using different modified atmosphere conditions. **Journal of Food Quality**, v. 20, n. 5, p. 359-370, 1997.

BALBINO, E. et al. Genome survey and development of 18 microsatellite markers to assess genetic diversity in *Spondias tuberosa* Arruda Câmara (Anacardiaceae) and cross-amplification in congeneric species. **Molecular biology reports**, v. 46, n. 3, p. 3511-3517, 2019.

BARRETT, D. M.; LLOYD, Beate. Advanced preservation methods and nutrient retention in fruits and vegetables. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 92, n. 1, p. 7-22, 2012.

BARROS, W. K. F. C. et al. Utilização de revestimentos alternativos na conservação pós-colheita de mamão 'Sunrise Solo'. **AGRI-ENVIRONMENTAL SCIENCES**, v. 5, 2019.

BEZERRA, F. de S.; DA COSTA, D. F.; KOBLITZ, M. G. B. Integral use of oil-based raw materials with "green solvents": review and opportunities. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 8, 2020.

CABRERA, J. A. et al. Papaya (*Carica papaya* L.) phenology under different agronomic conditions in the subtropics. **Agriculture**, v. 11, n. 2, p. 173, 2021.

CUNHA, M. C. et al. Propolis extract from different botanical sources in postharvest conservation of papaya. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 40, 2018.

DANTAS, J. L. L. et al. **Mamão: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Brasília, DF: Embrapa, 2013, 2013.

DRUMOND, M. A. et al. Umbuzeiro: avanços e perspectivas. **Embrapa Semiárido-Livro técnico (INFOTECA-E)**, 2016.

FABIANE, K. C. et al. Qualidade e suscetibilidade de pêssegos e nectarinas aos danos causados pelo frio. In: **Colloquium Agrariae. ISSN: 1809-8215**. 2019.

FAN, Z. et al.  $\gamma$ -Aminobutyric acid treatment reduces chilling injury and improves quality maintenance of cold-stored Chinese olive fruit. **Food Chemistry: X**, v. 13, 2022.

FANG, Y.; WAKISAKA, M. A review on the modified atmosphere preservation of fruits and vegetables with cutting-edge technologies. **Agriculture**, v. 11, n. 10, p. 992, 2021.

FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Crops and livestock products, 2022. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>

FRAIGE, K. et al. Using natural deep eutectic solvents for the extraction of metabolites in *Byrsonima intermedia* leaves. **Journal of separation science**, v. 42, n. 2, p. 591-597, 2019.

FRANS, M. et al. Possibilities of modified atmosphere packaging to prevent the occurrence of internal fruit rot in bell pepper fruit (*Capsicum annuum*) caused by *Fusarium* spp. **Postharvest Biology and Technology**, v. 178, p. 111545, 2021.

GADELHA, M. R de A. et al. Blends with tropical fruits based on tamarind. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 14, n. 3, p. 412-419, 2019.

GERMANO, T. A. et al. Galactomannan-carnauba wax coating improves the antioxidant status and reduces chilling injury of 'Paluma' guava. **Postharvest Biology and Technology**, v. 149, p. 9-17, 2019.

GIOVANNONI, J.; NGUYEN, C.; AMPOFO, B.; ZHONG, S.; FEI, Z. The epigenome and transcriptional dynamics of fruit ripening. **Annual Review of Plant Biology**, v. 68, n. 28, p. 61-84, 2017.

GOMES, M. S. de O. Conservação pós-colheita: frutas e hortaliças. Brasília, DF: EMBRAPA-SPI, 1996. 134p.

INESTROZA-LIZARDO, C. et al. Hyperbaric pressure at room temperature increases post-harvest preservation of the tomato cultivar 'Débora'. **Scientia horticulturae**, v. 228, p. 103-112, 2018.

KAWANO, B. R. et al. Tecnologias para a conservação pós-colheita. **AgroAnalysis**, v. 36, n. 11, p. 29-30, 2016.

KLUGE, R. A. Chilling injury in plants. **Visão Agrícola**, São Paulo, v. 7, p. 47-49, 2007.

LABUZA, T. P.; BREENE, W. M. Applications of "active packaging" for improvement of shelf-life and nutritional quality of fresh and extended shelf-life foods 1. **Journal of food processing and preservation**, v. 13, n. 1, p. 1-69, 1989.

LEITE, R.A. et al. Métodos de quebra de dormência em sementes de Umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.)(Anacardiaceae) para a produção de mudas. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 9, 2021.

LI, W. et al. Preparation of sodium hyaluronate/dopamine/AgNPs hydrogel based on the natural eutectic solvent as an antibacterial wound dressing. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 191, p. 60-70, 2021.

LIAO, H. G. et al. Shape-controlled synthesis of gold nanoparticles in deep eutectic solvents for studies of structure–functionality relationships in electrocatalysis. **Angewandte Chemie International Edition**, 2008.

LIMA, M. A. C.; CASTRICINI, A. Qualidade e pós-coheita do umbu. 2019.

LIU, K. et al. A qualitative proteome-wide lysine crotonylation profiling of papaya (*Carica papaya* L.). **Scientific reports**, v. 8, n. 1, p. 1-9, 2018.

LUENGO, R. et al. **Pós-colheita de hortaliças**. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica: Embrapa Hortaliças, 2007.

MAPA. **AGROSTAT - Estatística de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro**, 2022. Disponível em:  
<https://indicadores.agricultura.gov.br/agrostat/index.htm>.

MELO, F. S. N.; Silva, S. M. ; SOUSA, A. S. B. ; RODRIGUES, A. A. M. ; MELO, R. S.; LIMA, R. P.; SILVA, M. C. A.; SANTOS, E. F.S. Functional potential and food safety of fresh-cut Paluma guava under edible coatings. **SEMINA: CIÊNCIAS AGRÁRIAS**, v. 42, p. 2313-2325, 2021.

MOREIRA, M. N.; COSTA, Élia K. de C.; DONATO, S. L. R.; NARAIN, N. Phytochemical profile and antioxidant property of different genotypes of umbuzeiro fruits (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara): a review. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 16, 2021.

NEVES, L. C. **Manual pós-colheita da fruticultura brasileira**. SciELO-EDUEL, 2018.

NOR, S. M.; DING, P. Trends and advances in edible biopolymer coating for tropical fruit: A review. **Food Research International**, v. 134, 2020.

OLIVEIRA, V. C. Técnicas de preservação pós-colheita de frutas e hortaliças: uma revisão narrativa. In: CORDEIRO, Carlos Alberto Martins. **Ciência e tecnologia de alimentos: pesquisa e práticas contemporâneas**. Guarujá: Científica Digital, 2021. Cap 51. p. 718-733.

PAN, Y. G. et al. Effect of low temperatures on chilling injury in relation to energy status in papaya fruit during storage. **Postharvest Biology and Technology**, v. 125, p. 181-187, 2017.

PEREIRA, L. D. et al. NOTA TÉCNICA: Biofilmes comestíveis na conservação pós-colheita de cajá. **Revista Engenharia na Agricultura**, v. 27, n. 4, p. 285-292, 2019.

REZENDE-SILVA, S. L.; MEGGUER, C. A.; DOS SANTOS, M. A. INJÚRIAS POR BAIXA TEMPERATURA EM FRUTOS: Um enfoque no uso de tecnologias para retardar as injúrias pós-colheita - Revisão. **Revista Eletrônica Acervo Científico**, v. 7, p. e2051-e2051, 2019.

RODRIGUES, E.N. **Fisiologia da Maturação e Metabolismo de Parede Celular de Frutos de Acessos de Umbuzeiro**. Dissertação de Mestrado, PPGA/ CCA/ UFPB, 68 p. 2022.

RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. R. Carotenes and xanthophylls as antioxidants. In: SHAHIDI, F. **Handbook of Antioxidants for Food Preservation**. Woodhead Publishing Limited (WP) (WP), 2015. p. 17 - 50.

ROSA, C. I. L. F. et al. Pós-colheita e comercialização. In: BRANDÃO FILHO, J.U.T.; FREITAS, P.S.L.; BERIAN, L.O.S.; GOTO, R. comps. **Hortaliças-fruto** [online]. Maringá: EDUEM, 2018. p. 489-526.

SANTOS, N. L. et al. Preparation and characterization of Xyloglucan films extracted from Tamarindus indica seeds for packaging cut-up SunriseSolo'papaya. **International journal of biological macromolecules**, v. 132, p. 1163-1175, 2019.

SANTOS, N. S. et al. Caracterização da conservação refrigerada do umbu (Spondias Tuberosa Arruda Câmara) sob atmosfera modificada. **Diversitas Journal**, v. 5, n. 2, p. 693-704, 2020.

SANTOS, B. G. F. L. **Fisiologia da Maturação, Qualidade, Compostos Bioativos e Capacidade Antioxidante de Frutos de Acessos de Umbuzeiros Gigantes**. Dissertação de Mestrado, PPGA/ CCA/ UFPB, 83 p. 2022.

SERAFINI, S.; SOARES, J. G.; PICOLI, F.; DINON, A. Z.; ROBAZZA, W. da S.; PAULINO, A. T. Aspects and peculiarities of the commercial production of papaya (Carica papaya Linnaeus) in Brazil: strategies for the future of culture. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 12, 2021.

SILVA, A. C. G.; SILVA, N. S.; SOUSA, F. F. Pós-colheita do maracujá amarelo com revestimentos a base de amido da entrecasca de mandioca. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 14, n. 2, p. 238-245, 2019.

SOARES, A. G. Perdas de frutas e hortaliças relacionadas às etapas de colheita, transporte e armazenamento. In: ZARO, Marcelo. **Desperdício de alimentos: velhos hábitos, novos desafios**. Caxias do Sul: Educs, 2018. Cap. 2. p. 21-37.

SOUZA, L. M. R. de; CANUTO, M. F. C. S.; SILVA, D. R. S.; FARIAS, F. P. M.; SANTOS, F. S. dos. Drying the pulp of umbu (Spondias tuberosa) in a foam layer. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 1, 2021.

SPOTO, M. H. F. **Fisiologia Pós-colheita de Frutas e Hortaliças**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2022.

TAYAL, N. et al. Anti angiogenic activity of carica papaya leaf extract. **J. Pure Appl. Microbiol**, v. 13, n. 1, p. 567-571, 2019.

TEODOSIO, A. E. M. M. et al. Analysis of bioactive compounds in umbu (Spondias tuberosa) by application of edible coating based on Chlorella sp during storage. **Food Science and Technology**, v. 40, p. 756-760, 2020.

USDA – United States Departament of agriculture. The comercial storage of fruits, vegetables, and florist and nurseys stocks. Beltsville: **Agricultural Research Service**, 2016.

VALENZUELA, J. L. et al. Oxidative stress associated with chilling injury in immature fruit: postharvest technological and biotechnological solutions. **International journal of molecular sciences**, v. 18, n. 7, p. 1467, 2017.

XAVIER, V. L. et al. Nutritional and technological potential of Umbu (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.) processing by-product flour. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 94, 2022.

XU, T.; CHEN, Y.; KANG, H. Melatonin is a potential target for improving post-harvest preservation of fruits and vegetables. **Frontiers in Plant Science**, p. 1388, 2019.

ZHOU, Z. et al. Papaya (*Carica papaya* L.) Flavour Profiling. **Genes**, v. 12, n. 9, p. 1416, 2021.

ZOU, Y. et al. The relationship between the expression of ethylene-related genes and papaya fruit ripening disorder caused by chilling injury. **PLoS One**, v. 9, n. 12, 2014.



## CAPÍTULO I

### **Qualidade e aceitação sensorial de mamão ‘Golden’ sob recobrimentos de amido contendo NADES de ácido ascórbico**

#### **RESUMO**

O mamão é um fruto muito apreciado no mundo, entretanto apresenta curta vida útil pós-colheita. Assim, faz-se necessário o desenvolvimento de tecnologias sustentáveis para manutenção da qualidade. Os recobrimentos a base de fécula de mandioca, associado à solventes eutéticos profundos naturais (NADES), que substituem o glicerol um derivado do petróleo, podem consistir numa alternativa natural e inovadora para minimizar as perdas pós-colheita de mamão. Desse modo, objetivou-se avaliar a qualidade e aceitação sensorial de mamão ‘Golden’ recoberto com fécula de mandioca contendo NADES de ácido ascórbico (0,75%). O delineamento foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 3X4, com três recobrimentos (Controle, 2A e 3A) e 4 períodos, com 4 repetições, 2 frutos cada. Os frutos foram mantidos na condição ambiente ( $24\pm 1^{\circ}\text{C}$  e  $80\pm 5\%$  UR), os dados submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Mamões recobertos com 3A de fécula associado ao NADES tiveram a perda de massa reduzida, mantiveram a firmeza e teores de ácido ascórbico, retardaram a evolução da cor, indicando claro retardo no amadurecimento. Além disso, todas os atributos sensoriais foram superiores em frutos deste recobrimento, que apresentaram um adicional de 6 dias na vida útil comparado ao controle, com base no índice de compra. Em conjunto, recobrimento de 3A de fécula associado à NADES é uma opção promissora, saudável e eficiente para a conservação da qualidade pós-colheita de mamão ‘Golden’.

**Palavras-chave:** Fécula; *Manihot esculenta*; Solventes eutéticos profundos; Inovação.

#### **1 INTRODUÇÃO**

O mamão (*Carica papaya* L.) é um dos frutos mais apreciados no mundo, por possuir sabor e aroma característico, harmonia entre a acidez e o conteúdo de açúcares solúveis, elevado valor nutricional e funcional, portanto reconhecida contribuição na digestão e absorção de nutrientes (FARINA et al., 2020; MONTEIRO et al., 2020). Entretanto, o mamão tem curta vida útil em razão alta produção de etileno e consequente aumento na taxa respiratória no final do amadurecimento, no climatérico (HOLSBACH et al., 2019; MIRANDA et al., 2022).

Nesse sentido, tecnologias pós-colheita têm sido empregadas para aumentar a vida útil pós-colheita, tais como o armazenamento refrigerado, tratamento

hidrotérmico, inibidores de síntese e ação do etileno (NUNES et al., 2017), além de atmosfera modificada, que pode ser promovida pela aplicação de recobrimentos biodegradáveis (KUMARI et al., 2017; MARINGGAL et al., 2021).

O recobrimento biodegradável a base de amido é uma tecnologia sustentável de baixo custo (RODRIGUES et al., 2018; IFMALINDA et al., 2019) que promove a modificação da concentração dos gases no interior dos frutos pela formação de uma fina película na superfície dos frutos e funciona como barreira a  $O_2$  e  $CO_2$  (ESCAMILLA-GARCIA et al., 2018). O aumento das concentrações de  $CO_2$  e a redução de  $O_2$  reduz a produção e ação do etileno e, portanto, o metabolismo, retardando o amadurecimento e prolongando a vida útil dos frutos (CUNHA et al., 2018; CASEMIRO et al., 2019).

Entretanto, ainda é necessário desenvolver estudos mais aprofundados com relação aos materiais utilizados nestes recobrimentos biodegradáveis, criando alternativas de se combinar materiais mais inócuos à saúde e que permitam a melhoria da funcionalidade dos recobrimentos, garantindo a manutenção da qualidade, a conservação pós-colheita e o aumento da vida útil.

A fécula de mandioca é uma matéria prima renovável que vem sendo utilizada com resultados satisfatórios no desenvolvimento de recobrimentos biodegradáveis quando combinada com um agente plastificante. O plastificante confere melhores propriedades de barreira aos gases e ao vapor de água, além de minimizar rupturas do recobrimento (ZHAO, 2019; COSTA et al., 2020; GUIMARÃES et al., 2022).

O glicerol tem sido o agente plastificante mais utilizado. Entretanto, além de ser um derivado do petróleo, o glicerol permite a recristalização do amido, o que ocasiona a ruptura do recobrimento no armazenamento (COSTA et al., 2017; RODRIGUES et al., 2018). Neste sentido, os solventes eutéticos profundos naturais (NADES) são utilizados como uma alternativa contemporânea, natural, biodegradável e não tóxica, (LIU et al., 2018; SILVA et al., 2018), com potencial de substituir o glicerol na formulação de recobrimentos biodegradáveis.

Estudos têm sido realizados para a determinação dos efeitos de glicerol como plastificante, bem como pela adição de antioxidantes misturados na formulação de filmes ou recobrimentos biodegradáveis. Entretanto, ainda não existem estudos exploratórios sobre a incorporação de ácido ascórbico em uma matriz de

recobrimentos biodegradáveis, formulados a partir de concentrações de amido de mandioca associadas aos NADES, nem como isso influencia a qualidade pós-colheita de frutos.

Diante disto, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a qualidade e conservação pós-colheita do mamão 'Golden' sob diferentes concentrações de fécula de mandioca associado a NADES de ácido ascórbico.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 MATERIAL VEGETAL

Os mamões da cultivar 'Golden' foram colhidos no estágio de maturidade comercial (fruto totalmente verde com traço amarelo de até 15%), de plantios comerciais no município de Sapé-PB, Brasil, sendo acondicionados em caixas plásticas e transportados para o Laboratório de Biologia e Tecnologia Pós Colheita (LBTPC) do CCA/UFPB, localizado em Areia-PB.

A fécula de mandioca (*Manihot esculenta*) foi extraída no Laboratório de Biologia e Tecnologia Pós-Colheita, de acordo com Lima et al. (2012).

### 2.2 FORMULAÇÃO DO SOLVENTE EUTÉTICO PROFUNDO NATURAL (NADES)

O NADES foi obtido da combinação de cloreto de colina e ácido ascórbico, com razão molar 2:1. Os componentes foram colocados em balão de vidro selado, adicionados de água ultra purificada, aquecidos e agitados até a formação de uma mistura eutética líquida e translúcida (ABBOTT et al., 2004).

### 2.3 PREPARAÇÃO E APLICAÇÃO DAS SOLUÇÕES FILMOGÊNICAS

As soluções filmogênicas foram preparadas a partir de suspensões aquosas de fécula de mandioca a 2 e 3% (peso/volume), sob aquecimento controlado até atingir a temperatura de 70°C. O NADES à 0,75% (peso/volume) foi adicionado na fase de resfriamento da solução filmogênica. Todas as concentrações usadas na formulação dos filmes foram determinadas com base em testes prévios.

No laboratório, os frutos foram lavados em água corrente e sanitizados com solução de hipoclorito de sódio a 50 mg L<sup>-1</sup>, por 2 minutos. Após secagem em condição

ambiente, os recobrimentos foram aplicados nos frutos, imersos nos respectivos recobrimentos por 1 minuto e secos em temperatura ambiente, sob telas de aço inox. Após secagem, os frutos foram armazenados em bandejas de poliestireno expandido e armazenados em condição ambiente ( $24\pm 1^{\circ}\text{C}$  e  $80\pm 5\%$  UR) durante 10 dias e avaliado no 0, 4, 8 e 10 dias.

## 2.4 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial  $3\times 4$ , sendo dois recobrimentos: fécula de mandioca 2% + NADES 0,75% (2A); fécula de mandioca 3% + NADES 0,75% (3A); e o controle (C), sem recobrimento, e quatro períodos de avaliação, com quatro repetições, compostas por 2 frutos cada.

## 2.5 AVALIAÇÕES

**Perda de massa (%):** foi determinada pelo percentual acumulado obtido por diferença em relação à massa inicial (LIMA et al., 2012).

**Cor do fruto:** medidas com calorímetro Minolta CM-508d, o qual expressa a cor nos parâmetros:  $L^*$ , corresponde à claridade / luminosidade partindo do 0 (preto) a 100 (branco);  $a^*$  que define a transição da cor verde ( $-a^*$ ) para a cor vermelha ( $+a^*$ );  $b^*$  que representa a transição da cor azul ( $-b^*$ ) para a cor amarela ( $+b^*$ ). A Cor da casca foi determinada através de duas leituras diretas na cor predominante do fruto.

**Firmeza (N):** determinada através do analisador de textura TA.XT *ExpressC*, sendo realizadas duas leituras na região equatorial do fruto inteiro em lados opostos.

**pH:** utilizando potenciômetro digital, de acordo com Instituto Adolfo Lutz – IAL (2008).

**Sólidos Solúveis (%):** determinado por leitura direta com refratômetro portátil.

**Acidez Titulável (g de ácido cítrico .  $100\text{ g}^{-1}$  de polpa):** determinado por titulação, utilizando solução de NaOH 0,1M com indicador fenolftaleína, até obtenção de coloração róseo claro permanente por 5 seg, utilizando 5 g da amostra em 50 mL de água destilada (IAL, 2008).

**Relação SS/AT:** mediante divisão dos índices de SS por AT.

**Ácido Ascórbico (mg.100g<sup>-1</sup>):** determinado por titulação, utilizando solução de DFI a 0,002 % até obtenção de coloração róseo claro permanente, com 1 g da amostra em 50 mL de Ácido Oxálico 0,5% (STROHECKER & HENNING, 1967).

**Sensorial:** determinado por dez painelistas treinados. As amostras foram compostas de seis frutos por recobrimento e o controle, no período de 0 a 10 dias para as avaliações de aparência. As avaliações foram realizadas no 0, 4, 8 e 10 dias. Para características de brilho da epiderme, aspecto desidratado, manchas e podridão (0=ausente e 10=forte), e índice de comercialização (0=rejeito, 10= aceito e 4=limite de aceitação). O julgamento das amostras se deu através de ficha com escala de 10 cm (QUEIROZ & TREPTOW, 2006).

## 2.6 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados das análises foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias dos dias e dos recobrimentos comparadas pelo teste de Tukey em até 5% de probabilidade, utilizando o software estatístico Sisvar versão 5.6.

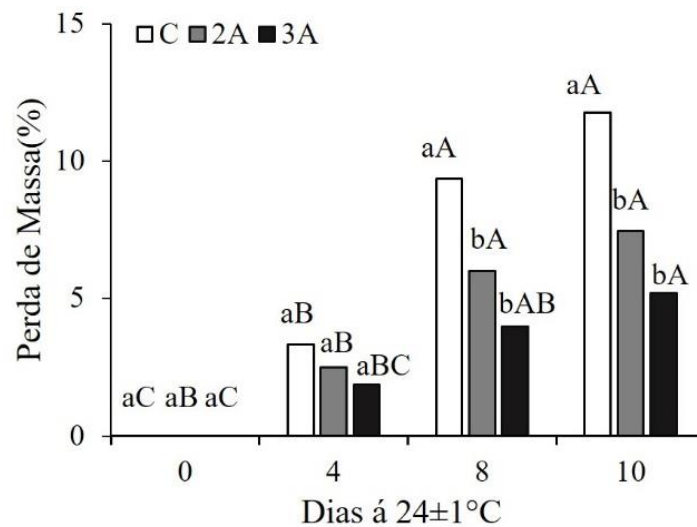
## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Frutos de mamão 'Golden' submetidos a recobrimentos biodegradáveis minimizaram a perda de massa quando comparado com os frutos do controle (Figura 1). No 10º dia de armazenamento, as perdas de massa foram da ordem de 4,30% e 6,55%, para os recobrimentos 2A e 3A, respectivamente, em relação ao controle.

A perda de massa é a perda de água que ocorre nos frutos, dá-se em consequência da elevada taxa respiratória e da transpiração (BARROS et al., 2019; ZHANG, 2019). A menor perda de massa dos frutos recobertos pode estar relacionada com o fechamento dos estômatos dos frutos através da aplicação do recobrimento, consequentemente impedindo uma maior transpiração e reduzindo a taxa respiratória, formando a atmosfera modificada em torno do fruto (RODRIGUES et al., 2018). A perda de massa é uma característica de qualidade importante pois prejudica a aparência do fruto, que pode este ser rejeitado pelo consumidor (CUNHA et al., 2018; TAVARES et al., 2018).

Ao comparar diferentes concentrações de recobrimento a base de fécula de mandioca, em mamão Formosa armazenado ao ambiente, observaram perdas de

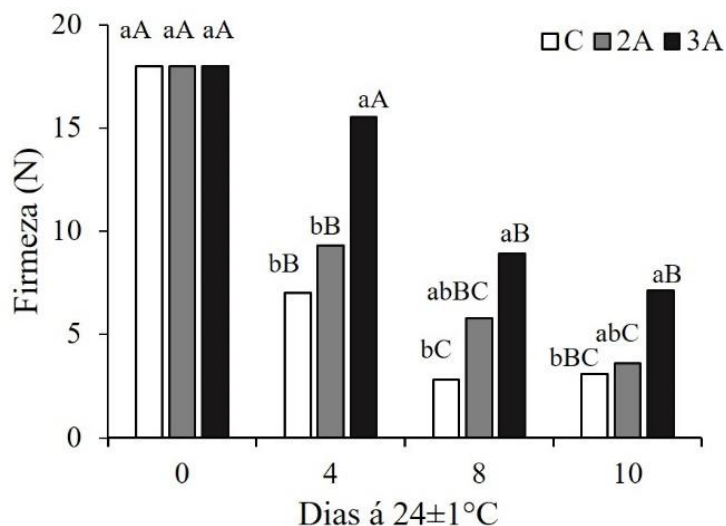
21,38% e 18,79% dos recobrimentos em relação ao controle (NUNES et al., 2017). Isso indica o potencial dos recobrimentos a base de fécula de mandioca associado a NADES na manutenção da qualidade mesmo no armazenamento ao ambiente.



**Figura 1:** Perda de massa de mamão 'Golden' recoberto com fécula de mandioca associada ao NADES (2A = 2% de fécula de mandioca + 0,75% NADES de Ácido Ascórbico; 3A = 3% de fécula de mandioca + 0,75% NADES de Ácido Ascórbico) e C = controle, sem recobrimento, armazenado durante 10 dias na condição ambiente (24±1°C e 80±5% UR). Letras iguais, maiúsculas entre dias e minúsculas entre recobrimentos não diferem entre si pelo teste de Tukey em até 5% de probabilidade. NADES = Solvente eutético profundo natural.

A firmeza reduziu durante o armazenamento. Os mamões recobertos com 3% de fécula-NADES (3A) permaneceram mais firmes em relação aos demais recobrimentos, diferindo dos demais a partir do 8º dia, e diferença média em relação ao dia 0 de 9,08N. No 4º dia de armazenamento a firmeza começou a diferir entre recobrimentos, de modo que frutos com 3A já eram mais firmes.

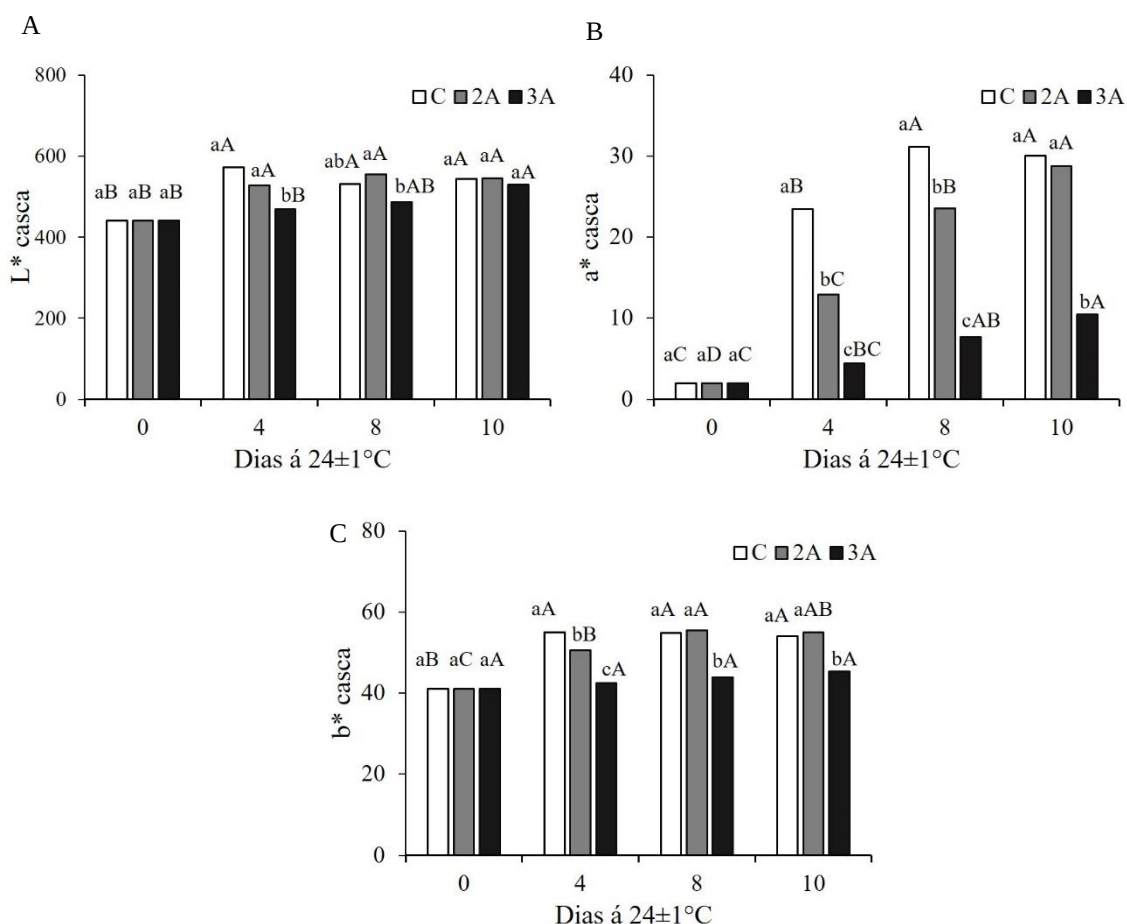
Ao avaliar a qualidade de frutos do mamoeiro Batista et al. (2017) obteve firmeza 31,2N em mamão na maturidade fisiológica, que foi superior ao obtido no dia 0 do armazenamento neste trabalho. A variedade e diferenças na forma de manejo podem explicar estes resultados.



**Figura 2:** Firmeza de mamão 'recoberto com fécula de mandioca associada ao NADES (2A = 2% de fécula de mandioca + 0,75% NADES de Ácido Ascórbico; 3A = 3% de fécula de mandioca + 0,75% NADES de Ácido Ascórbico) e C = controle, sem recobrimento, armazenado durante 10 dias na condição ambiente ( $24\pm 1^{\circ}\text{C}$  e  $80\pm 5\%$  UR). Letras iguais, maiúsculas entre dias e minúsculas entre recobrimentos não diferem entre si pelo teste de Tukey em até 5% de probabilidade. NADES = Solvente eutético profundo natural.

A mudança de coloração na casca ocorre durante o armazenamento e estas refletem o amadurecimento dos frutos, devido a degradação de clorofila e a síntese de carotenoides (MIRANDA et al., 2022). A concentração de 3% de fécula retardou a evolução da cor, que diferiu dos demais, apresentando menor valor do parâmetro  $a^*$ , que dá indicativos da transição da coloração verde para a vermelha. A mudança de coloração foi mais evidente no controle e o recobrimento 2A que se igualaram estatisticamente entre períodos e recobrimentos em todos os dias de armazenamento do parâmetro L, no 8º e 10º dia no parâmetro  $b^*$  e no 10º dia no parâmetro  $a^*$ .

A coloração é um parâmetro importante para a aceitabilidade do consumidor ao produto (TABASSUM & KHAN, 2020). Neste trabalho, o recobrimento 2A reduziu a degradação da clorofila e permitiu a síntese de pigmentos, não sendo a mais adequada para a manutenção da qualidade.



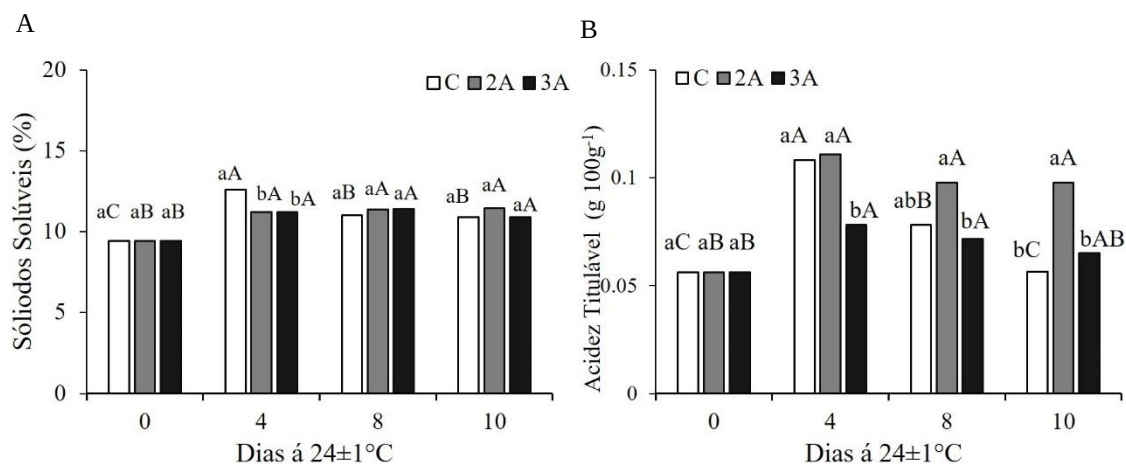
**Figura 3:** Cor de casca, nos parâmetros L (A), a\* (B), b\* (C), de mamão 'Golden' recoberto com fécula de mandioca associada ao NADES (2A = 2% de fécula de mandioca + 0,75% NADES de Ácido Ascórbico; 3A = 3% de fécula de mandioca + 0,75% NADES de Ácido Ascórbico) e C = controle, sem recobrimento, armazenado durante 10 dias na condição ambiente (24±1°C e 80±5% UR). Letras iguais, maiúsculas entre dias e minúsculas entre recobrimentos não diferem entre si pelo teste de Tukey em até 5% de probabilidade. NADES = Solvente eutéctico profundo natural.

O teor de sólidos solúveis (SS) foi superior em frutos do controle no 4º dia de armazenamento (Figura 4A). Os SS aumentaram independentemente do recobrimento do início para o 4ª dia de armazenamento, indicando que os recobrimentos não comprometeram o metabolismo dos açúcares. No entanto, os frutos do controle no 4º dia de armazenamento diferiram dos demais tratamentos com teores de SS mais baixos, ou seja, os frutos recobertos foram capazes de retardar o acúmulo de açúcares, e consequentemente a maturação e senescência.

Os SS é um importante atributo de qualidade que associa a maturação e senescência dos frutos a acúmulo e consumo de açúcares, respectivamente (PEREIRA et al., 2006). Ao avaliar recobrimento biodegradável em mamão 'Formosa' obteve uma média de 12,54% de SS resultado semelhante a este estudo para o controle no 4º dia de armazenamento (12,67%), indicando que os frutos do controle



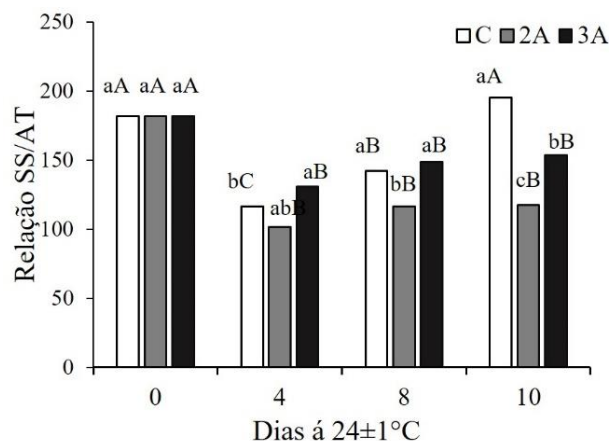
não foram eficientes no retardo do amadurecimento ao longo dos dias de armazenamento (MORAIS et al., 2019).



**Figura 4:** Sólidos solúveis (A) e Acidez Titulável (B) de mamão 'Golden' recoberto com fécula de mandioca associada ao NADES (2A = 2% de fécula de mandioca + 0,75% NADES de Ácido Ascórbico; 3A = 3% de fécula de mandioca + 0,75% NADES de Ácido Ascórbico) e C = controle, sem recobrimento, armazenado durante 10 dias na condição ambiente (24±1°C e 80±5% UR). Letras iguais, maiúsculas entre dias e minúsculas entre recobrimentos não diferem entre si pelo teste de Tukey em até 5% de probabilidade. NADES = Solvente eutéctico profundo natural.

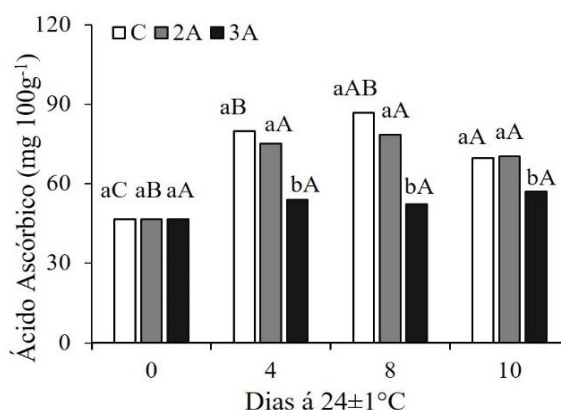
De maneira geral, o teor de acidez titulável mostrou um declínio ao longo do armazenamento, sendo mais acentuado para o controle. Este resultado corrobora com Hutchinson et al. (2022) ao avaliar mamão 'Sunrise solo' e 'Mountain'. O recobrimento 3A diferiu dos demais tratamentos ao 4º dia de armazenamento e a partir deste não apresentou diferença significativa entre períodos (Figura 4B).

A relação SS/AT mostrou que frutos recobertos a partir do 4º dia de armazenamento, ou seja, conseguiram manter o equilíbrio, mas diferiram do controle, ao longo de todo o armazenamento (Figura 5). O equilíbrio entre a doçura e a acidez do fruto do mamoeiro é associado ao sabor do fruto que é percebido pelo consumidor, fazendo com que seja um fruto estimado no mundo inteiro (TABASSUM & KHAN, 2020).



**Figura 5:** Relação Sólidos Solúveis e Acidez Titulável de mamão 'Golden' recoberto com fécula de mandioca associada ao NADES (2A = 2% de fécula de mandioca + 0,75% NADES de Ácido Ascórbico; 3A = 3% de fécula de mandioca + 0,75% NADES de Ácido Ascórbico) e C = controle, sem recobrimento, armazenado durante 10 dias na condição ambiente ( $24\pm 1^\circ\text{C}$  e  $80\pm 5\%$  UR). Letras iguais, maiúsculas entre dias e minúsculas entre recobrimentos não diferem entre si pelo teste de Tukey em até 5% de probabilidade. NADES = Solvente eutéctico profundo natural.

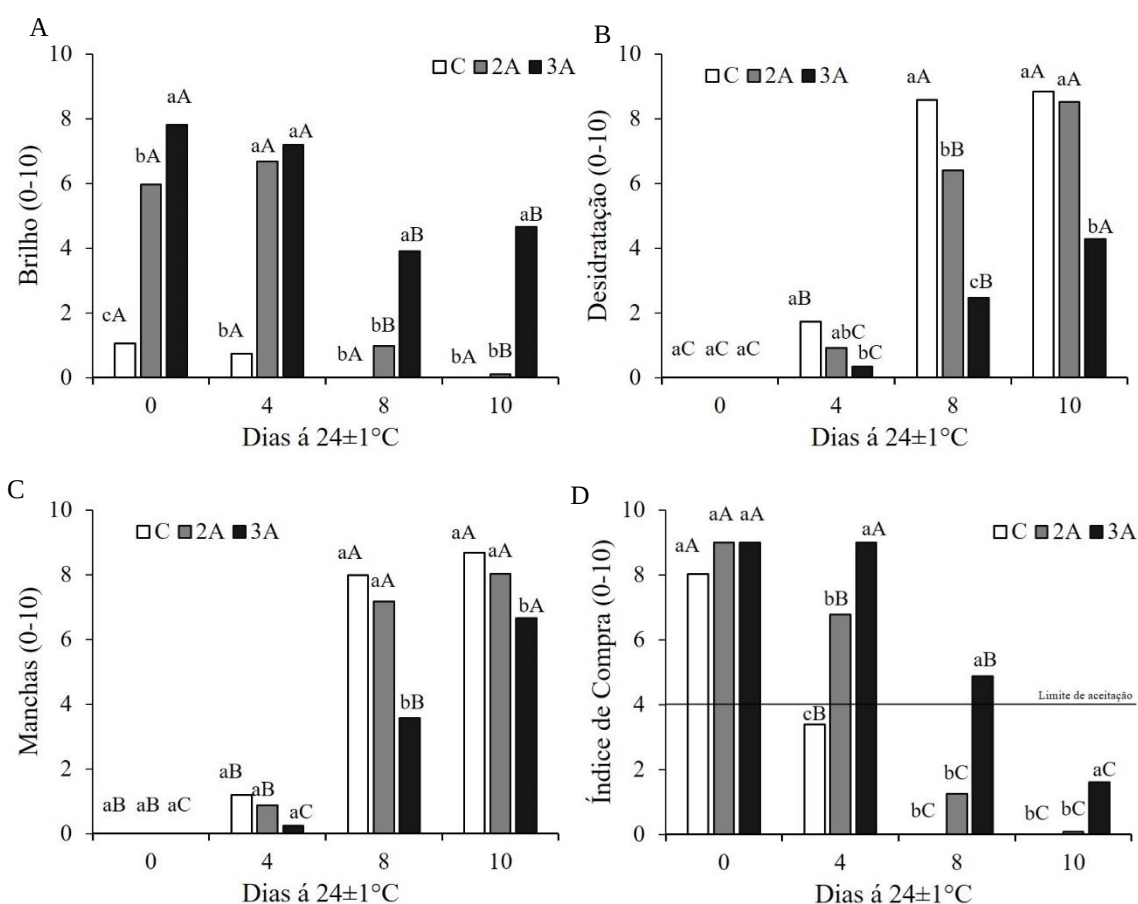
Mamões recobertos com 3% de fécula-NADES não diferiam ao longo dos períodos de armazenamento quanto ao teor de ácido ascórbico (Figura 5). Este resultado é um indicativo de que esta concentração propiciou o retardo no amadurecimento do fruto, visto que o acúmulo de ácido ascórbico é associado avanço do processo de maturação de frutos. Escamilla-García et al. (2018) também reportou que mamões recobertos apresentaram menores teores de ácido ascórbico ao longo de 16 dias de armazenamento, ao avaliar recobrimento comestível à base de quitosana e amido.



**Figura 6:** Ácido Ascórbico de mamão 'Golden' recoberto com fécula de mandioca associada ao NADES (2A = 2% de fécula de mandioca + 0,75% NADES de Ácido Ascórbico; 3A = 3% de fécula de mandioca + 0,75% NADES de Ácido Ascórbico) e C = controle, sem recobrimento, armazenado durante 10 dias na condição ambiente ( $24\pm 1^\circ\text{C}$  e  $80\pm 5\%$  UR). Letras iguais, maiúsculas entre dias e minúsculas entre recobrimentos não diferem entre si pelo teste de Tukey em até 5% de probabilidade. NADES = Solvente eutéctico profundo natural.

A análise sensorial é um método de avaliação de alimentos que analisa, mede e interpreta baseado nas impressões de um painel de julgadores características de qualidade de determinado produto, tais como: cor, sabor, aparência, textura. Este tipo de avaliação faz uso dos sentidos humanos, sendo uma importante ferramenta para o desenvolvimento de novos produtos (LUZ et al., 2018; FADZILAH et al., 2020; ZHOU et al., 2021).

Frutos recobertos com fécula de mandioca apresentavam maiores valores de brilho em relação ao controle. A aplicação do recobrimento 3A propiciou maior manutenção de brilho, diferindo dos demais tratamentos (Figura 7A, B, C e D). Frutos recobertos com 3A também foram percebidos pelos julgadores como os de menor incidência de manchas e menor desidratação, nos 8º e 10º de armazenamento, corroborando com os dados obtidos de perda de massa, indicando o provável efeito do ácido ascórbico associado ao NADES como um antioxidante (BARATA-SOARES et al., 2004) que propiciou a manutenção da qualidade.



**Figura 7:** Atributos sensoriais de mamão 'Golden' recoberto com fécula de mandioca associada ao NADES (2A = 2% de fécula de mandioca + 0,75% NADES de Ácido Ascórbico; 3A = 3% de fécula de

mandioca + 0,75% NADES de Ácido Ascórbico) e C = controle, sem recobrimento, armazenado durante 10 dias na condição ambiente ( $24\pm 1^{\circ}\text{C}$  e  $80\pm 5\%$  UR). Letras iguais, maiúsculas entre dias e minúsculas entre recobrimentos não diferem entre si pelo teste de Tukey em até 5% de probabilidade. NADES = Solvente eutético profundo natural.

O índice de compra é o atributo que resume a aceitação ou rejeição de determinado produto pelo consumidor. Ao final do armazenamento ao ambiente, após 10 dias, mamões recobertos com 3A apresentaram maior aceitabilidade. Importante que se observou que os frutos estavam acima do limite de aceitação (nota 4) até o 8º dia de armazenamento ao ambiente, que comparado ao controle, significa o ganho superior a cinco dias, uma vez que no 4º dia de armazenamento os frutos do controle já estavam abaixo do limite de aceitação.

Estes resultados claramente indicam o impacto do uso dos recobrimentos a base de amido associado a NADES de ácido ascórbico na manutenção da qualidade e aumento da vida útil pós-colheita de mamão 'Golden' o que claramente foi observado na concentração 3A - 3% de fécula de mandioca associado a 0,75% de NADES.

#### 4 CONCLUSÃO

Mamões recobertos com 3% de fécula associado ao NADES tiveram a perda de massa reduzida, mantiveram a firmeza e teores de ácido ascórbico, retardaram a evolução da cor, indicando claro retardo no amadurecimento. Todas os atributos sensoriais foram superiores em frutos deste recobrimento, que apresentaram um adicional de 6 dias na vida útil comparado ao controle, com base no índice de compra. Em conjunto, recobrimento de 3% de fécula associado à NADES é uma opção promissora e eficiente para a conservação da qualidade pós-colheita de mamão 'Golden'.

#### REFERÊNCIAS

ABBOTT, A. P. et al. Deep eutectic solvents formed between choline chloride and carboxylic acids: versatile alternatives to ionic liquids. **Journal of the American Chemical Society**, v. 126, n. 29, p. 9142-9147, 2004.

BARATA-SOARES, A. D. et al. Ascorbic acid biosynthesis: a precursor study on plants. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v.16, n. 3, p. 147-154, 2004.

BARROS, W. K. F. C. et al. Utilização de revestimentos alternativos na conservação pós-colheita de mamão 'Sunrise Solo'. **AGRI-ENVIRONMENTAL SCIENCES**, v. 5, 2019.

BATISTA, A. A. et al. Qualidade dos frutos de mamoeiro produzidos com esgoto doméstico tratado. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 1, p. 70-80, 2017.

BATISTA, D. V. S. et al. Edible coatings in post-harvest papaya: impact on physical-chemical and sensory characteristics. **Journal of Food Science and Technology**, v. 57, n. 1, p. 274-281, 2020.

CASEMIRO, J. C. L. et al. Chitosan associated with plant extracts in the post-harvest control of anthracnose in papaya 'formosa'. **Summa Phytopathologica**, v. 45, n. 1, p. 64-69, 2019.

COSTA, D. M. A. et al. Desenvolvimento e caracterização de filmes à base de amido de feijão macáçar (*Vigna u nguiculata* (L.) Wap). **Holos**, v. 7, p. 2-16, 2017.

COSTA, T. L. E. et al. Filmes comestíveis de blendas poliméricas de quitosana, pectina e fécula de mandioca. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 15, n. 4, p. 391-397, 2020.

CUNHA, M. C. et al. Propolis extract from different botanical sources in postharvest conservation of papaya. **Acta Scientiarum. Technology**, v. 40, 2018.

ESCAMILLA-GARCÍA, M. et al. Effect of an edible coating based on chitosan and oxidized starch on shelf life of *Carica papaya* L., and its physicochemical and antimicrobial properties. **Coatings**, v. 8, n. 9, p. 318, 2018.

FADZILAH, M. F. et al. Physico-chemical and sensory acceptance of *Carica papaya* leaves extract edible emulsion as prospective natural remedies. **Arabian Journal of Chemistry**, v. 13, n. 11, p. 7829-7842, 2020.

FARINA, V. et al. Postharvest application of aloe vera gel-based edible coating to improve the quality and storage stability of fresh-cut papaya. **Journal of Food Quality**, 2020.

GUIMARÃES, D. L. F. et al. Cadeia produtiva da mandioca no território brasileiro inovações e tecnologias uma revisão sistemática da literatura: uma revisão sistemática da literatura. **Diversitas Journal**, v. 7, n. 1, p. 0017-0025, 2022.

HOLSBACH, F. M. S. et al. Avaliação da vida útil de mamão 'Formosa' (*Carica papaya* L.) minimamente processado utilizando coberturas de amido de mandioca e óleo essencial de cravo. **Journal of bioenergy and food science**, v. 6, n. 4, p. 78-96, 2019.

HUTCHINSON, M. J. et al. Efficacy of Hexanal Field Spray on the Postharvest Life and Quality of Papaya Fruit (*Carica papaya* L.) in Kenya. **Advances in Agriculture**, v. 2022, 2022.

IFMALINDA, I. APL et al. IKASI EDIBLE COATING PATI SINGKONG PADA BUAH PEPAYA (*Carica papaya* L.) TEROLAH MINIMAL SELAMA PENYIMPANAN. **Jurnal Teknologi Pertanian Andalas**, v. 23, n. 1, p. 19-29, 2019.

INSTITUTO ADOLF LUTZ. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4. ed. São Paulo: IAL, 1020 p. 2008. 1 ed. digital.

KUMARI, M. et al. Development and structural characterization of edible films for improving fruit quality. **Food packaging and shelf life**, v. 12, p. 42-50, 2017.

LIMA, A. B. de et al. Conservação pós-colheita de manga 'Tommy Atkins' orgânica sob recobrimentos bio-orgânicos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 3, p. 704-710, 2012.

LIU, W. et al. Ascorbic acid and choline chloride: A new natural deep eutectic solvent for extracting tert-butylhydroquinone antioxidant. **Journal of Molecular Liquids**, v. 260, p. 173-179, 2018.

LUZ, LUCAS N. et al. Sensory acceptance and qualitative analysis of fruits in papaya hybrids. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 90, p. 3693-3703, 2018.

MANEFFA, A. J. et al. Deep Eutectic Solvents Based on Natural Ascorbic Acid Analogues and Choline Chloride. **ChemistryOpen**, v. 9, n. 5, p. 550, 2020.

MARINGGAL, B. et al. Effect of Kelulut honey nanoparticles coating on the changes of respiration rate, ascorbic acid, and total phenolic content of papaya (*Carica papaya* L.) during cold storage. **Foods**, v. 10, n. 2, p. 432, 2021.

MIRANDA, M. et al. Nano-and micro-sized carnauba wax emulsions-based coatings incorporated with ginger essential oil and hydroxypropyl methylcellulose on papaya: Preservation of quality and delay of post-harvest fruit decay. **Food chemistry: X**, v. 13, p. 100249, 2022.

MONTEIRO, S. S. et al. Desidratação osmótica de fatias de mamão, *Carica papaya* L. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 15, n. 2, p. 183-192, 2020.

MORAIS, F. A. et al. Agar and pomegranate seed oil used in a biodegradable coating composition for Formosa papaya. **Food Science and Technology**, v. 40, p. 280-286, 2019.

NUNES, A. C. D. et al. Stored papaya formosa coated with cassava starch base. **Revista de Ciências Agrárias (Portugal)**, v. 40, n. 1, p. 254-263, 2017.

PEREIRA, M. E. C. et al. Formosa papaya ripening with edible coating of cassava starch. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 6, p. 1116-1119, 2006.

QUEIROZ, M. I. **Análise sensorial para avaliação da qualidade dos alimentos**. Ed. da FURG, 2006.

RODRIGUES, A. A. M. et al. Physiology and postharvest conservation of 'Paluma' guava under coatings using jack fruit seed-based starch. **Revista brasileira de fruticultura**, vol.40, no.2, 2018.

SANTANA, A. P. et al. Natural deep eutectic solvents (NADES) in sample preparation of phosphate rock and mineral supplement for elementary determination by plasma-based techniques. **Química Nova**, v. 44, p. 689-695, 2021.

SILVA, J. M. et al. Design of functional therapeutic deep eutectic solvents based on choline chloride and ascorbic acid. **ACS Sustainable Chemistry & Engineering**, v. 6, n. 8, p. 10355-10363, 2018.

STROHECKER, R.; HENNING, H. M. Analisis de vitaminas: métodos comprobados: Paz Montalvo. **Madrid. 428p**, 1967.

TABASSUM, N.; KHAN, M. A. Modified atmosphere packaging of fresh-cut papaya using alginate based edible coating: Quality evaluation and shelf life study. **Scientia Horticulturae**, v. 259, p. 108853, 2020.

TAVARES, L. R. et al. Avaliação físico-química e microbiológica de goiaba (*Psidium guajava*) revestida com cobertura comestível à base de O-carboximetilquitosana e óleo essencial de orégano (*Origanum vulgare*). **Multi-Science Journal**, v. 1, n. 13, p. 20-26, 2018.

ZHANG, L. et al. Application of pullulan and chitosan multilayer coatings in fresh papayas. **Coatings**, v. 9, n. 11, p. 745, 2019.

ZHAO, Y. **Edible Coatings for Extending Shelf - Life of Fresh Produce During Postharvest Storage**. Corvallis: Encyclopedia Of Food Security And Sustainability, 2019.

ZHOU, Z. et al. Papaya (*Carica papaya* L.) Flavour Profiling. **Genes**, v. 12, n. 9, p. 1416, 2021.

## CAPITULO II

### **Redução da incidência do dano pelo frio e conservação pós-colheita de umbu armazenado sob recobrimentos a base de amido associados à solvente eutético profundo natural**

#### **RESUMO**

O umbu é um importante fruto nativo do Semiárido brasileiro, gerador de emprego e renda para a população das áreas de ocorrência, para o qual vem se buscando estruturar o arranjo produtivo de modo implantar pomares organizados e fomentar o desenvolvimento regional sustentado. Um dos desafios para os frutos do umbuzeiro é a sua curta vida útil pós-colheita. Recobrimentos biodegradáveis, a base fécula de mandioca e inhame, por exemplo, consistem em tecnologias de baixo custo que associado à Solventes Eutéticos Profundos Naturais (NADES), um potencial plastificante de grau alimentar, que substitui o glicerol (um derivado do petróleo, consiste em uma alternativa natural e inovadora para minimizar as perdas pós-colheita e agregar valor ao umbu. Desse modo, o objetivo deste trabalho foi avaliar o potencial do uso de diferentes fontes de amido (fécula de mandioca e inhame) associado ao NADES e o armazenamento refrigerado de umbu nas características físicas, físico-químicas e sensoriais. O delineamento foi inteiramente casualizado em esquema fatorial 5X5, com cinco recobrimentos (controle, FM + gli, FM + NADES, FI + gli, FI + NADES) e cinco períodos, com três repetições. Os frutos foram mantidos sob refrigeração ( $12\pm 1^{\circ}\text{C}$  e  $80\pm 5\%$  UR), os dados submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Umbus recobertos com 2,5% de fécula de inhame associado a 0,75% de NADES apresentaram perda de massa reduzida, retardaram a evolução da cor, indicando retardo no amadurecimento. Adicionalmente, umbus mantidos sob este recobrimento apresentaram menores índices de danos fisiológicos ocasionados pelo frio, apresentando um adicional de 6 dias na vida útil comparado ao controle, com base no índice de compra. Em conjunto, o recobrimento de 2,5% de fécula de mandioca associado à NADES é uma alternativa promissora, prática, sustentável e eficiente para a conservação da qualidade pós-colheita de umbu.

**Palavras-chave:** *Spondias tuberosa*; *Manihot esculenta*. *Dioscorea* spp; Edible coating.



## 1 INTRODUÇÃO

O umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara) é uma planta do Semiárido Brasileiro, que tem ocorrência desde o estado do Piauí até o Norte de Minas Gerais (MERTENS *et al.*, 2017). Seus frutos são coletados de forma extrativista e são comercializados em feiras livres, gerando emprego e renda para diversas famílias, além disso, são amplamente utilizados na fabricação de polpa, doces, geleias ou consumo *in natura* (DUTRA *et al.*, 2017; VERAS *et al.*, 2018).

O umbu possui aroma e sabor característicos e tem se destacando cada vez mais no cenário nacional por se mostrar uma alternativa econômica viável para diversas famílias. No entanto, a sua curta vida útil, de aproximadamente 2 a 3 dias úteis em temperatura ambiente, delimita o seu consumo a região de ocorrência (COSTA *et al.*, 2021). Neste sentido, para que ocorra uma mudança neste cenário é necessário o desenvolvimento e emprego de tecnologias para conservação pós-colheita do umbu durante o armazenamento. A associação da refrigeração com aplicação dos recobrimentos biodegradáveis é uma alternativa promissora e que possui elevado potencial para a conservação e aumento da vida útil dos frutos, podendo ser uma alternativa viável para o umbu (TEODOSIO *et al.*, 2020).

O uso de recobrimentos biodegradáveis tem se mostrado uma alternativa tecnológica, limpa e sustentável no aumento da vida útil de frutos porque forma uma película protetora que limita as trocas gasosas, reduz as taxas respiratórias, caracterizada pela redução na concentração de O<sub>2</sub> e elevação de CO<sub>2</sub> o que gera retardo no amadurecimento (ALVES *et al.*, 2020; CASTRICINI *et al.*, 2019).

Entretanto, ainda é necessário se desenvolver estudos mais aprofundados para avaliar os materiais utilizados nestes recobrimentos biodegradáveis, criando alternativas de se combinar materiais mais inócuos à saúde, além do uso de fontes renováveis e sustentáveis, como também materiais que permitam a melhoria da funcionalidade dos recobrimentos desenvolvidos para garantir a conservação e manutenção da qualidade pós-colheita de frutos.

A fécula de mandioca é uma matéria prima renovável, que vem sendo utilizada com resultados satisfatórios quando um agente plastificante é incorporado à matriz, visando conferir melhores propriedades de barreira aos gases e ao vapor de água, além de minimizar rupturas do recobrimento (ASSIS & BRITO, 2014; EÇA *et al.*, 2014).

Já a fécula de inhame apresenta ótimas qualidades, podendo ser amplamente empregado na indústria de produtos alimentícios, apresenta-se como boa fonte para a produção de recobrimentos biodegradáveis com grande potencial de aplicação na indústria de alimentos (LINS, 2018).

O glicerol tem sido o agente plastificante mais utilizado. Entretanto, além de ser um derivado do petróleo, o glicerol permite a recristalização do amido, o que ocasiona a ruptura do recobrimento no armazenamento refrigerado (COSTA et al., 2017; RODRIGUES et al., 2018). Neste sentido, os solventes eutéticos profundos naturais (NADES) são utilizados como uma alternativa contemporânea, natural, biodegradável e não tóxica, (LIU et al., 2018; SILVA et al., 2018), com potencial de substituir o glicerol na formulação de recobrimentos biodegradáveis.

Os NADES são uma mistura de dois ou mais compostos que em uma razão molar específica, apresentam uma forte depressão no ponto de fusão quando comparado aos seus constituintes nativos (MANEFA et al., 2020; SANTANA, 2021). A combinação de cloreto de colina, um bom receptor de hidrogênio, com um bom doador de hidrogênio, a exemplo ácido ascórbico (SILVA et al., 2018), pode resultar em uma reação química que forme um NADES com propriedades plastificantes superiores ao glicerol. O ácido ascórbico é um potente antioxidante com capacidade de capturar radicais livres das células (BARATA-SOARES et al., 2004) e pela sua incorporação na matriz de amido pode conferir benefícios adicionais, como proteção antioxidante aos frutos.

Diante disto, o objetivo desta pesquisa foi avaliar a qualidade do umbu recoberto com diferentes fontes de amido (fécula de mandioca e inhame) associado ao NADES e a redução da incidência de *chilling injury* no armazenamento refrigerado.

## **2 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1 MATERIAL VEGETAL**

A colheita dos frutos foi realizada na maturidade fisiológica, caracterizada pela turgidez do fruto maduro e coloração típica verde com diferentes intensidades, no município de Juazeirinho-PB, Brasil, sendo acondicionados em caixas plásticas e

transportados para o Laboratório de Biologia e Tecnologia Pós Colheita (LBTPC) do CCA/UFPB, localizado em Areia-PB.

## 2.2 PREPARAÇÃO E APLICAÇÃO DAS SOLUÇÕES FILMOGÊNICAS

As soluções filmogênicas foram preparadas a partir de suspensões aquosas de fécula de mandioca e fécula de inhame a 2,5% (peso/volume), sob aquecimento controlado até atingir a temperatura de 70°C (fécula de mandioca) e 80°C (fécula de inhame). O DES à 0,75% (peso/volume) foi adicionado na fase de resfriamento da solução filmogênica.

No laboratório, os frutos foram lavados em água corrente e sanitizados com solução de hipoclorito de sódio a 50 mg L<sup>-1</sup>, por 2 minutos. Após secagem em condição ambiente, os recobrimentos foram aplicados nos frutos. Os frutos foram imersos nos respectivos recobrimentos por 30 segundos e secos em temperatura ambiente, sob telas de aço inox. Após secagem, os frutos foram armazenados em bandejas de polietileno e armazenados em ambiente refrigerado (12±1°C e 80±5% UR) durante 12 dias, sendo avaliados a cada três dias.

## 2.3 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado em esquema fatorial 5X5, sendo quatro recobrimentos: fécula de mandioca 2,5% + glicerol 0,75% (FM + gli); fécula de mandioca 2,5% + DES 0,75% (FM + NADES); fécula de inhame 2,5% + glicerol 0,75% (FI + gli); fécula de inhame 2,5% + DES 0,75% (FI + NADES) e o controle (C), sem recobrimento, e cinco períodos de avaliação (0, 3, 6, 9 e 12 dias), com três repetições, compostas por 300 g de frutos.

## 2.4 AVALIAÇÕES

**Perda de massa (%):** foi determinada pelo percentual acumulado obtido por diferença em relação à massa inicial (LIMA et al., 2012).

**Cor do fruto:** medidas com calorímetro Minolta CM-508d, o qual expressa a cor nos parâmetros: L\*, corresponde à claridade / luminosidade partindo do 0 (preto) a 100 (branco); a\* que define a transição da cor verde (-a\*) para a cor vermelha (+a\*); b\* que representa a transição da cor azul (-b\*) para a cor amarela (+b\*). A Cor da casca foi determinada através de duas leituras diretas na cor predominante do fruto.

**Firmeza (N):** determinada através do analisador de textura TA.XT *ExpressC*, sendo realizada uma leituras na região equatorial do fruto íntegro.

**pH:** utilizando potenciômetro digital, de acordo com Instituto Adolfo Lutz – IAL (2008).

**Sólidos Solúveis (%):** determinado por leitura direta com refratômetro digital portátil MA-871.

**Acidez Titulável (g de ácido cítrico . 100 g<sup>-1</sup> de polpa):** determinado por titulação, utilizando solução de NaOH 0,1M com indicador fenolftaleína, até obtenção de coloração róseo claro permanente por 5 seg, utilizando 5 g da amostra em 50 mL de água destilada (IAL, 2008).

**Sensorial:** determinado por dez painelistas. As amostras foram compostas de 10 frutos por recobrimento, no período de 0 a 12 dias para as avaliações de aparência. As avaliações foram realizadas a cada três dias. Para características de dano pelo frio (1 = ausente/extremamente fraco e 9 = extremamente forte), e índice de comercialização (1 = rejeito, 5 = aceito e 3 = limite de aceitação).

## 2.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

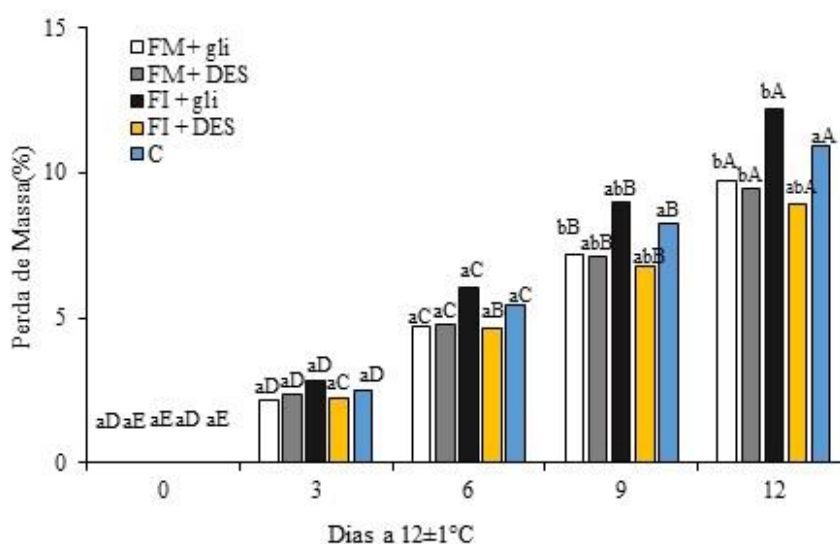
Os dados das análises foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e as médias dos dias e dos recobrimentos comparadas pelo teste de Tukey em até 5% de probabilidade, utilizando o software estatístico Sisvar versão 5.6.

## 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quando se aplica recobrimentos em frutos o objetivo é a redução da taxa metabólica e da transpiração, através da modificação da atmosfera (RODRIGUES et al., 2018; MENEZES et al., 2017). Notadamente, tem crescido o interesse nas pesquisas com o intuito de produzir recobrimentos biodegradáveis, que são uma alternativa inovadora, limpa e sustentável. E o uso de fécula de mandioca e inhame associado a DES, apresentam resultados promissores no armazenamento refrigerado de umbu.

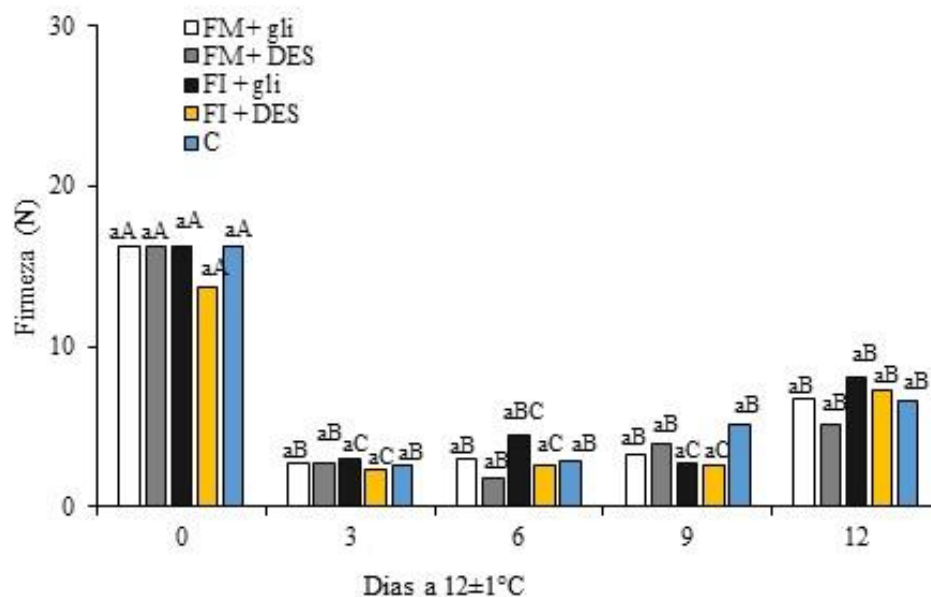
Os mamões recobertos com fécula de mandioca e recobertos com fécula de inhame e NADES apresentaram menor perda de massa no 12º dia de

armazenamento. O NADES foi eficiente em melhorar as propriedades de barreira dos recobrimentos de fécula de inhame, reduzindo a perda de massa dos frutos comparado com aqueles recobertos com fécula de inhame e glicerol. A perda de massa é a perda de água que ocorre nos frutos, dá-se em consequência da elevada taxa respiratória e da transpiração. Esta é uma característica de qualidade importante pouco estudada, mas que tem grande importância para as indústrias de beneficiamento de frutos e que quando é associada a perda de firmeza durante o armazenamento prejudica a aparência do fruto, que pode este ser rejeitado pelo consumidor (ALVES et al., 2020).



**Figura 1:** Perda de massa de umbu recoberto com fécula de mandioca e fécula de inhame associada ao glicerol e NADES (FM + gli = 2,5% de fécula de mandioca + 0,75% de glicerol; FM + NADES = 2,5% de fécula de mandioca + 0,75% de NADES; FI + gli = 2,5% de fécula de inhame + 0,75% de glicerol; FI + NADES = 2,5 % de fécula de inhame + 0,75% de NADES) e o controle (C) = sem recobrimento, armazenado durante 12 dias na condição refrigerada (12±1°C e 80±5% UR). Letras iguais, maiúsculas entre dias e minúsculas entre recobrimentos não diferem entre si pelo teste de Tukey em até 5% de probabilidade. NADES = Solvente eutético profundo natural.

A interação dos tratamentos nos períodos não foi significativa para a firmeza, no entanto, os frutos que foram recobertos com fécula de mandioca se mantiveram firmes até o final do armazenamento, no 12º dia, apresentando apenas diferença entre o dia 0 de armazenamento e o 3º dia.

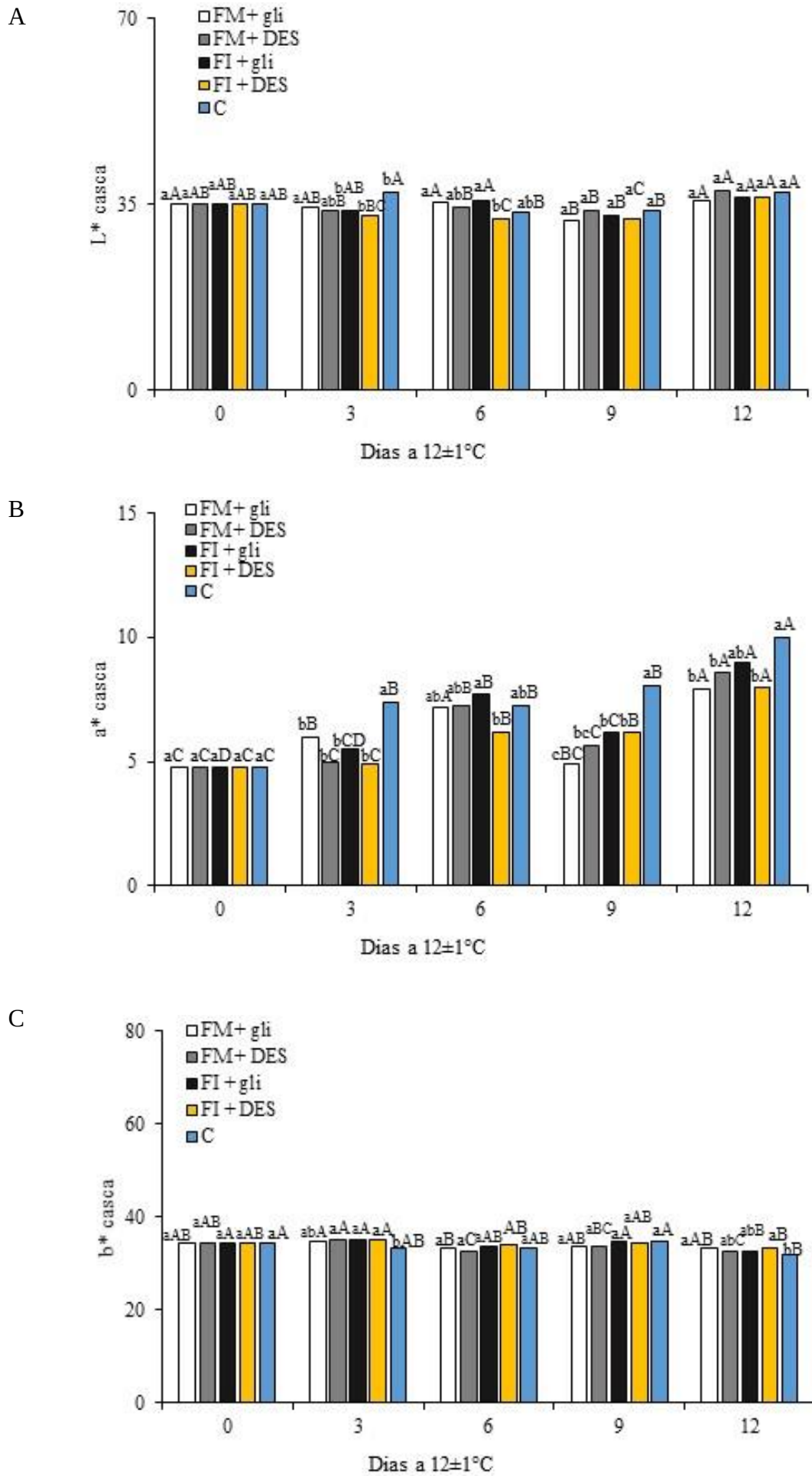


**Figura 2:** Firmeza de umbu recoberto com fécula de mandioca e fécula de inhame associada ao glicerol e NADES (FM + gli = 2,5% de fécula de mandioca + 0,75% de glicerol; FM + NADES = 2,5% de fécula de mandioca + 0,75% de NADES; FI + gli = 2,5% de fécula de inhame + 0,75% de glicerol; FI + NADES = 2,5 % de fécula de inhame + 0,75% de NADES) e o controle (C) = sem recobrimento, armazenado durante 12 dias na condição ambiente (12±1°C e 80±5% UR). Letras iguais, maiúsculas entre dias e minúsculas entre recobrimentos não diferem entre si pelo teste de Tukey em até 5% de probabilidade. NADES = Solvente eutético profundo natural.

A coloração é um critério importante para a aceitabilidade do consumidor ao produto. O parâmetro  $L^*$  não apresentou mudanças ao longo do armazenamento, tampouco apresentou mudanças entre os tratamentos, isto reforça a qualidade dos recobrimentos biodegradáveis que não influenciam na mudança de coloração da casca do fruto, mantendo assim, suas características originais bem preservadas.

O parâmetro  $a^*$  que define a transição da cor verde ( $-a^*$ ) para a cor vermelha ( $+a^*$ ), ou seja, traduz o amadurecimento do fruto do umbuzeiro, uma vez que quando o amadurecimento está ocorrendo em seu curso natural há mudança de coloração do verde, degradação da clorofila, permitindo a síntese de pigmentos, o que não é adequado para a manutenção da qualidade pós-colheita (SANTOS, 2021).

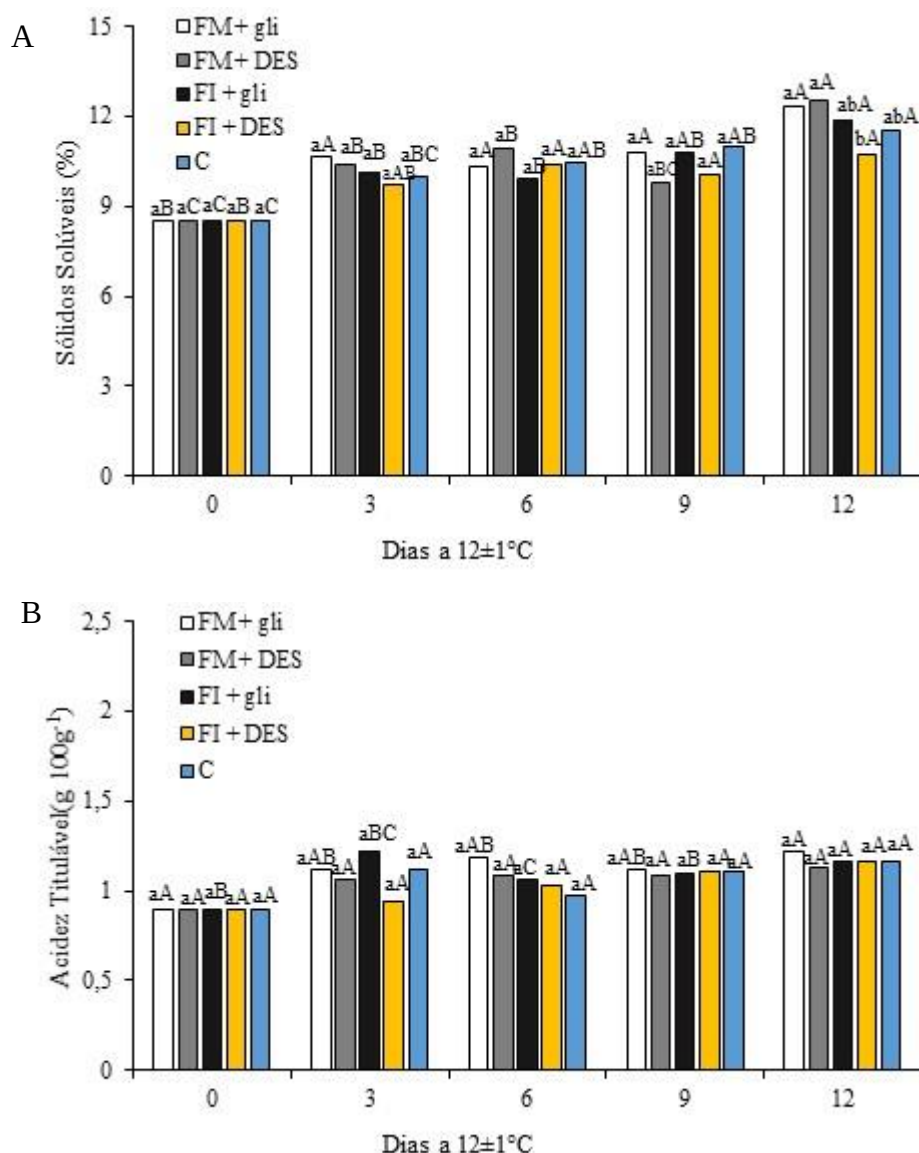
Os frutos sem recobrimento e recobertos com FI+gli apresentaram maiores valores de  $a^*$  no 12º dia de armazenamento. Indicando que o NADES foi eficiente em ampliar as propriedades de retardar a coloração dos mamões dos recobrimentos de amido de inhame, uma vez que os recobrimentos FI+NADES, FM+gli e FM+NADES apresentaram os menores valores de  $a^*$ .



**Figura 3:** Cor de casca, nos parâmetros L (A), a\* (B), b\* (C), de umbu recoberto com fécula de mandioca e fécula de inhame associada ao glicerol e NADES (FM + gli = 2,5% de fécula de mandioca + 0,75% de glicerol; FM + NADES = 2,5% de fécula de mandioca + 0,75% de NADES; FI + gli = 2,5% de fécula de inhame + 0,75% de glicerol; FI + NADES = 2,5 % de fécula de inhame + 0,75% de NADES) e o controle (C) = sem recobrimento, armazenado durante 12 dias na condição ambiente ( $12\pm 1^{\circ}\text{C}$  e  $80\pm 5\%$  UR). Letras iguais, maiúsculas entre dias e minúsculas entre recobrimentos não diferem entre si pelo teste de Tukey em até 5% de probabilidade. NADES = Solvente eutético profundo natural.

O teor de SS é uma propriedade que associa a maturação e senescência dos frutos a acúmulo e consumo de açúcares, respectivamente, esta propriedade é um dos parâmetros que avalia a qualidade de frutos e a aceitabilidade pelos consumidores (DUTRA et al., 2021; MENEZES et al., 2017). Durante o armazenamento, o aumento do teor de SS se manteve constante para todos os tratamentos realizados, não havendo interação entre períodos, nem tratamentos. Já para acidez titulável, os tratamentos associados ao NADES, permaneceram constantes ao longo do armazenamento, não apresentando diferença.

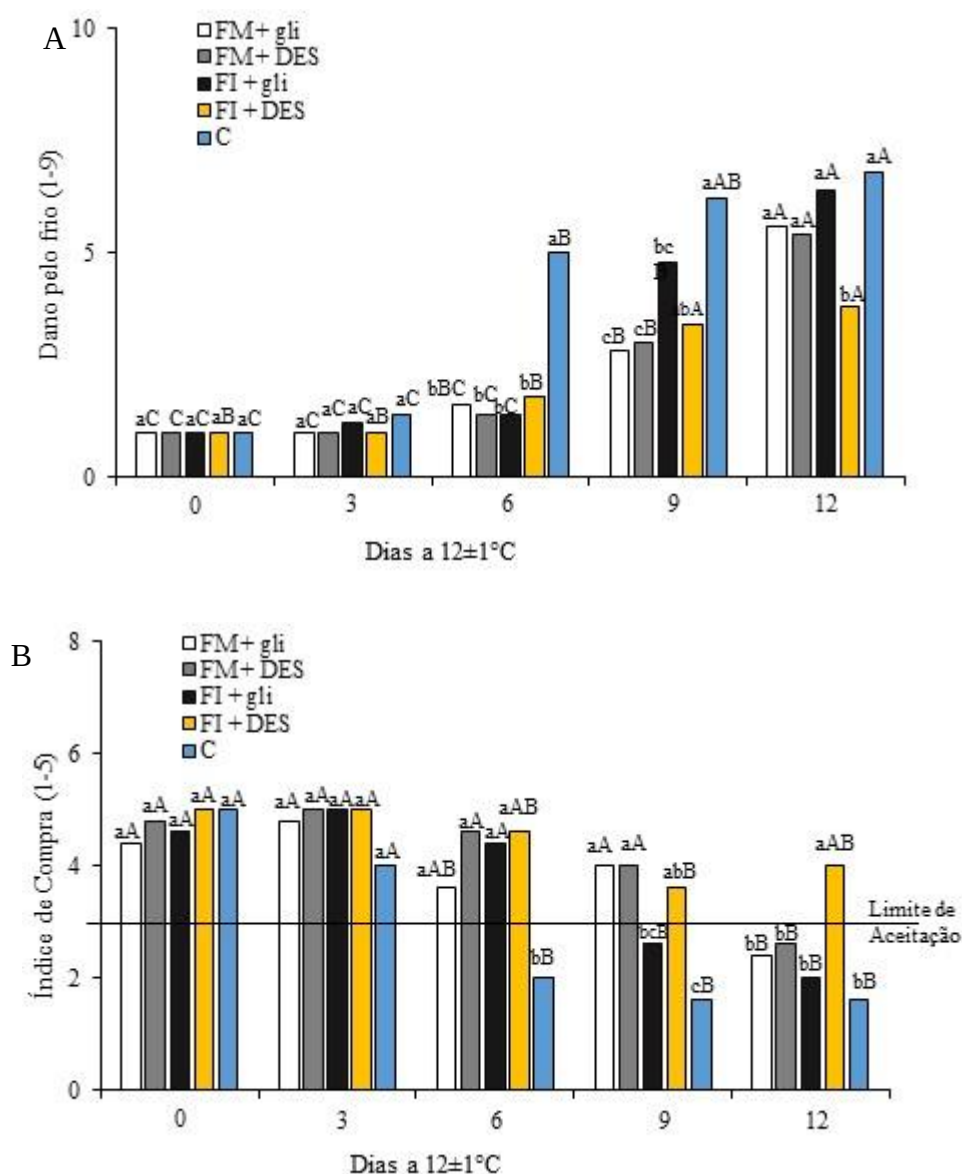




**Figura 4:** Sólidos solúveis (A) e Acidez titulável (B) de umbu recoberto com fécula de mandioca e fécula de inhame associada ao glicerol e DES (FM + gli = 2,5% de fécula de mandioca + 0,75% de glicerol; FM + NADES = 2,5% de fécula de mandioca + 0,75% de NADES; FI + gli = 2,5% de fécula de inhame + 0,75% de glicerol; FI + NADES = 2,5 % de fécula de inhame + 0,75% de NADES) e o controle (C) = sem recobrimento, armazenado durante 12 dias na condição ambiente (12±1°C e 80±5% UR). Letras iguais, maiúsculas entre dias e minúsculas entre recobrimentos não diferem entre si pelo teste de Tukey em até 5% de probabilidade. DES = Solvente eutético profundo.

A aparência é uma importante característica que pode influenciar na aceitabilidade do consumidor a determinado produto, com isso, a análise sensorial é um método de avaliação de alimentos que analisa, mede e interpreta baseado nas impressões de um painel de julgadores estas características (SILVA et al., 2019). Este tipo de avaliação faz uso dos sentidos humanos, sendo uma importante ferramenta usada para o desenvolvimento de novos produtos.

No armazenamento refrigerado o fruto é submetido a baixas temperaturas, por longo período, o que ocasiona diminuição em sua qualidade o que nem sempre o torna aceito para o consumo, isso ocorre devido a desordens fisiológicas provocadas pela exposição a essas baixas temperaturas (CANTÍN et al., 2010; BUSTAMANTE et al., 2016). Com isto, faz-se necessário a realização de análises sensoriais por painelistas treinados capazes de identificar tais desordens, julgando assim, a eficiência dos tratamentos aplicados.



**Figura 5:** Dano pelo frio (A) e Índice de compra (B) de umbu recoberto com fécula de mandioca e fécula de inhame associada ao glicerol e DES (FM + gli = 2,5% de fécula de mandioca + 0,75% de glicerol; FM + NADES = 2,5% de fécula de mandioca + 0,75% de NADES; FI + gli = 2,5% de fécula de inhame + 0,75% de glicerol; FI + NADES = 2,5 % de fécula de inhame + 0,75% de NADES) e o controle (C) = sem recobrimento, armazenado durante 12 dias na condição ambiente (12±1°C e 80±5% UR). Letras iguais, maiúsculas entre dias e minúsculas entre recobrimentos não diferem entre si pelo teste de Tukey em até 5% de probabilidade. DES = Solvente eutético profundo.

Os frutos que foram recobertos conseguiram-se manter ao longo do armazenamento sem desordens fisiológicas ocasionadas pelo frio, quando comparado ao controle que no 6º dia de armazenamento já apresentava tais desordens. O tratamento FI + NADES foi o mais eficaz na proteção aos danos provocados pelo frio, conseguindo se manter até o último dia do armazenamento sem apresentar danos expressivos, tendo diferenciado dos demais tratamentos.

O índice de compra é o atributo que resume a aceitação ou rejeição de determinado produto pelo consumidor. Ao final do armazenamento refrigerado, após, 12 dias, umbus recobertos com 2,5% de Fécula de Inhame associado a 0,75% de NADES apresentaram maior aceitabilidade, estando acima do limite de aceitação (nota 3), o que comparado ao controle, significa um ganho superior em seis dias, uma vez que no 6º dia de armazenamento os frutos do controle já estavam abaixo do limite de aceitação.

Os resultados obtidos indicam claramente o impacto positivo no uso dos recobrimentos biodegradáveis em frutos, principalmente, os que foram recobertos com a fécula de inhame associado ao NADES, na manutenção da qualidade e redução de danos pelo frio na pós-colheita de umbu.

#### **4 CONCLUSÃO**

Umbus recobertos com 2,5% de fécula de inhame associado a 0,75% de NADES apresentaram perda de massa reduzida, retardaram a evolução da cor, indicando retardo no amadurecimento. Adicionalmente, umbus mantidos sob este recobrimento apresentaram menores índices de danos fisiológicos ocasionados pelo frio, apresentando um adicional de 6 dias na vida útil comparado ao controle, com base no índice de compra. Em conjunto, o recobrimento de 2,5% de fécula de mandioca associado à NADES é uma alternativa promissora, prática, sustentável e eficiente para a conservação da qualidade pós-colheita de umbu.

## REFERÊNCIAS

- ALVES, T. P. et al. Qualidade pós-colheita de frutos do umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda) armazenados sob atmosfera modificada. **Diversitas Journal**, v. 5, n. 3, p. 1523-1535, 2020.
- ASSIS, O. B. G.; BRITTO, D. Edible protective coatings for fruits: fundamentals and applications. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 17, n. 2, p. 87-97, 2014.
- BUSTAMANTE, C. A. et al. Differential metabolic rearrangements after cold storage are correlated with chilling injury resistance of peach fruits. **Frontiers in plant science**, v. 7, p. 1478, 2016.
- CANTÍN, C. M. et al. Chilling injury susceptibility in an intra-specific peach [*Prunus persica* (L.) Batsch] progeny. **Postharvest Biology and Technology**, v. 58, n. 2, p. 79-87, 2010.
- CASTRICINI, A. et al. Qualidade e pós-colheita do umbu. **Embrapa Semiárido** - Artigo em periódico indexado (ALICE), 2019.
- COSTA, B. L. et al. Postharvest quality of Umbuzeiro fruits (*Spondias tuberosa*) submitted to coating with Cassava Starch and PVC. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 1, 2021.
- SANTOS, E. F. et al. Extension of umbu (*Spondias tuberosa* Arruda) postharvest life using a cassava starch-based coating. **Agronomía Colombiana**, v. 39, n. 2, 2021.
- DUTRA, F. V. et al. Características físicas e químicas de acessos de umbuzeiros (*Spondias tuberosa* Arr. Cam). **Revista de Ciências Agrárias**, v. 40, n. 4, p. 814-822, 2017.
- EÇA, K. S. et al. Films and edible coatings containing antioxidants-a review. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 17, n. 2, p. 98-112, 2014.
- INSTITUTO ADOLF LUTZ. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4. ed. São Paulo: IAL, 1020 p. 2008. 1 ed. digital.
- LIMA, A. B. de et al. Conservação pós-colheita de manga 'Tommy Atkins' orgânica sob recobrimentos bio-orgânicos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 34, n. 3, p. 704-710, 2012.
- LINS, M. S. G. **Revestimento a base de amido de inhame, batata doce roxa e mandioca na conservação de tomates (*Lycopersicon esculentum* Mill)**. 2018. 56 f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, 2018.
- LIU, W. et al. Ascorbic acid and choline chloride: A new natural deep eutectic solvent for extracting tert-butylhydroquinone antioxidant. **Journal of Molecular Liquids**, v. 260, p. 173-179, 2018.

MANEFFA, A. J. et al. Deep Eutectic Solvents Based on Natural Ascorbic Acid Analogues and Choline Chloride. **ChemistryOpen**, v. 9, n. 5, p. 550, 2020.

MENEZES, K. R. P. et al. Influência Do Revestimento Comestível Na Preservação Da Qualidade Pós-Colheita De Tomate De Mesa. In: **Colloquium Agrariae**. ISSN: **1809-8215**. 2017. p. 14-28.

MERTENS, J. et al. *Spondias tuberosa* Arruda (Anacardiaceae), a threatened tree of the Brazilian Caatinga. **Brazilian Journal of Biology**, v. 77, p. 542-552, 2016.

RODRIGUES, A. A. M. et al. Physiology and postharvest conservation of 'Paluma' guava under coatings using Jack fruit seed-based starch. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 40, 2018.

MENEZES, P. H. S. et al. Influence of the maturation stage on the physical-chemical quality of fruits of umbu (*Spondias tuberosa*). **Scientia Agropecuaria**, v. 8, n. 1, p. 73-78, 2017.

SILVA, I. G. et al. Elaboração e análise sensorial de biscoito tipo cookie feito a partir da farinha do caroço de abacate. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 22, 2019.

SILVA, J. M. et al. Design of functional therapeutic deep eutectic solvents based on choline chloride and ascorbic acid. **ACS Sustainable Chemistry & Engineering**, v. 6, n. 8, p. 10355-10363, 2018.

TEODOSIO, A. E. M. M. et al. Analysis of bioactive compounds in umbu (*Spondias tuberosa*) by application of edible coating based on *Chlorella* sp during storage. **Food Science and Technology**, v. 40, p. 756-760, 2020.

VÉRAS, M. L. M. et al. Enraizamento de estacas de umbuzeiro potencializado pela aplicação de ácido indol-3-butírico (AIB). **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 13, n. 3, p. 1-9, 2018.