



VARIAÇÃO TOTAL DE COR EM GOIABAS REVESTIDAS COM COBERTURAS A BASE DE FÉCULA DE MANDIOCA CONTENDO DIFERENTES HIDROFOBIZANTES

Lídia L. Marinho¹; Bruna R. G da Silva¹; Edna M. M. Aroucha¹, Luiz P. de O. Queiroz², Francisco K. G. dos Santos³, Ricardo H. de L. Leite¹,

¹Universidade Federal Rural do Semiárido – UFRSA

²Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Estado do Ceará – IFCE

³Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN

ricardoleite@ufersa.edu.br

Palavras-Chave: Revestimentos, Ceras, Pós-colheita.

Introdução

As embalagens plásticas encontram amplo uso na proteção de alimentos durante a sua comercialização (Shafqat et al., 2020). Frutas e hortaliças costumam ser embaladas em sacolas plásticas com a finalidade de facilitar o seu transporte e reduzir as perdas por injúrias, danos mecânicos, contaminação microbiana etc. As embalagens plásticas também podem reduzir as trocas gasosas entre frutos e atmosfera, reduzindo as perdas por transpiração e retardando a senescência pós-colheita através da criação de uma atmosfera modificada com redução da disponibilidade de oxigênio e aumento da concentração de dióxido de carbono (Joshi et al., 2019).

Atualmente, a quase totalidade das embalagens plásticas utilizadas na conservação de alimentos, incluindo frutas e hortaliças, são fabricadas com polímeros não biodegradáveis derivados do petróleo (Phelan et al., 2022). A utilização destes materiais em grande escala ocasiona vários problemas ambientais que vêm preocupando sociedades e governos em diferentes níveis. O fato destas embalagens levarem centenas de anos para se degradarem faz com que estas se acumulem em ambientes aquáticos e terrestres causando danos diversos aos ecossistemas e à saúde humana. Devido à extensão das cadeias produtivas de alimentos, as embalagens e outros produtos usados em alimentos tornaram-se a principal fonte de poluição por plástico no planeta (Ford et al., 2022; Phelan et al., 2022).

Confrontada com os impactos da poluição plástica causada por suas embalagens, por um lado, e com a necessidade da utilização destes artefatos para a conservação de seus produtos, as cadeias produtivas de alimentos vêm buscando alternativas para a substituição de plásticos convencionais por plásticos biodegradáveis e oriundos de fontes renováveis, os chamados bioplásticos (Matar et al., 2021). Esses bioplásticos podem ser empregados na forma de filmes para a produção de embalagens ecológicas alternativas ou na forma de coberturas aplicadas diretamente sobre as frutas e hortaliças (Perez-Vazquez et al., 2023). Nestes são usadas matrizes biopoliméricas diversas, tais como amido, zeína, quitosana, gelatina, alginatos etc. Essas matrizes são aditivadas com agentes plastificantes, hidrofobizantes, antimicrobianos e outros, no intuito de alcançar as propriedades requeridas pelas aplicações pretendidas.

Rica em vitamina C e fibras, a goiaba (*Psidium guajava* L.), fruto da goiabeira, árvore da família das mirtáceas oriunda das regiões tropicais da América, é amplamente consumida no mundo, seja *in natura* ou na forma de doces, compotas e geleias. Climatérica e com elevada taxa respiratória, essa fruta apresenta rápido amadurecimento e senescência no armazenamento



após sua colheita, quando mantida à temperatura e atmosfera ambientes. O que é facilmente percebido pelo murchamento do fruto ocasionado pela perda de água, amaciamento da polpa e alteração da cor da casca. O processo de amadurecimento e senescência de goiabas pode ser desacelerado através do uso de coberturas biopoliméricas que geram uma atmosfera modificada reduzindo as perdas de água e a taxa de respiração dos frutos, prolongando a vida útil destas (Chang et al., 2026; Singh, Saroj e Kaur, 2024).

Coberturas biodegradáveis à base de fécula de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz), são alternativas ecológicas ao uso de embalagens plásticas convencionais (Onyeaka et al., 2022; Matheus et al., 2023). Considerando que polissacarídeos como a fécula de mandioca são barreiras pouco eficientes à perda de água pelos frutos, é comum serem adicionados agentes hidrofobizantes como as ceras às matrizes destes biopolímeros, o que reduz consideravelmente as taxas de permeabilidade ao vapor de água destes materiais. Por outro lado, a adição de substâncias hidrofóbicas pode alterar a permeabilidade ao oxigênio e ao dióxido de carbono dos biopolímeros e afetar a cadeia de reações metabólicas responsável pelo amadurecimento dos frutos (Yudhistira et al., 2024; Dey et al., 2022; Aranda-Ledesma et al., 2022; Dutta et al., 2024; Rammak et al., 2026). Uma questão a ser melhor compreendida é como a adição de diferentes tipos de hidrofobizantes em concentrações diversas na matriz biopolimérica pode afetar o amadurecimento de frutos, como a goiaba.

Durante seu amadurecimento, a goiaba muda a coloração de sua casca de um verde característico para amarelo. Essa mudança é resultante da degradação da clorofila (verde) e produção de carotenóides (amarelos). Os mecanismos metabólicos envolvidos na mudança de cor das goiabas são influenciados pela respiração do fruto e o uso de atmosferas modificadas resulta na desaceleração deste processo. Assim, as mudanças de coloração das goiabas podem ser utilizadas no acompanhamento do amadurecimento do fruto revestidos com diferentes coberturas (Oliveira et al., 2018; Thakre et al., 2026).

Neste estudo são comparadas as variações de cor em goiabas revestidas com coberturas de fécula de mandioca incorporadas com diferentes concentrações de cera de carnaúba, cera de abelha e parafina. Busca-se a compreensão de como os diferentes agentes hidrofobizantes utilizados em diversas concentrações afetam o comportamento de goiabas armazenadas em temperatura ambiente.

Material e Métodos

O experimento foi conduzido nas dependências dos laboratórios de Processos Químicos (LPQ) e de Pós-Colheita, situados no Campus Leste da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA), no município de Mossoró – RN. Para o desenvolvimento dos revestimentos comestíveis, foram utilizados fécula de mandioca (Primícias do Brasil) como matriz biopolimérica base, glicerol (Vetec Química Fina Ltda.) como agente plastificante e o tensoativo não iônico Tween 80 (Vetec) como emulsificante, além de água destilada para a dispersão dos componentes. Como agentes hidrofóbicos, avaliaram-se três materiais distintos: cera de abelha, cera de carnaúba e parafina.

Foram elaboradas quatro formulações de revestimentos correspondentes às concentrações de 0%, 10%, 20% e 40% para cada agente hidrofóbico empregado no estudo, mantendo-se a proporção fixa de 5% de massa seca (amido + agente hidrofóbico + aditivos), glicerol e tween80 foram adicionados em concentrações de 20% cada. No preparo das misturas filmogênicas, o amido de mandioca e o glicerol foram dispersos em água destilada e submetidos a aquecimento (75 °C) sob agitação constante (200 rpm) até a completa gelatinização da matriz

amilácea (Oliveira et al., 2018). Posteriormente, o respectivo agente hidrofóbico associado ao Tween 80, previamente emulsificado, foi incorporado à suspensão aquosa sob agitação mecânica contínua, garantindo a mistura eficiente da fase lipídica na matriz polimérica.

Para a aplicação das coberturas, foram adquiridas do comércio varejista da região, trinta goiabas (*Psidium guajava* L.) sadias, isentas de injúrias mecânicas e apresentando tamanho e grau (verde claro) de maturação uniformes, foram selecionadas e higienizadas por imersão em solução de hipoclorito de sódio a 100 ppm durante 10 minutos. A sanitização foi seguida do enxágue em água destilada e secagem dos frutos. Foram utilizadas parcelas de três frutos por tratamento. Os revestimentos foram aplicados mediante a imersão individual das goiabas nas respectivas misturas filmogênicas por 30 segundos, procedendo-se ao escoamento do excesso e à secagem ao ar ambiente até a consolidação da película. Um grupo controle, composto por frutos não revestidos, foi mantido sob as mesmas condições experimentais. Em seguida, todas as amostras foram dispostas e armazenadas sob temperatura e umidade ambientes ($28 \pm 3^\circ\text{C}$, $65 \pm 5\%$ UR) ao longo de 8 dias, sendo submetidas a medição de suas coordenadas de cor a cada dia. Os parâmetros de cor aferidos foram: a^* , b^* e L , medidos em triplicata, em posições diferentes localizadas na região equatorial dos frutos através da utilização de um colorímetro (CR - 10 da Konica Minolta Sensing Inc.). A variação total de cor das goiabas (DE) foi calculada como sendo a distância euclidiana entre o valor da cor dos tomates no dia considerado (a^* , b^* e L) e à cor do dia inicial (a_i^* , b_i^* e L_i): $DE = [(a^* - a_i^*)^2 + (b^* - b_i^*)^2 + (L - L_i)^2]^{1/2}$ (Thakre, 2026).

Resultados e Discussão

A Figura 01 apresenta as variações de cor total em goiabas revestidas com diferentes coberturas a base de fécula de mandioca aditivadas com diferentes agentes hidrofobizantes e após oito dias de armazenamento.

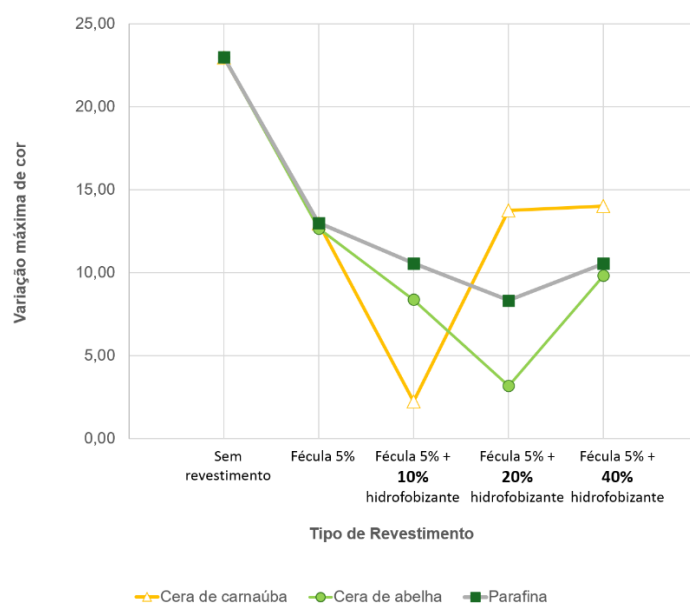


Figura 01 – Variação total de cor em goiabas revestidas com coberturas a base de fécula de mandioca aditivadas com cera de carnaúba, cera de abelha e parafina em diferentes concentrações.

A Figura 02 apresenta um exemplo do aspecto visual do padrão de variação de cor obtido para as goiabas submetidas aos diferentes tratamentos, ao longo dos oito dias de armazenamento

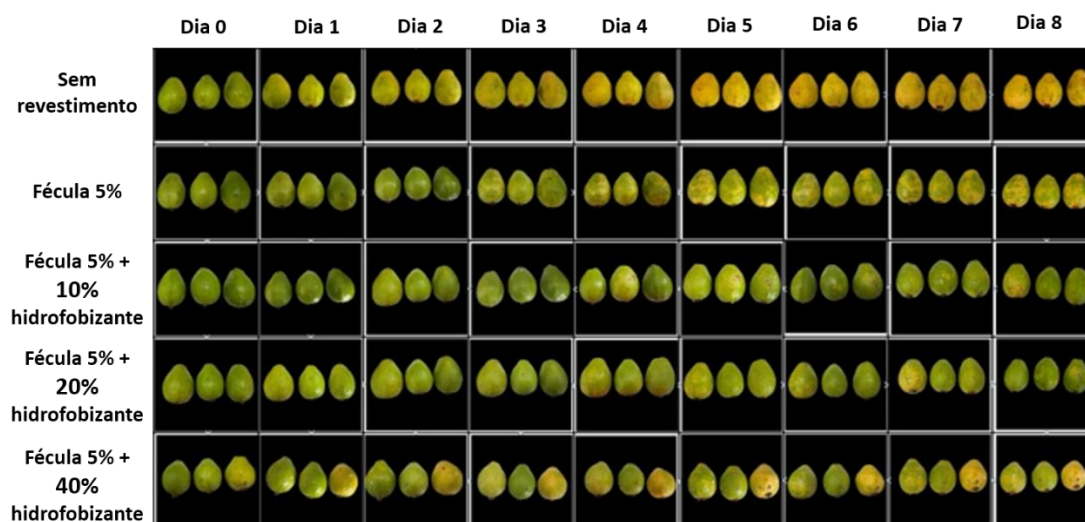


Figura 01 – Exemplo do aspecto visual de coloração das goiabas revestidas com diferentes variações na concentração do hidrofobizante.

Os resultados mostram que a aplicação de uma cobertura de fécula de mandioca a 5% reduz a velocidade de aparecimento da cor amarela nas goiabas, em comparação com os frutos do controle (sem revestimento). Observa-se que as goiabas do controle já estão amarelas após dois dias de armazenamento enquanto as goiabas revestidas com cobertura de fécula atingem cor semelhante após cinco dias de armazenamento. A adição de 10% de hidrofobizantes tende a reduzir ainda mais a velocidade de desenvolvimento da cor amarela nas goiabas revestidas com coberturas contendo os três hidrofobizantes em estudo e em comparação com as goiabas revestidas apenas com fécula. No entanto, as maiores reduções na variação de cor foram atingidas nas goiabas revestidas com coberturas de fécula e cera de carnaúba a 10%. A adição de 20% de hidrofobizantes continua reduzindo as variações de cor nas coberturas de fécula aditivadas com cera de abelha e parafina, mas produzem mudanças de cor semelhantes às coberturas de fécula de mandioca não hidrofobizadas no caso da adição de cera de carnaúba. Concentrações de 40% de hidrofobizantes demonstraram uma redução na velocidade de variação de cor nas goiabas semelhante às das coberturas de fécula sem adição de substâncias hidrofóbicas.

Tais resultados indicam que a adição de materiais hidrofóbicos ocasiona uma maior redução na velocidade de variação de cor em goiabas durante o armazenamento, mas apenas quando a concentração é adequada. Acima de determinadas concentrações que dependem do material hidrofóbico adicionado ocorre um aumento na velocidade de variação de cor das goiabas de forma a se igualar com o comportamento das coberturas contendo apenas fécula. É possível que a adição de concentrações adequadas de materiais hidrofóbicos ocasione a formação de partículas destes materiais dispersas na matriz biopolimérica da fécula e produzam caminhos tortuosos que aumentem a distância a ser percorrida por difusão pelas moléculas de oxigênio e dióxido de carbono, diminuindo a respiração dos frutos e desacelerando a



degradação da clorofila (verde) e a síntese de carotenoides (amarelos). No entanto, acima de certas concentrações ocorre uma aglomeração de partículas dos hidrofobizantes com aumento do seu tamanho e redução da tortuosidade dos caminhos percorridos pelos gases de respiração.

Conclusões

Dentre os materiais hidrofóbicos empregados na redução da hidrofília da matriz de fécula de mandioca, a cera de carnaúba numa concentração de 10% foi a que permitiu a obtenção das menores velocidades de variação de cor nas goiabas. Porém, em concentrações de 20% e 40% a adição de cera de carnaúba não apresenta melhores resultados que os observados com o uso da fécula sem adição de materiais hidrofóbicos. A adição de cera de abelha e parafina reduziu a velocidade de amarelecimento das goiabas quando adicionadas em até 20% à fécula, na concentração de 40% não houve redução na velocidade de mudança de cor. Conclui-se que o uso de materiais hidrofóbicos pode alterar as propriedades de barreira a gases respiratórios em coberturas de fécula, mas que cada tipo de material hidrofóbico apresenta concentração adequada para alcançar maiores reduções na taxa de variação de cor em goiabas.

Agradecimentos

Agradecemos à UFERSA, ao PPGCEM e ao Laboratório de Pós-Colheita pelo suporte institucional, infraestrutura e apoio técnico para esta pesquisa.

Referências

ARANDA-LEDESMA, N. E. *et al.* Candelilla wax: prospective suitable applications within the food field. **LWT**, v. 159, e113170, 2022.

CHANG, J. *et al.* Effects of different packaging treatments on postharvest quality and metabolic profiles of guava during storage. **LWT**, v. 251, e119569, 2026.

DEY, A. *et al.* Carnauba wax-based composite films and coatings: recent advancement in prolonging postharvest shelf-life of fruits and vegetables. **Trends in Food Science & Technology**, v. 129, p. 296-305, 2022.

DUTTA, D.; SIT, N. Comprehensive review on developments in starch-based films along with active ingredients for sustainable food packaging. **Sustainable Chemistry and Pharmacy**, v. 38, e101534, 2024.

FORD, H. V. *et al.* The fundamental links between climate change and marine plastic pollution. **Science of the Total Environment**, e1503921, 2022.

JOSHI, K. *et al.* Predicting quality attributes of strawberry packed under modified atmosphere throughout the cold chain. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 21, e100354, set. 2019.

MATAR, C. *et al.* Benefit of modified atmosphere packaging on the overall environmental impact of packed strawberries. **Postharvest Biology and Technology**, v. 177, e111521, 2021.



MATHEUS, J. R. V. *et al.* Cassava starch films for food packaging: trends over the last decade and future research. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 225, p. 658-672, 2023.

OLIVEIRA, V. R. L. *et al.* Use of biopolymeric coating hydrophobized with beeswax in post-harvest conservation of guavas. **Food Chemistry**, v. 259, p. 55-64, 2018.

ONYEAKA, H. *et al.* Current research and applications of starch-based biodegradable films for food packaging. **Polymers**, v. 14, n. 6, e1126, 2022.

PEREZ-VAZQUEZ, A. *et al.* Edible coatings as a natural packaging system to improve fruit and vegetable shelf life and quality. **Foods**, v. 12, n. 19, e3570, 2023.

PHELAN, A. *et al.* Plastic pollution and packaging: Corporate commitments and actions from the food and beverage sector. **Journal of Cleaner Production**, 331, e129827, 2022.

RAMMAK, T. *et al.* Effect of beeswax on the properties of a starch/gelatin bioplastic for sustainable packaging. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 352, e151063, 2026.

SHAFQAT, A. *et al.* A review on environmental significance carbon foot prints of starch based bioplastic: A substitute of conventional plastics. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, e101540, 2020.

SINGH, M.; SAROJ, R.; KAUR, D. Optimized chitosan edible coating for guava and its characterization. **Measurement: Food**, v. 14, e100145, 2024.

THAKRE, M. *et al.* Colour Index Formulation in Guava (*Psidium guajava* L.): Capturing Nutrient Richness through Pigment-Derived Pulp Colour Variations. **Plant Foods for Human Nutrition**, v. 81, n. 1, 2026.

YUDHISTIRA, B. *et al.* Progress in the Application of Emerging Technology for the Improvement of Starch-Based Active Packaging Properties: A Review. **ACS Food Science Technology**, 4, 1997– 2012, 2024.