

## EFEITO DA RADIAÇÃO UV-C NO CONTROLE DA PODRIDÃO AZEDA NA PÓS COLHEITA EM LARANJA ‘LIMA’

ADRIANE M. DA SILVA<sup>1</sup>, JULIANA A. FRACAROLLI<sup>2</sup>, DANIEL TERAÓ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Eng. Ambiental, Doutoranda em Eng. Agrícola, UNICAMP/FEAGRI, Campinas – SP, adriane.silva@feagri.unicamp.br.

<sup>2</sup>Eng. Agrícola, Professora Doutora, UNICAMP/FEAGRI, Campinas – SP.

<sup>3</sup>Eng. Agrônomo, Pesquisador, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), Jaguariúna – SP.

Apresentado no  
LII Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2023  
18 a 21 de outubro de 2023 – Ribeirão Preto - SP, Brasil

**RESUMO:** Os citrinos são suscetíveis a doenças fúngicas pós-colheita, sendo a podridão azeda, causada pelo *Geotrichum citri-aurantii* a mais comum. Atualmente, não há fungicidas que sejam totalmente eficientes no controle desse patógeno, demonstrando a necessidade do desenvolvimento de tecnologias alternativas aos agroquímicos. Neste estudo, investigou-se a eficácia de baixas doses de radiação UV-C na severidade da podridão azeda na pós-colheita em laranja ‘Lima’. Para isso, laranjas ‘Lima’ foram expostas a radiação nas doses 0,10; 0,50; 1,0; 2,0; 3,0; 4,0 e 5,0 kJ m<sup>-2</sup> em um equipamento protótipo com lâmpadas germicidas. A influência da radiação na qualidade da fruta foi avaliada por meio de parâmetros físico-químicos. Os testes demonstraram que a exposição a UV-C a dose de 4,0 kJ m<sup>-2</sup> apresentou controle superior a 99% da podridão azeda e manteve a qualidade das laranjas tratadas, aumentando sua vida útil.

**PALAVRAS-CHAVE:** podridão azeda, tratamento físico, *Citrus spp.*

## EFFECT OF UV-C RADIATION ON THE CONTROL OF SOUR ROT IN POST-HARVEST ‘LIMA’ ORANGE

**ABSTRACT:** Citrus fruits are susceptible to post-harvest fungal diseases, with sour rot caused by *Geotrichum citri-aurantii* being the most common. Currently, there are no fungicides that are fully efficient in controlling this pathogen, demonstrating the need to develop alternative technologies to agrochemicals. In this study, the effectiveness of low doses of UV-C radiation on the severity of post-harvest sour rot in ‘Lima’ oranges was investigated. For this, ‘Lima’ oranges were exposed to radiation at doses 0.10; 0.50; 1.0; 2.0; 3.0; 4.0 and 5.0 kJ m<sup>-2</sup> in prototype equipment with germicidal lamps. The influence of radiation on fruit quality was evaluated using physicochemical parameters. The tests demonstrated that exposure to UV-C at a dose of 4 kJ m<sup>-2</sup> controlled more than 99% of sour rot and maintained the quality of the treated oranges, increasing their shelf life.

**KEYWORDS:** sour rot, *citrus spp.*, physical treatment

**INTRODUÇÃO:** A podridão azeda, causada pelo patógeno fúngico *Geotrichum citri-aurantii* é uma doença de difícil controle e afeta principalmente as frutas cítricas (OUYANG et al., 2023). Fungicidas sintéticos, como imazalil e tiabendazol são frequentemente

empregados no controle pós-colheita de *Penicillium* spp., porém são pouco eficazes no controle da podridão azeda (ALVAREZ et al., 2023). Além disso, a ingestão recorrente desses resíduos químicos presentes nas frutas causa alto risco à saúde humana (RADULOVIC et al., 2023). Com isso, existe a necessidade de tecnologias alternativas ao uso de agroquímicos que sejam eficazes no controle de doenças pós-colheita e na manutenção da qualidade da fruta durante o período de armazenamento (UTHAIRATANAKIJ et al., 2023). A radiação UV-C tem sido explorada com sucesso, pois é uma tecnologia altamente eficiente na redução da deterioração pós-colheita e não deixa resíduos químicos na superfície das frutas (ESUA et al., 2020). A exposição a  $1,0 \text{ kJ m}^{-2}$  de UV-C foi relatada como sendo eficaz na redução de *Rhizopus* spp. em morangos (FORGES et al., 2020) e a dose de irradiação de  $0,36 \text{ kJ m}^{-2}$  foi a dose ideal que diminuiu a incidência de *Alternaria alternata* em peras (SUN et al., 2022). MICHAILIDIS et al., 2019 observaram maior firmeza em cerejas após a aplicação da radiação a  $1,2 \text{ kJ m}^{-2}$ , sugerindo que o UV-C tem um papel importante no atraso do processo de senescência da fruta após o armazenamento. Assim, este estudo teve como objetivo avaliar a eficiência de doses de radiação UV-C no controle da podridão azeda na pós-colheita em laranja ‘Lima’.

**MATERIAL E MÉTODOS:** As laranjas ‘Lima’ previamente desinfetadas com hipoclorito de sódio a 0,1% por 1 minuto, foram feridas na região equatorial com uma agulha de aço (1 mm de largura e 2 mm de profundidade) e inoculadas com 10  $\mu\text{L}$  de suspensão de conídios de *G. citri-aurantii* ( $1 \times 10^6$  arthroconídios/mL). As frutas inoculadas foram colocadas em câmara úmida dentro de caixas plásticas e incubadas a  $28 \pm 2^\circ\text{C}$  por 4 horas. As laranjas inoculadas foram irradiadas em um equipamento protótipo (lâmpada de 36 w, com fluência da luz de  $0,035 \text{ W m}^{-2}$  e a 46 cm da superfície irradiada) e receberam as seguintes doses de radiação UV-C:  $0 \text{ kJ m}^{-2}$  (testemunha);  $0,10 \text{ kJ m}^{-2}$  (28 s);  $0,5 \text{ kJ m}^{-2}$  (140 s);  $1,0 \text{ kJ m}^{-2}$  (280 s);  $2,0 \text{ kJ m}^{-2}$  (560 s);  $3,0 \text{ kJ m}^{-2}$  (840 s);  $4,0 \text{ kJ m}^{-2}$  (1120 s) e  $5,0 \text{ kJ m}^{-2}$  (1400 s). Após o tratamento, as frutas foram acondicionadas novamente nas caixas e levadas para sala climatizada a  $28 \pm 2^\circ\text{C}$  e  $70 \pm 2\%$  de umidade relativa. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com 20 repetições para cada tratamento. A severidade da doença foi avaliada a partir do 6º dia, em duas direções ortogonais, utilizando um paquímetro digital. Para avaliar a influência da radiação UV-C na qualidade de laranja ‘Lima’, as frutas foram divididas em dois grupos: testemunha e radiação UV-C na dose de  $4 \text{ kJ m}^{-2}$ . As avaliações foram realizadas quando as frutas chegaram ao laboratório e após 1, 5 e 10 dias de armazenamento, coletando aleatoriamente 20 frutas irradiadas e 20 frutas não tratadas. Foram avaliados os seguintes atributos de qualidade: firmeza (F), sólidos solúveis totais (SS), acidez total titulável (AT), pH e cor. Para avaliar a firmeza utilizou um texturômetro (sonda de 35 mm, velocidade de  $2 \text{ mm s}^{-1}$  e compressão de 10 mm). O teor de SS com auxílio de um refratômetro, pH com pHmetro, cor com Colorímetro Minolta (escala de cores CIE L, c, h) e a AT foi determinada diluindo 10 mL de suco em 90 mL de água destilada com gotas de Fenolftaleína (1%). Utilizou como titulante a solução de NaOH 0,1 N. O resultado foi expresso em gramas (g) de ácido cítrico. A influência do tratamento com radiação UV-C na severidade da doença e na qualidade das laranjas foi quantificada por meio de análise de variância (ANOVA) seguida do teste F para contrastes utilizando o software SAS/STAT® (SAS Institute Inc., 2021). O nível de significância adotado foi de 0,05. No experimento com radiação UV-C, a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) foi quantificada com base na evolução temporal do diâmetro médio da lesão e a resposta da gravidade da doença ao aumento dos níveis de UV-C foi avaliada ajustando um modelo de regressão não linear.

**RESULTADOS E DISCUSSÃO:** Na Figura 1A, a AACPD diminuiu à medida que as doses de UV-C aumentaram, seguindo um padrão exponencial, e a percentagem de controle

aumentou com incrementos na dose de UV-C (Figura 1B). Após a dose de 4,0 kJ m<sup>-2</sup> o controle da doença foi superior a 99%.

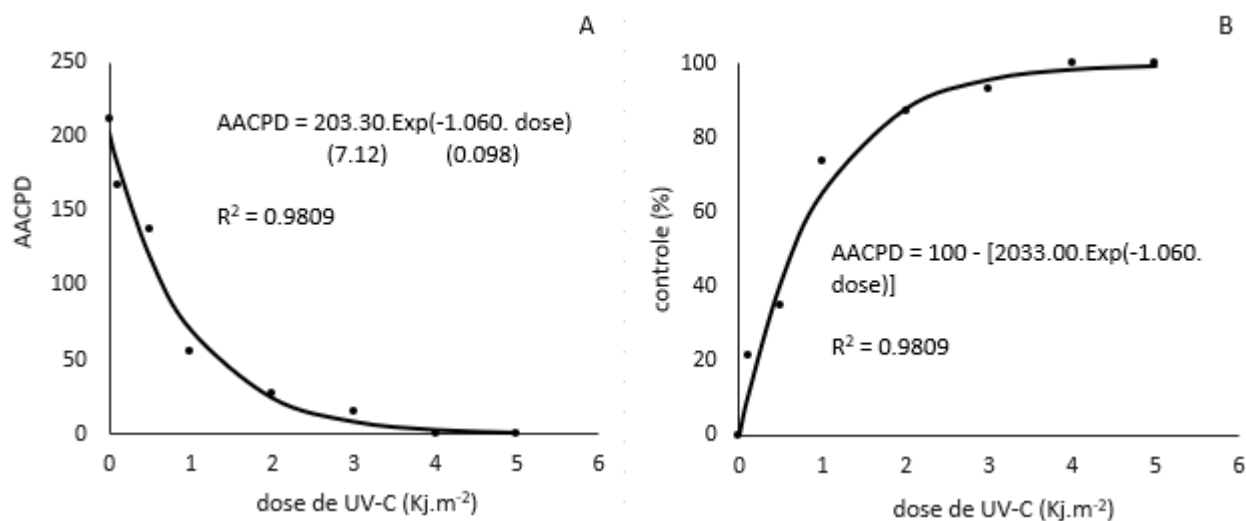


FIGURA 1. Modelo não linear para representar a relação entre (A) a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) de *Geotrichum citri-aurantii* em laranja ‘Lima’ e (B) o percentual de controle da doença em relação a testemunha e as doses de UV-C testadas.

A radiação UV-C na concentração de 4,0 kJ m<sup>-2</sup> não provocou alterações significativas nos parâmetros físico-químicos (pH, acidez total, sólidos solúveis, firmeza e cor) de laranjas ‘Lima’ durante os dez dias de armazenamento. Além disso, até o último dia de avaliação, as laranjas irradiadas apresentaram melhor aparência da casca, aliada a maior firmeza, demonstrando a preservação da qualidade geral da fruta.

TABELA 1. Parâmetros de qualidade da laranja ‘Lima’ submetida a radiação UV-C a 4 kJm<sup>-2</sup>.

Parâmetros qualidade	Tratamentos	Antes do tratamento	1 dia depois do tratamento	5 dias depois do tratamento	10 dias depois do tratamento
AT (%)	Testemunha	0.099 ± 0.003 a	0.087 ± 0.003 a	0.085 ± 0.002 a	0.085 ± 0.002 a
	UV-C	0.098 ± 0.003 a	0.087 ± 0.003 a	0.078 ± 0.002 b	0.081 ± 0.002 a
pH	Testemunha	5.701 ± 0.035 a	5.883 ± 0.024 a	5.908 ± 0.018 a	5.840 ± 0.021 a
	UV-C	5.658 ± 0.035 a	5.740 ± 0.024 b	5.982 ± 0.018 b	5.827 ± 0.021 a
SS (%)	Testemunha	11.105 ± 0.378 a	11.585 ± 0.318 b	10.975 ± 0.412 a	11.255 ± 0.356 a
	UV-C	11.240 ± 0.378 a	10.380 ± 0.318 b	9.565 ± 0.412 b	10.400 ± 0.356 a
F (N)	Testemunha	46.534 ± 1.781 a	39.422 ± 1.660 a	29.986 ± 2.123 a	26.381 ± 1.729 a
	UV-C	46.768 ± 1.781 a	40.276 ± 1.660 a	34.644 ± 2.123 a	32.804 ± 1.729 b
Cor					
L	Testemunha	61.269 ± 0.467 a	57.152 ± 1.250 a	61.703 ± 0.683 a	61.366 ± 0.674 a
	UV-C	61.158 ± 0.467 a	62.300 ± 1.250 a	61.649 ± 0.683 a	59.959 ± 0.674 a
c	Testemunha	59.129 ± 1.005 a	57.499 ± 1.420 a	60.614 ± 1.010 a	60.115 ± 1.183 a
	UV-C	58.451 ± 1.005 a	60.012 ± 1.420 a	60.464 ± 1.010 a	57.706 ± 1.183 a
h	Testemunha	73.661 ± 1.936 a	74.814 ± 1.704 a	74.875 ± 1.645 a	74.913 ± 1.695 a
	UV-C	72.806 ± 1.936 a	74.613 ± 1.704 a	73.674 ± 1.645 a	73.503 ± 1.695 a

**CONCLUSÕES:** A radiação UV-C na dose de 4,0 kJ m<sup>-2</sup> controlou o *G. citri-aurantii* e preservou a qualidade das laranjas ‘Lima’ e principalmente a firmeza da fruta, apresentando-se como alternativa promissora ao uso de fungicidas.

**AGRADECIMENTOS:** Os autores agradecem a empresa Alfacitrus Produção e Comércio de Citrus pelo fornecimento das laranjas ‘Lima’ e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão da bolsa de estudos à primeira autora.

#### **REFERÊNCIAS:**

ALVAREZ, M. V.; PÉREZ-GAGO, M. B.; TABERNER, V.; SETTIER-RAMÍREZ, L.; MARTÍNEZ-BLAY, V.; PALOU, L. Postharvest application of novel bio-based antifungal composite edible coatings to reduce sour rot and quality losses of ‘Valencia’ oranges. **Coatings**, v.13, n.8, p.1412, 2023.

ESUA, O. J.; CHIN, N. L.; YUSOF, Y. A.; SUKOR, R. A review on individual and combination technologies of UV-C radiation and ultrasound in postharvest handling of fruits and vegetables. **Processes**, v.8, n.11, p.1433, 2020.

FORGES, M.; BARDIN, M.; URBAN, L.; AARROUF, J.; CHARLES, F. Impact of UV-C radiation applied during plant growth on pre- and postharvest disease sensitivity and fruit quality of strawberry. **Plant Disease**, v.104, n.12, p.3239-3247, 2020.

MICHAILIDIS, M.; KARAGIANNIS, E.; POLYCHRONIADOU, C.; TANOU, G.; KARAMANOLI, K.; MOLASSIOTIS, A. Metabolic features underlying the response of sweet cherry fruit to postharvest UV-C irradiation. **Plant Physiology and Biochemistry**, v.144, p.49-57, 2019.

OUYANG, Q.; SHI, S.; LIU, Y.; YANG, Y.; ZHANG, Y.; YUAN, X.; TAO, N.; LI, L. Inhibitory mechanisms of trans-2-Hexenal on the growth of *Geotrichum citri-aurantii*. **Journal of Fungi**, v.9, n.9, p.930, 2023.

RADULOVIĆ, J.; LUCIĆ, M.; NEŠIĆ, A.; ONJIA, A. Multivariate assessment and risk ranking of pesticide residues in citrus fruits. **Foods**, v.12, n.13, p.2454, 2023.

SUN, T.; OUYANG, H.; SUN, P.; ZHANG, W.; WANG, Y.; CHENG, S.; CHEN, G. Postharvest UV-C irradiation inhibits blackhead disease by inducing disease resistance and reducing mycotoxin production in ‘Korla’ fragrant pear (*Pyrus sinkiangensis*). **International Journal of Food Microbiology**, v.362, p.109485, 2022.

UTHAIRATANAKIJ, A.; LAOHAKUNJIT, N.; JITAREERAT, P.; CHOLMAITRI, C.; GOLDING, J. Green technology for reducing postharvest losses and improving the nutritional quality of fresh horticultural produce. In: **New Advances in Postharvest Technology**. [s.l.] Intech Open, 2023.