REVESTIMENTO COMESTÍVEL PARA TOMATE CEREJA À BASE DE COMPÓSITOS BIODEGRADÁVEIS E ÓLEO ESSENCIAL DE ORÉGANO

Jhennifer Capichoni Zampilli[1], Rafaela Ferreira Goulart[1], Kamila Ferreira Chaves[1], Luciano José Quintão Teixeira[1], Lucas de Souza Soares[2], Adilson Vidal Costa[3], Vagner Tebaldi de Queiroz[3].

[1]Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Agrárias e Engenharias/Departamento de Engenharia de Alimentos, Alto Universitário, s/n, Guararema - 29500-000 - Alegre-ES, Brasil, jhennifer.zampilli@edu.ufes.br, rafaela.goulart@edu.ufes.br, kamila.chaves@ufes.br, luqteixeira@yahoo.com.br.
[2]Universidade Federal de Viçosa, Campus Rio Paranaíba/Instituto de Ciências Agrárias, Rodovia MG 230, km 7, 38810000 - Rio Paranaíba - MG, Brasil. lucas.s.soares@ufv.br
[3]Universidade Federal do Espírito Santo, Centro de Ciências Exatas, Naturais e da Saúde/Departamento Química e Física, Alto Universitário, s/n, Guararema - 29500-000 - Alegre-ES, Brasil. avcosta@hotmail.com, vagner.queiroz@ufes.br.

Resumo
A redução da perda de frutas e hortaliças é um desafio global, ocorrendo devido à alta perecibilidade destes alimentos. Este estudo teve como objetivo desenvolver revestimentos contendo carboximetilcelulose (1,0%), goma de alfarroba (0,5%) e celulose microfibrilada (0,5%), sendo incorporado de óleo essencial de orégano (OEO) a 0, 0,1, 0,5 ou 1,0% (m/m) e, avaliar seus efeitos sobre a vida de prateleira de tomates cereja. O aspecto visual e a perda de peso dos frutos foram analisadas por 15 dias, enquanto pH, teor de sólidos solúveis totais (SST), acidez total titulável (ATT), dureza e cor durante 12 dias. O tratamento com 0,1% (m/m) de OEO apresentou melhor aparência e menor perda de peso (23,41 ± 10,33%), mostrando valores estáveis de pH, aumento do SST e redução da dureza. Concentrações de 0,5 e 1,0% (m/m) de OEO formam uma película esbranquiçada indesejada na superfície dos frutos. O revestimento com 0,1% (m/m) de OEO mostrou maior potencial, embora concentrações inferiores devam ser investigadas. O estudo contribui para tecnologias de preservação e maior durabilidade de alimentos.
Palavras-chave: solução filmogênica. celulose microfibrilada. nanotecnologia.

Área do Conhecimento: Ciências Exatas e da Terra - Química.

Introdução

O cultivo do tomate (*Solanum lycopersicum*) é uma das principais atividades agrícolas mundiais (Gutierrez, 2018). Por ser um fruto climatérico, apresenta alta suscetibilidade à deterioração pós-colheita, em função da fragilidade tecidual e da continuidade de processos metabólicos, como o aumento da respiração e mudanças físico-químicas associadas à maturação (Damasceno *et al*., 2003). Uma alternativa para estender a vida útil do tomate é o uso de revestimentos comestíveis, que são camadas poliméricas aplicadas sobre os frutos, atuando como barreiras contra a perda de umidade e a absorção de oxigênio, atuando na manutenção da qualidade (Gidado *et al.,* 2024).

Entre os materiais usados para a produção desses filmes, citam-se a goma de alfarroba (LGB), um polissacarídeo com propriedades espessantes e estabilizantes (Barak; Mudgil, 2014), e a carboximetilcelulose (CMC), derivado aniônico da celulose, com reconhecida capacidade de barreira ao oxigênio (Saxena *et al*., 2020). Ademais, a incorporação de reforço em revestimentos usados em frutas e hortaliças, como a celulose microfibrilada (CMF), pode conferir características desejáveis, como rigidez e resistência, durante a aplicação do revestimento e ao longo da vida útil dos produtos. Seu uso é justificado pela origem renovável, biodegradabilidade, biocompatibilidade e capacidade de reforço em filmes compostos (Chen *et al*., 2023; Chen *et al*., 2025).

Para potencializar a funcionalidade dos revestimentos, também podem ser adicionados óleos essenciais, compostos naturais com propriedades antioxidantes e antimicrobianas (Tripathi *et al.,*

2021). Entre eles, destaca-se o óleo essencial de orégano (OEO), rico em compostos fenólicos como carvacrol, timol e eugenol, que são fundamentais na atividade antimicrobiana (Memar *et al*., 2017).

Assim, este trabalho teve como objetivo desenvolver revestimentos comestíveis à base de CMC/LBG reforçados com CMF, incorporando diferentes concentrações de OEO, e avaliar seus efeitos sobre a vida útil de tomates cereja.

Metodologia

CMC (Proquimios: Lote 15/0471), LGB; CMF; OEO (Quinari: Lote BJ61049), Tween 80® (Dinâmica Química Contemporânea Ltda: Lote 58767) demais reagentes de grau analítico e tomates cerejas, no maior estágio de maturação, foram adquiridos comercialmente.

A nanoemulsão foi preparada em uma solução aquosa contendo 5% (m/m) de OEO e 5% (m/m) de surfactante (Tween 80®), agitada em vórtex (MA-162, Marconi, Brasil) por 2 min e submetida à incubação em banho de gelo antes da homogeneização ultrassônica (QR 750, Eco Sonics, Brasil), utilizando micro ponta de titânio (4 mm), a 20 kHz e 750 W durante 4 min.

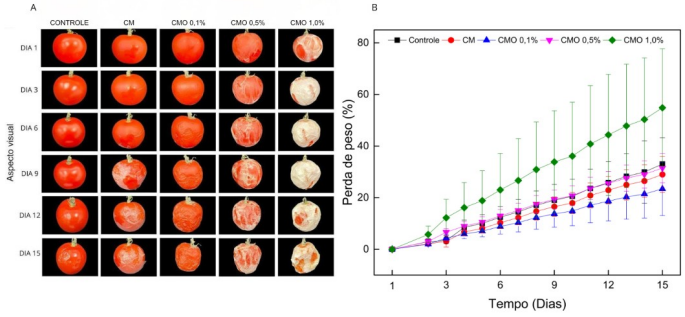
Os revestimentos foram preparados pelas seguintes formulações: CM (CMC a 1,0% + LBG a 0,5% + CMF a 0,5% m/m); CMO 0,1% (CMC a 1,0% + LBG a 0,5% + CMF a 0,5% + OEO a 0,1% m/m); CMO 0,5% (CMC a 1,0% + LBG a 0,5% + CMF a 0,5% + OEO a 0,5% m/m); CMO 1,0% (CMC a 1,0% + LBG a 0,5% + CMF a 0,5% + OEO a 1,0% m/m). Os revestimentos foram preparados utilizando o método *casting*, no qual os componentes das formulações foram dissolvidos em água destilada e agitados a 600 rpm por 90 min, a 65 °C (IKA-Werke GmbH & Co. KG, RW 20 digital, modelo RW 20 D S032, Alemanha) (Li *et al*., 2021). As diferentes concentrações de OEO foram adicionadas e agitadas por mais 10 min, a 35 °C.

Os tomates foram submersos em solução de hipoclorito de sódio (1% v v^{-1}) por 20 min, enxaguados com água destilada e drenados, até a completa remoção da água da superfície . Cinco tomates foram imersos por 2 min em cada revestimento (CM, CMO 0,1%, 0,5% ou CMO 1,0% m/m), drenados para remoção do excesso e mantidos em capela de fluxo laminar (24 ± 1 °C) por 3 horas em condições assépticas para a deposição do revestimento sobre a superfície dos frutos. Para o tratamento controle, tomates foram imersos em água Milli-Q esterilizada, drenados, até a completa remoção da água da superfície (25 ± 2 ºC), durante 24 horas. Posteriormente, os tomates foram armazenados em câmara BOD (EI08F2-AF, Caltech, Brasil), até a realização das análises. O aspecto visual e perda de peso (Balança Analítica Shimadzu, modelo AUY220, Japão) dos tomates foram analisados por 15 dias. O pH (MW150 MAX, Milwaukee, Hungria), sólidos solúveis totais (SST) (Milwaukee Instruments, Inc., MA871 Digital Refractometer, Romania), acidez total titulável (ATT), ratio (calculado com base na relação entre SST e ATT), dureza (Brookfield Engineering Labs, Inc., TexturePro CT V 1.4 Build 17) e cor (CM-5, Konica Minolta Sensing Inc., Japão), dos tomates foram medidos a cada três dias de armazenamento durante 12 dias.

Resultados

O aspecto visual e a perda de peso dos tomates recobertos com CM, CMO (0,1%, 0,5% ou 1,0% m/m) e o controle, durante 15 dias de armazenamento foram apresentados na Figura 1.

Figura 1 - Aspecto visual (A) e perda de peso (B) de tomate contendo os diferentes revestimentos e o controle, durante 15 dias de armazenamento.



Fonte: a autora.

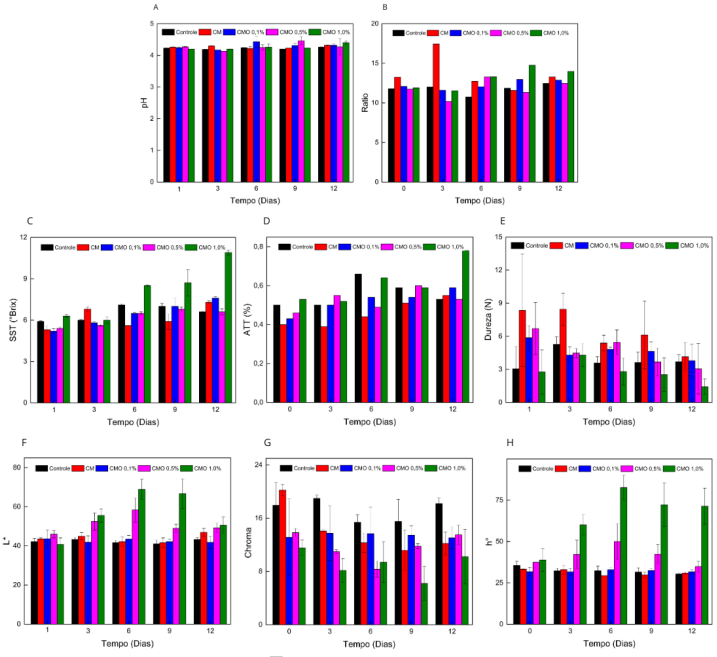
Os tomates revestidos com CM mostraram menor enrugamento até o 6º dia de armazenamento, mas a partir do 9º dia foi observado o desprendimento parcial do revestimento. Nos tratamentos com CMO 0,5% e 1,0% (m/m), formou-se uma película esbranquiçada visível desde o dia 1 (Figura 1A), possivelmente devido à interação do OEO com os componentes da matriz do revestimento. O tratamento com CMO 0,1% (m/m) apresentou menor impacto visual, pois não apresentou a película esbranquiçada observada nas maiores concentrações de OEO. No entanto, a partir do dia 6, houve enrugamento progressivo, indicando a perda gradual de umidade.

Ao longo de 15 dias de armazenamento, todos os tomates apresentaram um aumento da perda de peso, sendo esse mais acentuado nas maiores concentrações OEO (Figura 1B). O tratamento com CMO 1,0% (m/m) teve a maior perda de peso (54,84±22,86%), o que resultou em deterioração mais intensa, perceptível pelo aspecto visual. Por outro lado, o CMO 0,1% (m/m) foi o revestimento que propiciou a menor perda de peso (23,41±10,33%), enquanto o controle apresentou um valor intermediário (33,05±10,20%).

A Figura 2 apresenta os valores de pH (A), ratio (B), SST (C), ATT (D), dureza (E) e parâmetros de cor (F-H) dos tomates controle e revestidos com CM, CMO 0,1%, 0,5% ou 1,0% (m/m) ao longo de 12 dias de armazenamento.

Os valores de pH permaneceram estáveis entre os tratamentos e durante o período avaliado, variando de 4,13±0,00 (CMO 0,5% m/m, dia 3) a 4,46±0,13 (CMO 0,5% m/m, dia 9) (Figura 2A). O ratio teve tendência de aumento ao longo do armazenamento em todas as amostras, o tratamento com CMO 0,1% (m/m) apresentaram maior estabilidade (11,60 no dia 3 a 12,96 no dia 9), enquanto o CM mostrou maior oscilação, variando nos valores de ratio entre os dias de análise, com variação de 11,57 (dia 9) a 17,44 (dia 3) (Figura 2B). Os SST aumentaram nos primeiros dias, mas a partir do dia 6 os tratamentos controle, CM e CMO 0,5% (m/m) apresentaram flutuações, sem tendência clara (Figura 2C). A ATT oscilou sem um padrão definido, com valores entre 0,39% (CM) e 0,78% (CMO 1,0% m/m) (Figura 2D). A dureza dos tomates diminuiu ao longo do armazenamento em todos os tratamentos, com valores variando de 8,46±1,46 N (CM, dia 3) a 1,43±0,71 N (CMO 1,0% m/m, dia 12) (Figura 2E). Quanto aos parâmetros de cor, os tratamentos CMO 0,5% e 1,0% (m/m) apresentaram aumento nos valores de L*, sugerindo uma coloração mais clara dos frutos (Figura 2F). Esses mesmos tratamentos também mostraram elevação nos valores de H*, indicando mudança na tonalidade da cor ao longo do tempo (Figura 2H). Já os valores de C* oscilaram entre os grupos, sem uma tendência clara de saturação da cor (Figura 2G).

Figura 2 - Valores de pH (A), ratio (B), SST (C), ATT (D), dureza (E) e colorimetria (F-H) dos tomates durante os 12 dias de armazenamento.



Fonte: a autora

Discussão

A aparência dos tomates é um dos principais atributos de qualidade, influenciando diretamente sua aceitação comercial (Lufu *et al*., 2019). O uso de revestimentos comestíveis, especialmente aqueles contendo OEO, afetou aspectos visuais e estruturais dos frutos ao longo do armazenamento, com variações dependendo da concentração utilizada. A perda de peso, fator determinante para o murchamento e desvalorização comercial dos frutos, foi menor em tratamentos com concentrações mais baixas de OEO, indicando melhor retenção de umidade (Kumar *et al*., 2021). Essa retenção está diretamente associada à menor desidratação e consequente manutenção da firmeza, essencial para a aceitação *in* natura (Silveira; Zaccari, 2023).

O pH dos frutos manteve-se estável durante o armazenamento, como também observado por Peralta-Ruiz *et al*. (2020) em tomates revestidos com filmes contendo óleo essencial de *Ruta graveolens*. Isso sugere que os revestimentos aplicados, independentemente da formulação, não interferiram significativamente no equilíbrio ácido-base, mesmo diante do metabolismo respiratório típico de frutas climatéricas, que pode utilizar ácidos orgânicos como substratos energéticos. O aumento do ratio ao longo do tempo reflete o amadurecimento natural dos frutos. No entanto, tratamentos com OEO, especialmente em concentrações mais baixas, mostraram maior estabilidade. Segundo Chen *et al*. (2020), compostos fenólicos presentes nos óleos essenciais podem retardar a diminuição da acidez, favorecendo a preservação da qualidade. O comportamento dos SST reforça a influência do estágio de maturação na dinâmica dos açúcares. Conforme destacado por Jahani *et al*. (2023), o aumento de SST está ligado à conversão de polissacarídeos em açúcares solúveis durante o amadurecimento. Variações registradas ao longo do armazenamento podem também estar associadas à perda de água, como apontado por González-Locarno *et al*. (2020). Em relação à ATT, as oscilações observadas não seguiram um padrão definido, o que pode estar ligado à variabilidade natural entre frutos, mesmo após pré-seleção (Félix, 2017). A ATT, que reflete a presença de ácidos como cítrico e ascórbico (González-Locarno *et al*., 2020), é influenciada por múltiplos fatores, incluindo o metabolismo do fruto e as condições de armazenamento. A dureza, apresentou redução progressiva, compatível com a degradação da parede celular e a perda de turgor celular, fenômenos típicos do amadurecimento (Jahani *et al*., 2023). Essa perda estrutural é intensificada pela desidratação, como também foi relatado por Silveira e Zaccari (2023), que relacionaram a perda de peso de goiabas a alterações na estrutura celular e redução do estado hídrico.

No que se refere à coloração, todos os tratamentos evoluíram para o vermelho característico da maturação plena, indicando que as mudanças cromáticas observadas foram, em grande parte, decorrentes do amadurecimento natural (Bao *et al*., 2023). No entanto, os tratamentos com maiores concentrações de OEO (CMO 0,5% e 1,0% m/m) apresentaram aumento nos valores de L* e h*, indicando uma tonalidade mais clara e mudanças perceptíveis na cor dos frutos. Esse efeito foi compatível com a formação de uma película esbranquiçada, como observado visualmente. Resultados semelhantes foram reportados por Gutiérrez-Molina *et al*. (2021), que também atribuíram alterações visuais à evolução natural do amadurecimento, mesmo em frutos tratados com nanoestruturas à base de quitosana. Esses achados indicam que o uso de revestimentos comestíveis contendo OEO pode ser eficaz na conservação pós-colheita de tomates cereja, desde que a concentração seja cuidadosamente ajustada para preservar a qualidade visual e físico-química, sem comprometer a aceitabilidade do produto.

Conclusão

Os revestimentos comestíveis à base de CMF e OEO demonstraram potencial para conservar tomates cereja após a colheita, especialmente na redução da perda de peso. O tratamento com CMO 0,1% (m/m) apresentou o melhor equilíbrio entre perda de peso e preservação do aspecto visual, ainda que tenha havido sinais de enrugamento no fruto ao longo do armazenamento. Já as concentrações de 0,5 e 1,0% (m/m) de OEO comprometeram a aparência dos tomates devido à formação de película esbranquiçada, evidenciando a importância de ajustar as formulações. Apesar do tratamento controle ter apresentado aspecto visual satisfatório, este não foi tão eficiente na contenção da perda de peso. Assim, revestimentos com concentrações inferiores a 0,1% (m/m) de OEO, devem ser explorados em estudos futuros para otimizar a conservação e a aceitação visual dos frutos, estendendo sua vida útil de forma mais eficaz.

Referências

BAO, J. *et al*. Carbon dots, cellulose nanofiber, and essential oil from *Torreya grandis* aril added to fish scale gelatin film for tomato preservation. **International Journal of Biological Macromolecules**, p. 125482, jun. 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.125482. Acesso em: 14 abr. 2025.

BARAK, S.; MUDGIL, D. Locust bean gum: processing, properties and food applications—A review. **International Journal of Biological Macromolecules**, v. 66, p. 74-80, 2014. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2014.02.017. Acesso em: 20 jun. 2025.

CHEN, S. *et al*. Developed chitosan/oregano essential oil biocomposite packaging film enhanced by cellulose nanofibril. **Polymers**, v. 12, n. 8, p. 1780, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.3390/polym12081780. Acesso em: 20 jun. 2025.

CHEN, Y. *et al.* Transparent cellulose-based film with water resistance and thermal protective for agriculture application. **Biomass Conversion and Biorefinery**, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1007/s13399-023-04516-y. Acesso em: 20 jun. 2025.

CHEN, Y. *et al.* Recent research progress on locust bean gum (LBG)-based composite films for food packaging. **Carbohydrate Polymers**, p. 122815, 2025. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2024.122815. Acesso em: 20 jun. 2025.

DAMASCENO, S. *et al*. Efeito da aplicação de película de fécula de mandioca na conservação pós-colheita de tomate. **Food Science and Technology**, v. 23, p. 377-380, 2003. Disponível em: https://doi.org/10.1590/S0101-20612003000300014. Acesso em: 03 abr. 2025.

FÉLIX, C. C. **Desenvolvimento de embalagens ativas biodegradáveis para tomate cereja (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) in natura**. 2024. Disponível em: https://repositorio.uel.br/handle/123456789/16112. Acesso em: 03 abr. 2025.

GIDADO, M. J. *et al.* Challenges of postharvest water loss in fruits: mechanisms, influencing factors, and effective control strategies – A comprehensive review. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 17, p. 101249, 2024. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101249. Acesso em: 03 abr. 2025.

GONZÁLEZ-LOCARNO, M. *et al.* Assessment of chitosan-rue (*Ruta graveolens* L.) essential oil-based coatings on refrigerated cape gooseberry (*Physalis peruviana* L.) quality. **Applied Sciences**, v. 10, n. 8, p. 2684, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.3390/app10082684. Acesso em: 29 mar. 2025.

GUTIERREZ, E. E. V. An overview of recent studies of tomato (*Solanum lycopersicum* spp) from a social, biochemical and genetic perspective on quality parameters. **Basic Microbiology**, v. 50, p. 211-217, 2018. Disponível em: https://publications.slu.se/?file=publ/show&id=97245. Acesso em: 20 jun. 2025.

GUTIÉRREZ-MOLINA, J. *et al.* Chitosan and *Byrsonima crassifolia*-based nanostructured coatings: characterization and effect on tomato preservation during refrigerated storage. **Food Bioscience**, v. 42, p. 101212, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.fbio.2021.101212. Acesso em: 14 abr. 2025.

JAHANI, R. *et al*. Chitosan nano-biopolymer/*Citrus paradisi* peel oil delivery system enhanced shelf-life and postharvest quality of cherry tomato. **International Journal of Biological Macromolecules**, jan. 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2022.11.182. Acesso em: 28 mar. 2025.

KUMAR, N. *et al*. Improved shelf life and quality of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) by using chitosan-pullulan composite edible coating enriched with pomegranate peel extract. **ACS Food**

Science & Technology, v. 1, n. 4, p. 500-510, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1021/acsfoodscitech.0c00076. Acesso em: 10 abr. 2025.

LI, T. *et al*. Developing a green film from locust bean gum/carboxycellulose nanocrystal for fruit preservation. **Future Foods**, v. 4, p. 100072, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.fufo.2021.100072. Acesso em: 10 maio. 2025.

LUFU, R.; AMBAW, A.; OPARA, U. L. The contribution of transpiration and respiration processes in the mass loss of pomegranate fruit (cv. Wonderful). **Postharvest Biology and Technology**, v. 157, p. 110982, 2019. Disponível em: https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2019.110982. Acesso em: 31 mar. 2025.

MEMAR, M. Y. Carvacrol and thymol: strong antimicrobial agents against resistant isolates. **Reviews and Research in Medical Microbiology**, v. 28, n. 2, p. 63-68, 2017. Disponível em:http://dx.doi.org/10.1097/MRM.0000000000000100 . Acesso em: 20 jun. 2025.

PERALTA-RUIZ, Y. *et al.* Reduction of postharvest quality loss and microbiological decay of tomato "Chonto" (*Solanum lycopersicum* L.) using chitosan-essential oil-based edible coatings under low-temperature storage. **Polymers**, v. 12, n. 8, p. 1822, 2020. Disponível em: https://doi.org/10.3390/polym12081822. Acesso em: 29 mar. 2025.

SILVEIRA, A. C.; ZACCARI, F. An analysis of the postharvest behavior of four genetic materials of feijoa (*Acca sellowiana* Berg). **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 45, 2023. Disponível em: https://doi.org/10.1590/0100-29452023974. Acesso em: 8 jun. 2025.

SAXENA, A.; SHARMA, L.; MAITY, T. Enrichment of edible coatings and films with plant extracts or essential oils for the preservation of fruits and vegetables. In: THARAKAN, A. Biopolymer-based formulations. **Elsevier**, 2020. p. 859-880. Disponível em: http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-816897-4.00034-5. Acesso em: 20 jun. 2025.

TRIPATHI, A. D. *et al*. Nanoemulsions based edible coatings with potential food applications. **International Journal of Biobased Plastics**, v. 3, n. 1, p. 112-125, 2021. Disponível em: https://doi.org/10.1080/24759651.2021.1875615. Acesso em: 20 jun. 2025.

Agradecimentos

Este estudo foi financiado em parte pela Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Espírito Santo (Fapes/ CNPq no 25/2022; Termos de outorga 039/2023). Os autores agradecem aos Programas de Pós-Graduação em Agroquímica e Ciência e Tecnologia de Alimentos da Universidade Federal do Espírito Santo e aos pesquisadores do GEAPS-UFES-CNPq pelo apoio na estrutura e no aprendizado.