

Petrolina, PE / Maio, 2024

OBJETIVOS DE  
DESENVOLVIMENTO  
SUSTENTÁVEL

## Revestimento fotoprotetor para manga à base de galactomanana e extrato polifenólico de casca de uva nanoencapsulado

Douglas de Britto

Pesquisador, Embrapa Semiárido, Petrolina, PE.

**Resumo** – Dentre vários fatores, como incidência de pragas e doenças, danos mecânicos no transporte entre outros, a mangicultura também sofre perdas na comercialização devido ao descarte de frutos por queimadura solar. Revestimentos atenuadores à base de caulinita, mais utilizados por produtores do Submédio do Vale do São Francisco, apresentam dificuldade de remoção no processamento pós-colheita, podendo deixar manchas nos frutos. Como alternativa, neste estudo foram avaliados revestimentos baseados em galactomanana (GLM) e extratos polifenólicos da casca da uva (EXTUV) na proteção dos frutos de manga. Foram preparadas formulações de revestimentos com GLM extraída de algaroba e EXTUV extraído de resíduo vinícola e estabilizados por nanoencapsulamento. A eficiência de fotoproteção foi avaliada a partir da incidência de radiação incandescente e aferida por termometria e termografia. Em amostras de manga revestidas com formulações contendo 5 e 10 mg mL<sup>-1</sup> de EXTUV, a diferença foi significativa em comparação com o controle negativo (não revestido), mas não foi observada diferença significativa em comparação com o controle positivo (revestido com caulinita). Em geral, os revestimentos baseados em GLM e EXTUV, para todas as concentrações estudadas, permitiram a redução da temperatura em cerca de 2 a 3 °C após 4 horas de exposição, concluindo-se que os revestimentos propostos têm potencialidade para prevenir queimadura solar em mangas.

**Termos para indexação:** filmes comestíveis, algaroba, queimadura solar, quitosana.

## Photoprotective coating for mango based on galactomannan and nanoencapsulated grape skin polyphenolic extract issue

**Abstract** – Among several difficulties, such as the incidence of pests and diseases, mechanical damage during transport, and others, mango farming also suffers from loss of commercialization due to the disposal of fruits with sunburn. Attenuating coatings with kaolin are difficult to remove in post-harvest processing. As an alternative, this study proposed to employ coatings based on galactomannan (GLM) and polyphenolic grape skin extracts (EXTUV). Coating formulations were prepared with GLM extracted

### Embrapa Semiárido

Rodovia BR-428, Km 152, Zona

Rural – Caixa Postal 23  
56302-970 - Petrolina, PE  
<https://www.embrapa.br/semiárido>  
[www.embrapa.br/fale-conosco/sac](http://www.embrapa.br/fale-conosco/sac)

Comitê Local de Publicações

Presidente

Anderson Ramos de Oliveira

Secretária-executiva

Juliana Martins Ribeiro

Membros

Bárbara França Dantas, Diógenes

da Cruz Batista, Douglas de Britto,

Flávio de França Souza, Geraldo

Milanez de Resende, Gislene

Feitosa Brito

Gama, Magnus Dal Igna Deon,

Patrícia Coelho de Souza Leão,

Pedro Martins

Ribeiro Júnior, Raquel Mota

Carneiro Figueiredo, Sidinei

Anunciação Silva

Edição executiva

Sidinei Anunciação Silva

Revisão de texto

Sidinei Anunciação Silva

Normalização bibliográfica

Sidinei Anunciação Silva (CRB-  
4/1721)

Projeto gráfico

Leandro Sousa Fazio

Diagramação

Sidinei Anunciação Silva

Publicação digital: PDF

Todos os direitos  
reservados à Embrapa.

from mesquite tree and EXTUV extracted from wine residue and stabilized by nanoencapsulation. The efficiency of photoprotection was evaluated based on the incidence of incandescent radiation and measured by thermometry and thermography. For mango samples coated with formulations at 5 and 10 mg mL<sup>-1</sup> of EXTUV, the difference was significant compared to the negative control (uncoated) but not showing significant difference compared to the positive control (coated with kaolinite). In general, coatings based on GLM and EXTUV, for all studied concentrations, allowed a temperature reduction of about 2 to 3 °C after 4 hours of exposure. In conclusion, the proposed coatings have application potential to prevent sunburn in mangos.

**Index terms:** edible films, mesquite, sunburn, chitosan.

## Introdução

O efeito da queimadura solar é responsável por perdas econômicas consideráveis para a fruticultura em regiões produtoras, principalmente na região tropical, quando a temperatura do ar fica acima de 27 °C, permitindo que a temperatura da superfície dos frutos atinja até cerca de 40 °C (Aldebenito-Sanhueza et al., 2016). Essas condições induzem a alterações fisiológicas e variação composicional do pigmento da casca do fruto (Tartachnyk et al., 2012). Além disso, frutos com sintomas de queimadura solar ficam predispostos a desenvolver degradação pós-colheita, principalmente devido ao ataque de fungos (Lal; Sahu, 2017).

Estudos têm sido conduzidos com algumas culturas de importância econômica, como maçã (Racsko; Schrader, 2012; Aldebenito-Sanhueza et al., 2016), abacaxi (Lopes et al., 2014), romã (Sharma et al., 2018) e pera (Colavita et al., 2011) para minimizar as perdas devido à queimadura solar. Para mangas, apesar de sua importância econômica, poucos trabalhos têm tratado desse assunto. Silimela e Korsten (2005) propuseram sombrear as mangas com algum tipo de tecido especial. No entanto, este procedimento não é adequado para grandes produções. Mais recentemente, foram comparados os revestimentos de caulim e um fotoprotetor comercial baseado em silicato de alumínio em um estudo de campo com mangueiras (*Mangifera indica* L.) da cultivar Keitt (Baiea et al., 2018). Em geral, a prevenção de queimaduras solares é baseada em técnicas de atenuação da radiação solar como o uso de telas de sombreamento, ensacamento de frutas e revestimento à base de material particulado,

por exemplo, caulim (Racsko; Schrader, 2012). Este último, embora eficiente (Glenn; Puterka, 2005), apresenta como grande desvantagem a dificuldade de removê-lo completamente nos tratamentos pós-colheita. Além disso, o resíduo de aspecto branco traz uma aparência negativa ao consumidor final por se assemelhar a resíduos agrotóxicos.

Como alternativa para solucionar este problema, pode-se empregar formulações à base de polissacarídeos filmogênicos contendo substâncias com propriedades reflexivas ou que absorvam a radiação solar. Em estudo prévio, foi verificado que filmes compósitos de galactomanana (GLM) e bentonita reduziram a temperatura da superfície da manga em cerca de 2 °C, em experimentos em condições controladas de bancada sob a incidência de luz incandescente (Araújo; Britto, 2021).

As GLMs são polissacarídeos presentes no endosperma de sementes de plantas como as leguminosas, a exemplo da *Cyamopsis tetragonolobus* (goma guar), *Ceratonia siliqua* (goma alfarroba ou locusta), *Caesalpinia spinosa* e *Caesalpinia tinctoria* (goma tara). No Nordeste brasileiro, a algarobeira (*Prosopis juliflora* (SW) DC) tem sido usada para diversos fins, como o forrageiro, por exemplo, mas também apresenta potencial quanto à extração de GLM (Britto et al., 2021). Paralelamente, tem sido reportado na literatura o efeito fotoprotetor do extrato de casca de uva (Song et al., 2020), principalmente em relação à radiação ultravioleta. O efeito antioxidante desses extratos polifenólicos tem sido explorado principalmente no setor alimentício e cosmético (Andrade et al., 2021).

Este trabalho foi realizado com o objetivo de avaliar a efetividade de formulações fotoprotetoras baseadas nos ingredientes ativos galactomanana e extrato de casca de uva nanoencapsulado a fim de reduzir a temperatura superficial de mangas em condições controladas de bancada. Isso permitirá o melhor manuseio da fruta nos *packing houses* e economia de água no tratamento pós-colheita, contribuindo para o avanço econômico da mangicultura.

O uso dessas formulações poderá contribuir para o atendimento da meta 2.4 do objetivo de desenvolvimento sustentável (ODS) 2, da Organização das Nações Unidas (ONU), que preconiza a estruturação de sistemas sustentáveis para a produção de alimentos (Nações Unidas, 2023).

## Material e métodos

A quitosana, o tripolifosfato polianiónico (TPP), o ácido acético e o álcool etílico absoluto foram ram aumento de temperatura em relação à temperatura

obtidos comercialmente. O resíduo agroindustrial foi cedido por uma empresa localizada no município de Petrolina, PE.

As vagens de algaroba foram colhidas no campo experimental da Embrapa Semiárido, secas em estufa a 60 °C por 24 horas e processadas em moinho de bolas (Britto et al., 2021). As mangas da variedade Tommy Atkins foram colhidas na estação experimental da Embrapa Semiárido em maturidade fisiológica caracterizada por um verde-claro, estágio de maturação 2, de acordo com o National Mango Board (2010).

A obtenção do extrato de polifenóis da casca de uva (EXTUV) aconteceu por meio do processo de maceração com etanol-água (1:1 v/v). Para isso, colocou-se 2 g do bagaço da uva em 32 tubos de teflon e adicionou-se 10 mL de etanol-água (1:1 v/v) em cada tubo. Em seguida, os tubos foram acondicionados a ~10 °C (geladeira) por 1 semana. Após isso, o EXTUV foi obtido por extração assistida por micro-ondas para síntese e preparo de amostras, nas seguintes condições: razão de aquecimento de 10 minutos até 80 °C e tempo fixo de 1 hora. Em seguida, o EXTUV foi concentrado em rotaevaporador sob abrigo de luz e seco por liofilização.

As sementes isoladas foram moídas em moinho de facas tipo Willey. Em seguida, a galactomanana (GLM) foi extraída com água destilada a 50 °C (Britto et al., 2021). Após a precipitação com álcool etílico, a GLM foi seca por liofilização.

A síntese das nanopartículas (NPs) foi realizada conforme metodologia descrita anteriormente, via gelificação iônica entre a quitosana e o entrecruzante aniônico TPP (Britto et al., 2012). Para isso, foi preparada uma solução de TPP (160 mg em 100 mL) em ácido acético 0,5% (v/v). Em seguida, a solução de TPP foi gotejada lentamente sobre uma solução de quitosana (300 mg em 100 mL), também em ácido acético a 0,5% (v/v), sob agitação magnética.

As NPs foram separadas por centrifugação (20.000 rpm). Depois disso, o sobrenadante foi descartado e as NPs ressuspensas em 5 mL de uma solução etanol-água (1:1 v/v) em banho de ultrassom por 30 minutos. Logo após, 5 mL de uma solução de EXTUV em etanol-água (1:1 v/v) foram adicionados à suspensão de NP, deixando o sistema em interação em banho de ultrassom por mais 30 minutos. A fim de avaliar a influência da concentração do EXTUV no efeito fotoprotetor, foram preparadas diferentes concentrações de EXTUV a partir da adição de 100, 200 e 400 mg de EXTUV. Assim, as concentrações finais de NP-EXTUV, para 10 mL de suspensão foram, respectivamente, 10, 20 e 40 mg mL<sup>-1</sup>. A concentração final de NP foi de

46 mg mL<sup>-1</sup>, considerando-se a massa inicial de quitosana e TPP.

As formulações de nanocompósito (NC) fotoprotetor foram obtidas ajustando-se o volume da suspensão NP-EXTUV, obtida anteriormente, para 40 mL com água destilada e adicionando-se 300 mg de GLM como agente filmogênico. Com isso, a concentração final de GLM ficou em 7,5 mg mL<sup>-1</sup> e as concentrações finais de EXTUV reduziram para 2,5, 5 e 10 mg mL<sup>-1</sup>. Assim, essas formulações foram denominadas NC-EXTUV2,5; NC-EXTUV5 e NC-EXTUV10, respectivamente. A concentração de NP ficou em torno de 12 mg mL<sup>-1</sup> e as suspensões foram homogêneas sob adição magnética para, em seguida, ser aplicada sobre os frutos.

A partir da análise dos resultados do experimento com essas formulações, foi preparado um segundo estudo com duas formulações contendo o dobro da quantidade de NP em relação ao estudo anterior, isto é, 23 mg mL<sup>-1</sup> de NP, mantendo-se a mesma concentração de GLM (7,5 mg mL<sup>-1</sup>). As concentrações finais do EXTUV foram de 5 e 10 mg mL<sup>-1</sup>. Estas formulações foram denominadas NC-EXTUV2x5 e NC-EXTUV2x10, respectivamente.

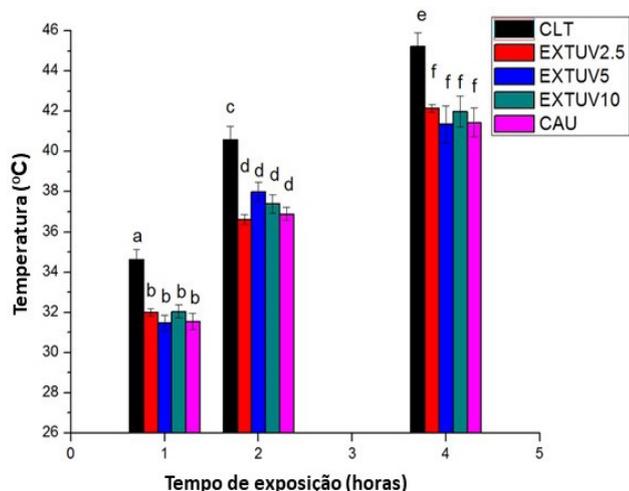
O revestimento foi aplicado com um pincel de aproximadamente 4 cm de largura sobre a superfície da manga. Para efeito de comparação, foram estabelecidos dois controles: um negativo, composto por amostras sem revestimento (CTL) e outro positivo, composto de uma suspensão de caulinita (CAU) concentrada em água, semelhante à empregada no campo para proteção de manga. O delineamento experimental utilizado nos dois estudos foi inteiramente casualizado em um planejamento fatorial (revestimento x tempo de exposição), com três repetições, cada uma composta por quatro frutos. Os tempos de exposição foram 1, 2 e 4 horas. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA), verificando-se a significância pelo teste F. As médias foram comparadas por teste de Tukey a 5% de probabilidade (Origin 9.0).

Para avaliar a eficiência de fotoproteção foi empregado o sistema descrito anteriormente, composto de uma lâmpada incandescente de 100 W posicionada a 7,0 cm dos frutos (Araújo; Britto, 2021). A temperatura da superfície dos frutos foi aferida com um termômetro a laser infravermelho portátil. Foram obtidas, também, fotos no infravermelho das frutas, tiradas com auxílio de uma câmera termográfica.

## Resultados e discussão

Após 1 hora, sob incidência da radiação da fonte incandescente, as amostras de manga apresenta-

ram aumento de temperatura em relação à temperatura ambiente (Figura 1). Em geral, o aumento de temperatura foi significativo para o controle (CTL), enquanto, nas amostras revestidas com o filme nanocompósito contendo extrato da casca de uva (NC-EXTUV) e o controle positivo com caulinita (CAU), não foi observada diferença significativa. Esse comportamento fica claro na comparação das médias calculadas pelo teste de Tukey com nível de significância de 0,05 nos três tempos de exposição analisados, 1, 2 e 4 horas.

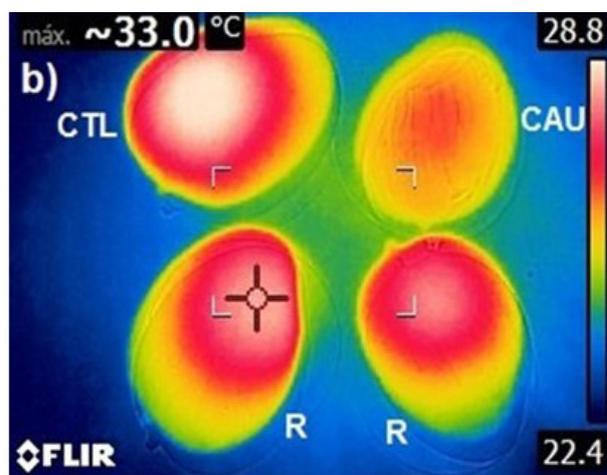


**Figura 1.** Variação da temperatura média (°C) da superfície da manga em função do tempo de exposição à radiação incandescente para formulações contendo 2,5, 5 e 10 mg mL<sup>-1</sup> de extrato de polifenóis da casca de uva nanoencapsulados em comparação com o controle negativo não revestido (CTL) e controle positivo, revestido com caulinita (CAU). As barras de erros são referentes ao erro-padrão da média. Médias com a mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ).

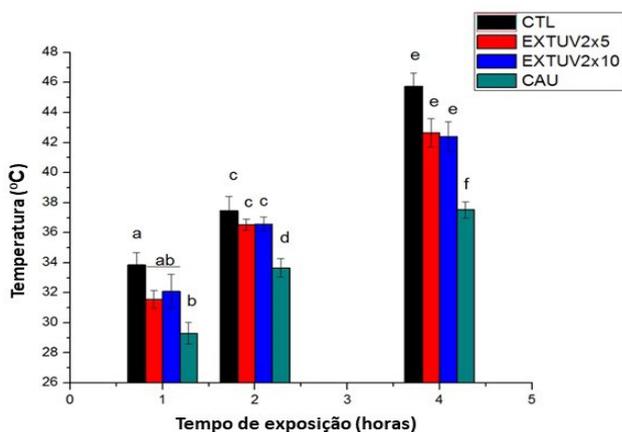
Foi observado que a temperatura da superfície da casca da manga protegida com o filme nanocompósito ficou similar à temperatura da casca da manga protegida com caulinita. Entretanto, as diferentes concentrações de extrato de uva empregadas nesse estudo não apresentaram diferença quanto à variação da temperatura da superfície da manga. Em geral, os revestimentos NC-EXTUV, para todas as concentrações estudadas, permitiram a redução da temperatura em cerca de 2 °C após 2 horas de exposição e de 3 °C após 4 horas de exposição à radiação incidente. A análise termográfica confirma o caráter fotoprotetor do revestimento à base extrato de uva (Figura 2). Isso evidencia a potencialidade dos revestimentos estudados na fotoproteção da casca da manga (Araújo; Britto, 2021).

A adição de NP em quantidade dobrada não influenciou na redução da temperatura da superfície da manga (Figura 3). A variação da temperatura apresentou um comportamento semelhante ao

observado no estudo 1, com os revestimentos compostos apresentando valores intermediários aos controles positivo (CAU) e negativo (CTL). No entanto, na comparação das médias calculadas pelo teste de Tukey com nível de significância de 0,05, não houve diferença significativa entre as formulações propostas e o controle negativo. Neste caso, somente o controle positivo (CAU) apresentou efeito significativo. Por formar um filme fino, algumas formulações podem não ser efetivas quanto ao bloqueio da radiação devido à formação de aglomerados, conforme observado anteriormente (Araújo; Britto, 2021).



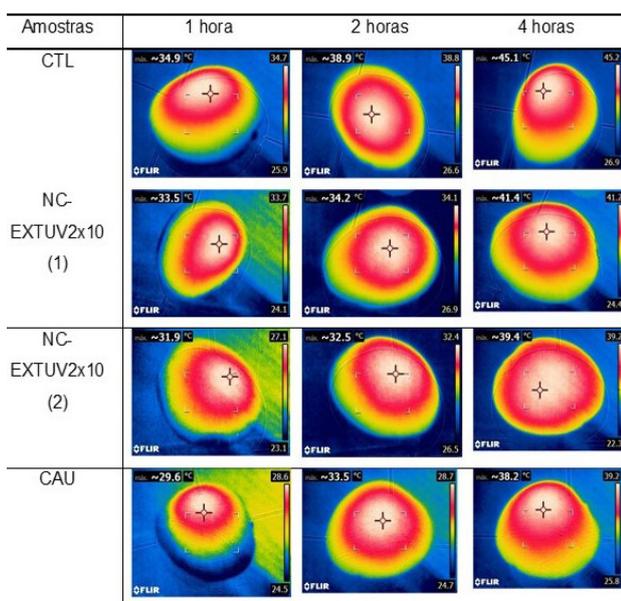
**Figura 2.** Aspecto termográfico típico para amostras de manga revestida 'R' com NC-EXTUV5 após 2 horas de exposição em comparação com o controle negativo não revestido (CTL) e o controle positivo com caulinita (CAU).



**Figura 3.** Variação da temperatura média (°C) da superfície da manga em função do tempo de exposição à radiação incandescente para formulações contendo quantidade dobrada de NP (23 mg mL<sup>-1</sup>) para as concentrações de 5 e 10 mg mL<sup>-1</sup> de extrato de polifenóis da casca de uva em comparação com o controle negativo não revestido (CTL) e controle positivo revestido com caulinita (CAU). As barras de erros são referentes ao erro-padrão da média. Médias com a mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $p < 0.05$ ).

O estudo termográfico confirmou a variação de temperatura discutida anteriormente (Figura 4). Na sequência de imagens, observa-se que houve aumento gradativo da temperatura da superfície da manga como consequência do tempo de exposição dos frutos à radiação incandescente.

Como observado, o efeito de fotoproteção da formulação pode variar de acordo com a homogeneidade do filme NC sobre a superfície da manga, sendo necessários ajustes para sua otimização. No entanto, o sistema proposto é útil na avaliação prévia de possíveis formulações fotoprotetoras, principalmente quanto à redução de temperatura superficial e à capacidade de formar filme sobre a casca do fruto. Outros experimentos em campo precisam ser realizados para quantificar parâmetros como intensidade luminosa, presença de outros comprimentos de ondas como ultravioleta, influência fisiológica do fruto entre outros.



**Figura 4.** Variação termográfica típica da superfície da manga em função do tempo de exposição à radiação incandescente para amostra com 10 mg mL<sup>-1</sup> de polifenóis da casca de uva e concentração dobrada de nanopartículas (NC-EXTUV2x10) em comparação com o controle negativo (CTL) e o controle positivo (CAU).

### Conclusões

1) As formulações avaliadas à base de galactomanana, como agente filmogênico, e extrato de casca de uva nanoencapsulado, como agente fotoprotetor, apresentaram capacidade fotoprotetora, reduzindo a temperatura superficial da manga de 2 a 3 °C.

2) O melhor efeito protetor nas mangas foi observado para a formulação com concentração final de extrato de 5 e de 11,5 mg mL<sup>-1</sup> de nanopartículas (NC-EXTUV5). A concentração dobrada de

nanopartículas adicionada à matriz de galactomanana não resultou em aumento na fotoproteção dos frutos.

### Referências

ALDEBENITO-SANHUEZA, R. M.; CANTILLANO, R. F. F.; BARTNICKI, V. A. SPOLTI, P. Protetor solar diminui a incidência das podridões 'olho-de-boi' e 'branca' em maçãs 'fuji standard' e 'pink lady'. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 38, n. 1, p. 92-98, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-2945-263/14>.

ANDRADE, R. B.; MACHADO, B. A. S.; BARRETO, G. A.; NASCIMENTO, R. Q.; CORRÊA, L. C.; LEAL, I. L.; TAVARES, P. P. L. G.; FERREIRA, E.S.; UMSZA-GUEZ, M. A. Syrah grape skin residues has potential as source of antioxidant and anti-microbial bioactive compounds. *Biology*, v. 2021, n. 10, p. 1262. DOI: <https://doi.org/10.3390/biology10121262>

ARAÚJO, A. L. F.; BRITTO, D. Rapid protocol to evaluate the photoprotective effect of film-forming formulations on mangoes. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 43, n. 2, 2021. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/0100-29452021118>.

BAIEA, M. H. M.; EL-GIOUSHY, S. F.; EL-BADAWY, H. E. M. Efficacy of kaolin and Screen Duo spraying on fruit sunburn, yield and fruit quality of Keitt mango fruits. *Journal of Plant Production*, v. 9, n. 12, p. 1013-1020, 2018. Disponível em: [https://jpp.journals.ekb.eg/article\\_36619\\_02d895d9128403ae521d1c6abb8a3cd5.pdf](https://jpp.journals.ekb.eg/article_36619_02d895d9128403ae521d1c6abb8a3cd5.pdf). Acesso em: 14 fev. 2024.

BRITTO, D. de; ANJOS, J. B. dos; BRITO, E. S. de. **Separação de sementes de Prosopis juliflora (SW) DC empregando moinho de bolas para a extração de galactomanana com propriedades filmogênicas.** Petrolina: Embrapa Semiárido, 2021. 22 p. (Embrapa Semiárido. Documentos, 304). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/229871/1/Separacao-de-sementes-de-Prosopis-juliflora-2021.pdf>. Acesso em: 5 mar. 2024.

BRITTO, D. de; MOURA, M. R. de; AOUADA, F. A.; MATTOSO, L. H. C.; ASSIS, O. B. G. N,N,N-trimethyl chitosan nanoparticles as a vitamin carrier system. *Food Hydrocolloids*, v. 27, p. 487-493, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2011.09.002>.

COLAVITA, G. M.; BLACKHALL, V.; VALDEZ, S. Effect of kaolin particle films on the temperature and solar injury of pear fruits. *Acta Horticulturae*, v. 909, p. 609-615, 2011. DOI: [10.17660/ActaHortic.2011.909.73](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2011.909.73).

GLENN, D. M.; PUTERKA, G. J. Particle films: A new technology for agriculture. In: JANICK, J. (ed.). *Horticultural reviews*. New Jersey: John Wiley Sons, 2005. v. 31, p. 1-44. Disponível em: <https://uodiyala.edu.iq/uploads/PDF%20ELIBRARY%20UODIYALA/EL34/Horticultural%20Reviews%20Volume%2031.pdf>. Acesso em: 17 fev. 2024.

LAL, N.; SAHU, N. Management strategies of sunburn in fruit crops: a review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, v. 6, n. 6, p. 1126-1138, 2017. DOI: <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2017.606.131>.

LOPES, O. P.; MAIA, V. M.; SANTOS, S. R.; MIZOBUTSI, G. P.; PEGORARO, R. F. Proteções contra queima solar de frutos de abacaxizeiro submetido a diferentes lâminas de irrigação. *Revista Brasileira Fruticultura*, v. 36, n. 3, p. 748-754, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1590/0100-2945-273/13>.

NAÇÕES UNIDAS. **Ojetivo de desenvolvimento sustentáveis 2: fome zero e agricultura sustentável.** New York, 2023. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/2>. Acesso em: 12 fev. 2023.

NATIONAL MANGO BOARD. **Mango maturity and ripeness guide**. [Orlando], 2010. Disponível em: [https://www.mango.org/wp-content/uploads/2017/10/Mango\\_Maturity\\_And\\_Ripeness\\_Guide.pdf](https://www.mango.org/wp-content/uploads/2017/10/Mango_Maturity_And_Ripeness_Guide.pdf). Acesso em: 23 nov. 2023.

RACSKO, J.; SCHRADER, L. E. Sunburn of apple fruit: Historical background, recent advances and future perspectives. **Critical Reviews in Plant Sciences**, v. 31, n. 6, p. 37-41, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1080/07352689.2012.696453>.

SHARMA, R. R.; DATTA, S. C.; VARGHESE, E. Effect of Surround WP®, a kaolin-based particle film on sunburn, fruit cracking and postharvest quality of 'Kandhari' pomegranates. **Crop Protection**, v. 114, p. 18-22, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.08.009>.

SILIMELA, M.; KORSTEN, L. Effect of wool-lined plastic caps impregnated with *Bacillus licheniformis* or copper oxychloride and sun-protector to prevent sunburn and control diseases in mango fruit. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v. 80, n. 5, p. 512-516, 2005. DOI: <https://doi.org/10.1080/14620316.2005.11511970>.

SONG, Y.; BONDAD, S. E. C.; TAJIMA, H.; SATO, T.; WAKAMIYA, N.; OHTANI, K.; ITO, K.; OKUNO, T.; KURASAKI, M. Grape skin extract prevents UV irradiation induced DNA damage of normal human epidermal keratinocytes cells. **Journal of Berry Research**, v. 10, n. 4, p. 585-601, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3233/JBR-190519>.

TARTACHNYK, I.; KUCKENBERG, J.; YURI, J. A.; NOGA, G. Identifying fruit characteristics for non-invasive detection of sunburn in apple. **Scientia Horticulturae**, v. 134, p. 108-113, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.11.009>.