

USO COMBINADO DE BIOPOLÍMEROS E COMPOSTOS NATURAIS NA PRESERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DE MANGAS PALMER

RAFAEL DE OLIVEIRA PEDRO, HELLEN FRANCIANE GONÇALVES
BARBOSA.

Palavras-chave: filmes comestíveis; quitosana; cera de carnaúba.

INTRODUÇÃO

O desperdício alimentar é um problema global com impactos econômicos e sociais significativos. No Brasil, estima-se uma perda diária de aproximadamente 39.000 toneladas de alimentos, enquanto a FAO reporta perdas anuais de aproximadamente 1,3 bilhão de toneladas mundialmente (FAO, 2024). As frutas são particularmente suscetíveis a perdas no pós-colheita por fatores intrínsecos como senescência e oxidação, além de fatores extrínsecos como danos físicos e pragas.

Para mitigar a degradação pós-colheita de frutas, os revestimentos comestíveis surgem como uma estratégia promissora, atuando como barreira contra perda de água, trocas gasosas e microrganismos. É essencial que tais revestimentos apresentem características organolépticas adequadas e sejam compostos por biomoléculas naturais, como a quitosana. Este biopolímero é uma opção ideal devido à sua biocompatibilidade, biodegradabilidade, propriedades antimicrobianas e baixo custo, alinhando-se às demandas por soluções sustentáveis e seguras para a preservação de frutas (Jurić et al., 2023).

Nesse contexto, este trabalho investigou filmes comestíveis obtidos pela técnica camada-por-camada (*LbL*) compostos por quitosana, cera de carnaúba e óleo essencial de orégano. A cera de carnaúba fornece barreira lipofílica que reduz a desidratação e melhora a aparência, e o óleo de orégano confere ação antimicrobiana e antioxidante adicional por meio de compostos fenólicos como timol e carvacrol. A técnica *LbL* permitiu incorporar de forma controlada esses componentes em filmes multicamadas, potencializando funcionalidades físicas e bioativas.

MATERIAL E MÉTODOS

A quitosana foi caracterizada por titulação potenciométrica para determinação do grau de desacetilação, conforme a literatura (Tolaimate et al., 2000). Complementarmente, o polímero foi analisado por espectroscopia no infravermelho com transformada de Fourier em modo ATR (FTIR-ATR) para confirmação de sua estrutura e pureza.

Para avaliar os filmes, mangas 'Palmer' homogêneas e sem imperfeições foram selecionadas, higienizadas com hipoclorito de sódio (2,5%) e submetidas ao recobrimento. O processo consistiu em imersão na solução filmogênica por 15 min, secagem à temperatura ambiente e novo banho em solução de cera de carnaúba pelo mesmo período. As frutas foram então armazenadas a 25 ± 1 °C por 31 dias, com avaliações periódicas de parâmetros de qualidade. A perda de massa (% PM) foi calculada pela fórmula:

$$PM(\%) = \left[\frac{(\text{massa inicial} - \text{massa final})}{\text{massa inicial}} \right] \times 100$$

Os dados de perda de massa foram submetidos à análise de variância (ANOVA) de medidas repetidas para avaliar os efeitos do tratamento e do tempo de armazenamento, considerando os fatores tratamento (Controle, QC, Q.Cera.10, Q.Cera.10.OE.1, Q.Cera.10.OE.5) e tempo (9 medições). A esfericidade foi verificada (teste de Mauchly) e, quando necessário, aplicou-se a correção de Greenhouse-Geisser, com comparações post-hoc por Tukey ($\alpha=0,05$) no software R v.4.3.1.

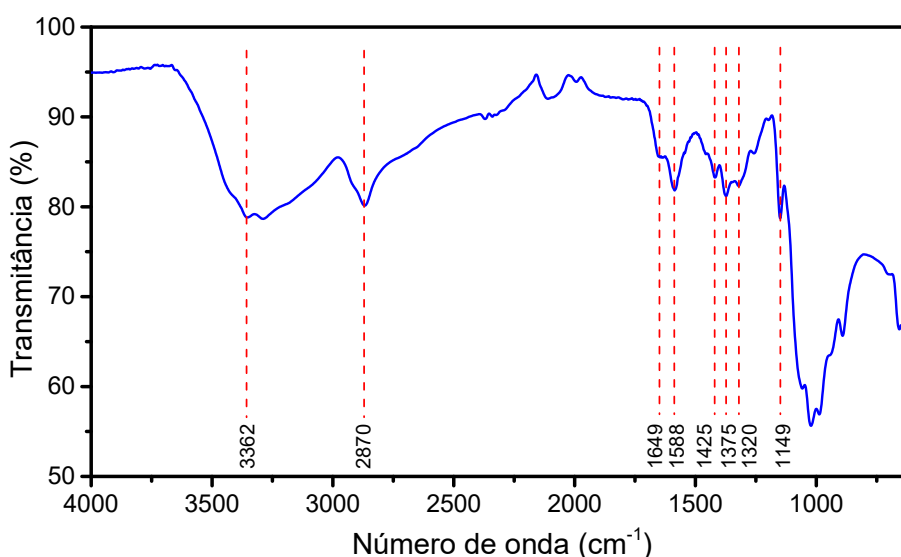
RESULTADOS E DISCUSSÃO

O grau de desacetilação (GD) da quitosana, parâmetro crítico que reflete a proporção de grupos amina livres, foi determinado por titulação potenciométrica. O método baseia-se na protonação da amostra com ácido, seguida de titulação com NaOH sob monitoramento de pH. A análise em triplicata revelou um GD de $97,6 \pm 1,8\%$, indicando um alto teor de unidades desacetiladas. Este elevado valor é vantajoso para filmes comestíveis, pois confere maior solubilidade em meio ácido, densidade de carga positiva e potencializa as propriedades antimicrobianas e

formadoras de filme, características essenciais para revestimentos de proteção pós-colheita.

A quitosana também foi caracterizada por FTIR-ATR e o espectro está exibido na Figura 1. No espectro de FTIR da amostra, observou-se a banda em 3362 cm^{-1} , atribuída ao estiramento axial dos grupos hidroxilas (O–H) (Domszy; Roberts, 1985).

Figura 1 – Espectro de absorção na região do infravermelho para amostra de quitosana.



A banda em 2870 cm^{-1} corresponde ao estiramento das ligações C–H da cadeia polimérica (Dong et al., 2002). Em 1649 cm^{-1} identifica-se a banda característica do estiramento C=O da amida I, já reportada na literatura para polímeros amídicos (Brugnerotto et al., 2001). A região de 1588 cm^{-1} foi atribuída à deformação angular de N–H dos grupos amina, enquanto as bandas em 1425 cm^{-1} e 1375 cm^{-1} foram associadas a deformações envolvendo ligações C–N (amida e amina, respectivamente). A banda em 1320 cm^{-1} também foi relacionada à deformação característica da amida III (C–N). Finalmente, a banda em 1149 cm^{-1} foi atribuída ao estiramento antissimétrico de C–O–C das unidades de glicosamina (Brugnerotto et al., 2001).

Os filmes comestíveis protetores foram aplicados em amostras de mangas e a perda de massa foi avaliada ao longo de 31 dias. A análise de variância revelou efeitos

significativos do tratamento ($p < 0,001$), tempo ($p < 0,001$) e interação tratamento $\times$ tempo ($p < 0,001$). Os dados estão apresentados na Tabela 1.

As comparações múltiplas (Tukey HSD) demonstraram que no 31º dia, o tratamento Q.Cera.10.OE.5 promoveu a maior redução na perda de massa ($17,58 \pm 1,83\%$), diferindo significativamente do controle ($36,27 \pm 4,85\%$; $p < 0,001$) e dos demais tratamentos (Tabela 1). Os filmes contendo 5% de óleo essencial de orégano reduziram a perda de massa em 51,5% comparado ao controle, superando significativamente ($p < 0,01$) a proteção oferecida pela quitosana isolada.

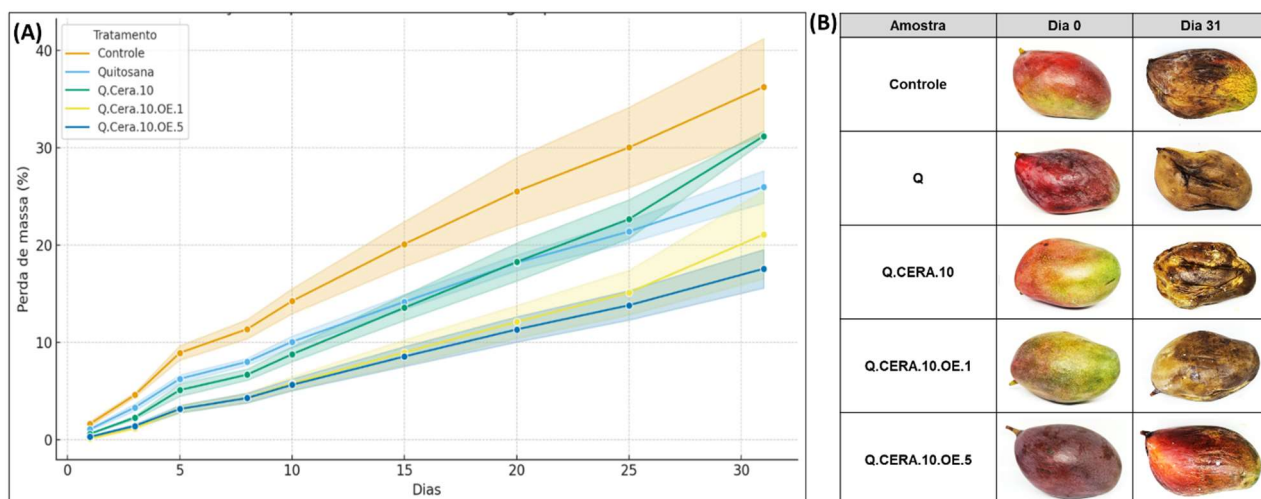
Tabela 1 – Médias Finais e Agrupamentos Estatísticos (Dia 31).

Tratamento	Perda de Massa (%) (Média $\pm$ DP)	Agrupamento Estatístico	Redução vs. Grupo Controle
Grupo Controle	$36,27 \pm 4,85^a$	a	-
Q.Cera.10	$31,21 \pm 0,52^{ab}$	ab	-13,9%
Quitosana (QC)	$25,99 \pm 1,56^b$	b	-28,3%
Q.Cera.10.OE.1	$21,09 \pm 4,36^{bc}$	bc	-41,8%
Q.Cera.10.OE.5	$17,58 \pm 1,83^c$	c	-51,5%

*Médias seguidas de letras iguais não diferem estatisticamente ($p > 0,05$) pelo teste de Tukey.

A evolução da perda de massa das amostras submetidas a diferentes tratamentos está exibida na Figura 2(A).

Figura 2 – (A) Evolução da perda de massa de mangas por tratamento. (B) Comparativo do efeito protetivo dos filmes de quitosana em amostras de manga Palmer.



Observa-se claramente que o grupo controle apresentou uma grande variação da perda de massa ao longo do período, enquanto as amostras Q.Cera.10.OE.1 e Q.Cera.10.OE.1 apresentaram as menores perdas de massa, comprovando a eficiência dos filmes de quitosana, cera de carnaúba e óleo essencial de orégano. A Figura 2(B) exibe uma comparação entre amostras de mangas tratadas no início e final do período de armazenamento pós-colheita.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo comprovou o potencial do revestimento comestível produzido pela técnica camada-por-camada (*LbL*) com quitosana, cera de carnaúba e óleo essencial de orégano para conservar mangas da variedade Palmer por 31 dias. A adição do óleo de orégano foi determinante para preservar a aparência e minimizar a perda de massa das frutas.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à FAPEMIG (Processos APQ-03402-22, BIP-00196-24 e APQ-04952-24) e à Universidade do Estado de Minas Gerais – Unidade Ituiutaba pelo apoio institucional e financeiro ao desenvolvimento deste trabalho.

REFERÊNCIAS

- BRUGNEROTTO, J. *et al.* Characterization of chitosan by steric exclusion chromatography. **Polymer**, v. 42, p. 9921–9927, 2001.
- DOMSZY, Julian G.; ROBERTS, George A. F. Evaluation of infrared spectroscopic techniques for analysing chitosan. **Die Makromolekulare Chemie**, v. 186, n. 8, p. 1671–1677, 1985.
- DONG, Yanming *et al.* Influence of degree of deacetylation on critical concentration of chitosan/dichloroacetic acid liquid-crystalline solution. **Journal of Applied Polymer Science**, v. 83, n. 6, p. 1204–1208, 2002.
- FAO. **The State of Food Security and Nutrition in the World 2024**. Rome, Italy; Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2024.
- JURIĆ, Slaven *et al.* Chitosan-based layer-by-layer edible coatings application for the preservation of mandarin fruit bioactive compounds and organic acids. **Food Chemistry: X**, p. 100575, jan. 2023.

TOLAIMATE, A. *et al.* On the influence of deacetylation process on the physicochemical characteristics of chitosan from squid chitin. **Polymer**, v. 41, n. 7, p. 2463–2469, 2000.

AUTORES

Rafael de Oliveira Pedro: Docente da Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG) Unidade Ituiutaba. Bacharel em Química Ambiental e Mestre em Química pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - IBILCE/UNESP, Doutor em Ciências (Físico-Química) pelo Instituto de Química de São Carlos (IQSC/USP). E-mail: rafael.pedro@uemg.br

Hellen Franciane Gonçalves Barbosa: Docente da Universidade do Estado de Minas Gerais (UEMG) Unidade Ituiutaba. Bacharel em Química Ambiental e Mestre em Química pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - IBILCE/UNESP, Doutora em Ciências (Química Analítica) pelo Instituto de Química de São Carlos (IQSC/USP). E-mail: hellen.barbosa@uemg.br