



Filmes comestíveis bioativos baseados em quitosana e curcumina para preservação de alimentos

Henrique S. Silva (G)^{1*}, Hellen F. G. Barbosa (PQ)¹, Rafael de O. Pedro (PQ)¹

¹ Universidade do Estado de Minas Gerais – UEMG, Departamento de Ciências Exatas e da Terra – DCET, Ituiutaba, MG, Brasil, 38302-192. E-mail: henrique.1599338@discente.uemg.br

RESUMO

Filmes comestíveis podem ser utilizados como barreiras protetoras aplicadas a alimentos com objetivo de preservá-los. A quitosana pode ser usada na produção desses filmes por ser biodegradável, biocompatível e antimicrobiana. Este estudo desenvolveu filmes de quitosana e curcumina, submetidos à inativação fotodinâmica (IFD), que utiliza luz visível para gerar espécies reativas de oxigênio e eliminar microrganismos. A quitosana foi caracterizada por titulação potenciométrica, RMN e FTIR. Os filmes foram produzidos por casting e irradiados com LED azul (460 nm, 15 min, 5,40 J·cm⁻²). Foram avaliadas espessura, homogeneidade, ausência de bolhas e fraturas, manuseabilidade, umidade e degradação em água e também no solo. Os resultados demonstraram que a aplicação dos filmes de quitosana-curcumina, quando irradiados, reduziu a perda de massa em morangos, em comparação com os controles. Adicionalmente, foi observada uma interação significativa ($p = 0,036$) entre o tratamento e a irradiação nos teores de sólidos solúveis totais (°Brix).

Palavras-chave: quitosana, curcumina, biofilmes.

Introdução

Filmes comestíveis são finas camadas formadas por materiais seguros ao consumo humano, aplicadas à superfície de alimentos com o objetivo de atuar como barreira protetora contra microrganismos, processos oxidativos e trocas gasosas (1). Dentre os diversos compostos utilizados na fabricação desses filmes, o biopolímero quitosana possui notáveis propriedades, como bioatividade, biocompatibilidade, biodegradabilidade e ação antimicrobiana. Esse polímero natural, obtido principalmente a partir do exoesqueleto de crustáceos, é considerado um dos principais candidatos na formulação de revestimentos comestíveis funcionais.

As características intrínsecas da quitosana podem ser potencializadas pela técnica de inativação fotodinâmica (IFD), que associa luz visível a fotossensibilizadores (FS) para produzir espécies reativas de oxigênio (ERO) (2). Essas espécies provocam danos irreversíveis a biomoléculas essenciais como proteínas, lipídeos e ácidos nucleicos levando à eliminação de microrganismos. Entre os fotossensibilizadores mais promissores na IFD, destaca-se a curcumina, presente no açafrão, amplamente reconhecida por sua eficácia antimicrobiana.

O objetivo deste estudo foi desenvolver e otimizar filmes comestíveis à base de quitosana e curcumina, submetidos à IFD para aumentar sua capacidade de proteção de frutas.

Experimental

Caracterização da quitosana

A quitosana utilizada foi caracterizada por meio de titulação potenciométrica, Ressonância Magnética Nuclear (RMN) e Espectroscopia no Infravermelho com Transformada de Fourier (FTIR), a fim de confirmar sua estrutura e propriedades químicas.

Obtenção e caracterização dos filmes

Para fabricação dos filmes de quitosana foi necessário dissolver o polímero (1 g.L⁻¹) em solução de ácido acético 1%. A solução foi transferida para placas de Petri e seca em estufa até a completa evaporação do solvente. Os filmes formados foram removidos para caracterização físico-química. Em seguida, os filmes foram submetidos à fotoativação com luz LED azul (460 nm) por 15 minutos, sob irradiância de 4,90 mW·cm⁻², totalizando uma dose energética de 5,40 J·cm⁻².

Os filmes foram avaliados subjetivamente quanto a ausência de rupturas/fraturas, homogeneidade, ausência de bolhas e facilidade de manuseio. Cada parâmetro foi classificado de acordo com uma escala qualitativa: ótimo, regular ou satisfatório. Adicionalmente, os filmes foram analisados quanto à espessura, degradação em solo e permeabilidade ao vapor de água, com o objetivo de determinar suas propriedades físicas e ambientais.

Aplicação dos filmes nas frutas

Morangos selecionados foram desinfetados em solução de hipoclorito de sódio a 2,5 %. Posteriormente, as frutas foram imersas nas soluções filmogênicas por um período de 2 minutos. Após a retirada do excesso de solução, as amostras foram divididas em dois grupos (sem e com irradiação $\lambda = 460$ nm por 15 minutos), sendo posteriormente incubadas em temperatura controlada (25°C). A variação da massa das frutas foi monitorada ao longo de sete dias. Ao término do período experimental, o teor de sólidos solúveis totais (°Brix) foi determinado e os dados obtidos foram submetidos à análise estatística por ANOVA two-way ($p < 0,05$).



Resultados e Discussão

Caracterização da quitosana e dos filmes

O grau de desacetilação da quitosana foi determinado por titulação potenciométrica e RMN, sendo o resultado obtido de 95,3 e 98,5%, respectivamente, adequado para formação de filmes.

Foram obtidos 5 filmes com diferentes composições: QTS (apenas quitosana), Q.Cur2,5 μ M, Q.Cur5 μ M, Q.Cur10 μ M e Q.Cur20 μ M, contendo quitosana com 2,5, 5, 10 e 20 μ M de curcumina, respectivamente. As propriedades físico-químicas dos filmes foram determinadas por meio da espessura, degradação em solo, permeabilidade ao vapor de água, difração de raios-x e espectroscopia no infravermelho. A partir dos dados de caracterização, a amostra Q.Cur20 μ M foi utilizada em testes com amostras de morango para verificação da sua capacidade protetora.

Determinação da perda de massa das frutas

As amostras de morangos foram divididas em dois grupos experimentais: sem irradiação e com irradiação ($\lambda = 460$ nm, 15 min). Em cada grupo, foram aplicados três tratamentos distintos: controle, QTS e Q.Cur20 μ M. Conforme apresentado na Figura 1, os frutos dos grupos controle (com e sem irradiação) exibiram a maior perda de massa ao final do período de armazenamento. Em contrapartida, os morangos tratados com o filme Q.Cur20 μ M apresentaram uma redução significativa no valor da massa, indicando maior eficiência desse revestimento na preservação da qualidade pós-colheita. As frutas recobertas com o filme Q.Cur20 μ M irradiado foram as que menos perderam massa, indicando a eficácia do tratamento.

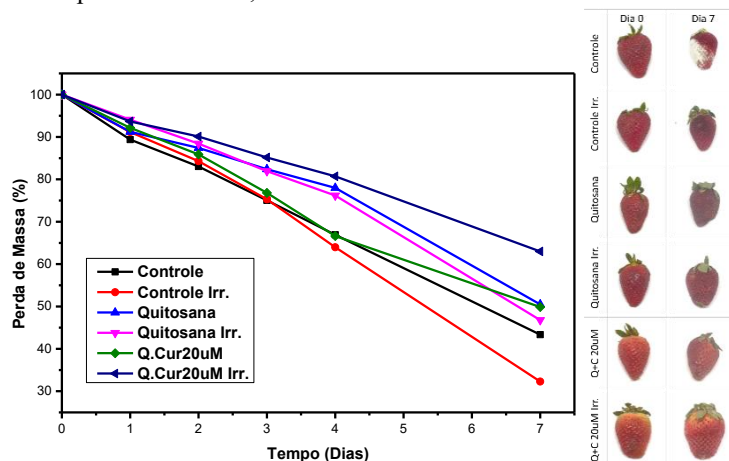


Figura 1. Dados da perda de massa de morangos tratados com filmes de quitosana e curcumina.

Além disso, observa-se na Figura 1 que os morangos do grupo controle apresentaram crescimento fúngico ao final do período de armazenamento (7 dias). Em contraste, os morangos tratados com os filmes comestíveis mantiveram melhor aparência visual, indicando maior preservação da integridade do fruto.

Os valores médios de sólidos solúveis totais ($^{\circ}$ Brix) estão apresentados na Tabela 1. Pode ser observado que no grupo controle a irradiação promoveu aumento de 17,1% no $^{\circ}$ Brix, provavelmente em função da concentração de açúcares ou outros sólidos decorrente da perda de água, embora sem significância estatística ($p = 0,665$).

Esse resultado está em consonância com os dados de perda de massa da Figura 1, uma vez que a amostra Controle irr. foi a que mais perdeu massa ao longo do período de incubação.

Tabela 1: Médias de $^{\circ}$ Brix por condição experimental.

Tratamento	Sem Irradiação	Com Irradiação	$\Delta(\%)$	Estatística
Controle	5,74 $\pm$ 2,60	6,72 $\pm$ 3,82	+17,1%	$p = 0,665$
QTS	3,22 $\pm$ 3,82	7,42 $\pm$ 2,26	+130,4%	$p = 0,073$
Q.Cur20 μ M	5,18 $\pm$ 2,06	2,64 $\pm$ 1,47	-49,0%	$p = 0,267$
TxI	-	-	-	$p = 0,036^*$

*Interação tratamento $\times$ irradiação significativa (ANOVA two-way)

Para o tratamento com quitosana (QTS), a irradiação resultou em incremento expressivo de 130,4% no $^{\circ}$ Brix, com tendência à significância ($p = 0,073$), sugerindo um possível estímulo metabólico associado à luz azul, que pode acelerar processos fisiológicos do fruto, como a respiração e o amadurecimento, favorecendo a conversão de reservas em açúcares. Esse dado sugere que quitosana sozinha pode até agravar a degradação do morango, acelerando o metabolismo ou desidratação.

Em contraste, os frutos tratados com Q.Cur20 μ M apresentaram redução de 49,0% no $^{\circ}$ Brix sob irradiação ($p = 0,267$), indicando efeito fotoprotetor da curcumina contra o estresse induzido pela luz. Apesar da ausência de diferenças significativas nos efeitos principais, a interação tratamento $\times$ irradiação foi significativa ($p = 0,036$), evidenciando que a resposta em $^{\circ}$ Brix depende da combinação entre ambos os fatores.

Conclusões

A quitosana utilizada apresentou alto grau de desacetilação e propriedades adequadas para produção de filmes com curcumina. Nos testes com morangos, o filme contendo curcumina (Q.Cur20 μ M) irradiado se destacou por promover significativa redução da perda de massa e menor desenvolvimento fúngico ao longo do armazenamento, mantendo melhor aparência visual dos frutos. O tratamento com Q.Cur20 μ M reduziu em 49% os teores de $^{\circ}$ Brix pós-irradiação, contrastando com o aumento de 130% no grupo QTS, o que pode ser interpretado como um indicativo de maior degradação metabólica e intensificação da perda de água, tornando este tratamento menos eficiente que o controle. A curcumina demonstrou efeito protetor contra a degradação metabólica induzida pela luz azul. Esses resultados indicam que a combinação de quitosana, curcumina e inativação fotodinâmica constitui uma estratégia promissora e eficaz para prolongar a vida útil e a qualidade de frutas frescas.

Agradecimentos

FAPEMIG (APQ-03402-22, BIP-00196-24 e APQ-04952-24).

Referências

- ZAMBRANO-ZARAGOZA, M. L. et al. *Int. J. Mol. Sci.* **2018**, v. 19, p. 705-712.
- POLAT, E.; KANG, K. *Biomedicines*, **2021**, v. 9, p. 584-604.