

Controle biológico de fungos fitopatogênicos em citros pós-colheita

Antonio Rony da Silva Pereira Rodrigues^{1*} 

RESUMO

O desenvolvimento de novas tecnologias para controle e combate de fungos fitopatogênicos em frutas cítricas é essencial, visto que o setor tem alto impacto na economia nacional, sendo o Brasil um dos principais exportadores de frutas cítricas no mundo, e as doenças fúngicas, principalmente no período pós-colheita é uma das principais causas de prejuízos ao setor. Tendo em vista a importância do setor para a economia do país, o presente estudo busca caracterizar possíveis biotecnologias sustentáveis para o manejo e controle de fungos fitopatogênicos de doenças pós-colheita em culturas cítricas, por meio de revisão integrativa de literatura (RI). A busca foi realizada por meio do conjunto de termos (“*diseases or phytopathogens or citrus growing and fungi*”) e (“*postharvest diseases and citrus growing and phytopathogenic fungi*”), junto ao operador booleano OR e AND, nas bases de dados ScienceDirect e Google Scholar. Após a seleção dos estudos, 10 artigos foram incluídos na amostra final da RI. Foram identificados como os principais fitopatogênicos os fungos do gênero *Penicillium* com destaque para as espécies *Penicillium digitatum* e *Penicillium italicum*, que estão relacionadas ao crescimento dos bolores azuis e verdes. O uso de bactérias do gênero *Streptomyces* spp., demonstraram inibição fúngica, outra substância utilizada é a quitosana, que penetra na membrana celular dos fungos e interfere nas atividades enzimáticas. O presente estudo contribui de forma significativa para o desenvolvimento de novas reflexões acerca do combate de fungos em frutas cítricas pós-colheita.

Termos de indexação: doenças fúngicas, fitopatógenos, controle de fungos.

Biological control of phytopathogenic fungi in postharvest citrus

SUMMARY

The development of new technologies to control and combat phytopathogenic fungi in citrus fruits is essential, since the sector has a high impact on the national economy, with Brazil being one of the main exporters of citrus fruits in the world, and fungal diseases, mainly in the period post-harvest is one of the main causes of damage to the sector. Considering the importance of the sector for the country's economy, this study seeks to characterize possible sustainable biotechnologies for the management and control of phytopathogenic fungi of postharvest diseases in citrus crops, through an integrative literature review (IR). The search was performed using the set of terms (“*diseases or phytopathogens or citrus growing and fungi*”) and (“*postharvest diseases and citrus growing and phytopathogenic fungi*”), together with the Boolean operator OR and AND, in the ScienceDirect and Google Scholar. After selecting the studies, 10 articles were included in the final IR sample.

¹ Centro de Ciências e Tecnologia – CCT, Universidade Estadual do Ceará, Fortaleza, CE, Brasil

***Autor correspondente:** Antonio Rony da Silva Pereira Rodrigues, Centro de Ciências e Tecnologia – CCT, Universidade Estadual do Ceará, Av. Dr. Silas Munguba, 1700 - Itaperi, 60714-903, Fortaleza - Ceará, Brasil. E-mail: ronny346silva@gmail.com



Fungi of the genus *Penicillium* were identified as the main phytopathogens, with emphasis on the species *Penicillium digitatum* and *Penicillium italicum*, which are related to the growth of blue and green molds. The use of bacteria of the genus *Streptomyces* spp., demonstrated fungal inhibition, another substance used is chitosan, which penetrates the cell membrane of fungi and interferes with enzymatic activities. The present study significantly contributes to the development of new reflections on combating fungi in post-harvest citrus fruits.

Index terms: fungal diseases, phytopathogens, fungal control.

INTRODUÇÃO

A citricultura representa uma cultura agrícola de grande importância econômica para o Brasil. O setor movimenta a geração de empregos, de forma direta e indireta, contribui para a balança comercial nacional e reflete significativamente na geração de capital e no desenvolvimento social (Zulian et al., 2013). O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de laranja, sendo aproximadamente 68% da produção e 79% das exportações globais, sendo dessas 70% da laranja produzida no Brasil é destinada ao processamento na produção de sucos (USDA, 2018).

De acordo com a CitrusBR (Associação Nacional dos Exportadores de Sucos Cítricos), a safra total 2022/2023 deve fechar em 319,9 milhões de caixas de 40,8 Kg. Sendo uma parte voltada para exportação. Entre julho de 2021 e junho de 2022, o Brasil exportou 1 milhão de toneladas de suco de laranja, tendo o principal destino a Europa, que corresponde a 57,3% da exportação de suco de laranja nacional (CitrusBR, 2022).

As características climáticas e a variedade do solo brasileiro o tornam favoráveis para a produção de laranja no país, o que tornou o Brasil um mercado relevante mundialmente, quando se trata de produção e exportação da laranja e dos seus derivados (Medeiros et al., 2013).

Além das condições climáticas e do solo, os avanços na agricultura, contribuem para o aumento da produção e segurança alimentar, através do uso de maquinários, defensivos e insumos agrícolas (Dwivedi et al., 2016). Porém, algumas tecnologias utilizadas como uso de defensivos agrícolas e fertilizantes nas atividades agrícolas podem causar danos aos seres humanos e ao meio ambiente, tendo que avaliar e equilibrar os benefícios e os impactos (Donley, 2019).

Os fungicidas são utilizados em diversas culturas, e são uma ferramenta importante para a agricultura, no manejo de doenças pré-plantio, desenvolvimento e pós-colheita (Dara, 2019). As perdas de produção de frutos por patógenos fúngicos são estimadas em 50% da produção total de frutos, com destaque aos patógenos que atacam o fruto pós-colheita (Zhang et al., 2017).

As doenças pós-colheita podem iniciar no campo e ficarem latentes, manifestando-se somente após a colheita em condições ambientais favoráveis (Gomes, 1996).

Nesse sentido, o objetivo desta revisão bibliográfica foi a de caracterizar tecnologias sustentáveis para o manejo e controle de fungos fitopatogênicos de doenças pós-colheita na citricultura.

DESENVOLVIMENTO E REVISÃO DE LITERATURA

O presente estudo trata-se de uma revisão integrativa de literatura (RI). A revisão integrativa, aborda uma ampla metodologia, pois faz uso da combinação de dados da literatura teórica e empírica, estudos não experimentais e estudos experimentais (Souza et al., 2010).

Levando em conta o objetivo do estudo, levantou-se o seguinte questionamento: quais fungos atuam como patógenos na citricultura e quais tecnologias estão sendo aplicadas para o controle desses fitopatógenos?

A busca por estudos se deu entre os meses de junho e julho de 2022, utilizando as bases de dados: ScienceDirect (*Elsevier*) e Google acadêmico (*Google Scholar*). Na busca foi utilizado dois grupos de palavras, com três termos, associado ao operador booleano OR e AND: (“*diseases or phytopathogens or citrus growing and fungi*”) and (“*postharvest diseases and citrus growing and phytopathogenic fungi*”), os termos foram pesquisados em língua inglesa e portuguesa.

A partir da busca, estabeleceu-se como critérios de inclusão: trabalhos do sistema *open access* e publicados entre 2018 – 2022, em qualquer idioma. Foram excluídos: trabalhos incompletos, livros e capítulos de livros, trabalhos publicados em eventos, estudos fora do período de publicação proposto e fora do sistema *open access*.

Levantamento bibliográfico

Foram encontrados 33.353 estudos, sendo 753 na base ScienceDirect, 32.000 no Google Scholar, esses estudos

foram identificados como possivelmente relevantes ao estudo. Os 33.353 estudos passaram por seleção, através da aplicação de critérios de inclusão e exclusão. Foram incluídos trabalhos dentro do sistema *open access* e que foram publicados entre 2018 a 2022, para a exclusão foram aplicados os critérios de trabalhos incompletos, artigos fora do sistema *open access*, livros e capítulos de livros, trabalhos publicados em eventos e estudos fora do período de publicação proposto, após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão 4.146 estudos passaram para a próxima etapa.

Os 4.146 estudos foram lidos título, resumos e palavras-chave, onde 3.788 estudos foram excluídos, por serem avaliados como irrelevantes, por não responderem à pergunta norteadora ou abordarem temáticas diferente a que o estudo aborda, passando 358 estudos para a etapa final de seleção.

Todos os 358 artigos foram lidos na íntegra, para avaliar todos os dados e se respondem à pergunta norteadora proposta na RI. Após a leitura e análise dos estudos, 10 artigos foram considerados apropriados e integram a amostra final incluída na RI, sendo 4 estudos pertencente a base ScienceDirect e 6 do Google Acadêmico. A caracterização dos estudos, sua relevância a temática abordada e outros aspectos pode ser vista na Tabela 1.

Doenças fúngicas na citricultura

A fruta cítrica é suscetível à podridão pós-colheita por infecção fúngica. Os tecidos podres podem ser infectados por *Penicillium digitatum*, *Penicillium italicum*, entre outros fungos (Luo et al., 2022).

Mofos azuis e verdes, causados por *P. italicum* e *P. digitatum*, são doenças devastadoras para frutas cítricas, pois invalida a comercialização dos frutos, causando perdas e danos econômicos (Talibi et al., 2014).

A podridão causada por *Alternaria citri*, conhecida como podridão negra, é uma das principais doenças em citriculturas. O fungo forma hifas na superfície das plantas, a doença ocorre em todo o mundo, provocando danos econômicos aos produtores de frutas cítricas (Anwaar et al., 2020).

O bolor verde, causado por *P. digitatum*, é uma das doenças que mais acontecem no período de pós-colheita de frutos cítricos em todo o mundo. O *P. digitatum* produz esporos, que fixam na superfície dos frutos e são levados por todo o campo, ficando presente nos galpões, embalagens, câmaras de resfriamento e no transporte.

Inicialmente o fruto apresenta uma mancha mole, que libera líquido e posteriormente é recoberta pelo micélio branco e esporos de coloração verde-oliva, que caracteriza a doença (Benato et al., 2018).

Métodos de controle

O controle de fungos da pós-colheita é realizado com a aplicação de químicos como fungicidas, visando a redução dos inóculos superfície dos frutos e inibir a esporulação e dispersão de esporos (Pozzan, 1997).

Atualmente, o controle *P. italicum* e *P. digitatum*, agentes causais dos mofos azuis e verdes, depende da aplicação regular de fungicidas, que ocasionam o surgimento de resistência dos patógenos, expõem a riscos toxicológicos, como a mortalidade de organismos não-alvo e impactos ao meio ambiente (Talibi et al., 2014).

O controle do bolor verde provocado pelo fungo *Penicillium digitatum* é feito principalmente com uso dos fungicidas em pós-colheita, preferencialmente tiabendazol e imazalil, aplicados isoladamente ou em mistura nas casas de embalagem das frutas (Fischer et al., 2009; Boubaker et al., 2009).

Manejo preventivo

O manejo de forma sustentável é descrito como um conjunto de técnicas auxiliares ao controle químico e biológico, que se propõem a amenizar os danos causados pelo uso de defensivos agrícolas e favorecer o controle biológico sustentável (Benvenega et al., 2017).

A fim de prevenir que a cultura não passe por doenças acometidas por fungos, como a podridão, é necessário fazer manejo da cultura através da irrigação, adubação e eliminação de plantas debilitadas. A irrigação antecipa a quebra do estresse hídrico, permitindo o florescimento antes do período chuvoso e evitando infecções. A adubação equilibrada aumenta as chances de as plantas não adquirirem a infecção, enquanto a eliminação de plantas debilitadas, mantém a saúde do pomar e evita a dissipação dos agentes patógenos (FUNDECITRUS, 2022).

O uso de cobertura morta também é uma possibilidade para o manejo das doenças, contribui para formação de barreira física contra os patógenos, auxilia na manutenção da umidade, diminui a lixiviação, controla as ervas daninhas e desempenha papel de desenvolvimento e permanência da microbiota antagonista (Zauza et al., 2001).

Tabela 1. Caracterização dos estudos que compõem a Revisão Integrativa de literatura

Autor, ano	Periódico	Fitopatógeno	Fitopatologia	Método de controle	Considerações
Coutinho et al., 2020	Carbohydr. Polym.	<i>Penicillium mallochii</i> e <i>Penicillium citrinum</i>	Apodrecimento pós-colheita	Quitosana	Redução de 50-70% para o inóculo <i>P. citrinum</i> e de 40% para o inóculo <i>P. mallochii</i> em experimentos <i>in vivo</i>
Guo et al., 2021	Postharvest Biol. Technol.	Não relatado	Apodrecimento pós-colheita	<i>Bacillus amyloliquefaciens</i>	Acréscimo de 30% no tempo de prateleira e na atividade enzimática relacionada a defesa
Zhang et al., 2022	Fungal Biol.	<i>Penicillium italicum</i>	Bolor azul cítrico	<i>Aspergillus aculeatus</i>	Postergação dos sintomas do mofo azul e interrupção da integridade da membrana do <i>P. italicum</i>
Wang et al., 2021	Food control	<i>Penicillium italicum</i>	Bolor azul cítrico	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Trissulfeto de dimetila, produzido com <i>P. fluorescens</i> promoveu atividade antifúngica nas concentrações 100 e 10 µL/L, inibindo 100% do mofo
Wang et al., 2018	Postharvest Biol. Technol.	<i>Penicillium digitatum</i> , <i>P. italicum</i> e <i>Geotrichum candidum</i>	Bolor verde e azul cítrico	Peptídeo catiônico curto PAF56	Inibição de crescimento de <i>P. digitatum</i> , <i>P. italicum</i> e <i>G. candidum</i> .
Liang et al., 2021	Front Cell Infect Microbiol	<i>Pyricularia oryzae</i>	Brunose do arroz	<i>Penicillium linzhiense</i>	Atividade antifúngica de 70% frente a <i>P. oryzae</i>
Costa et al., 2019	Sci. Rep.	<i>Penicillium citrinum</i>	Bolor verde	Triptoquialaninas, citrinadinas e quirsoenamida	Inibição da esporulação de <i>P. citrinum</i>
Krishna et al., 2020	J. appl. biol	<i>Aspergillus niger</i>	Mofa preto	<i>Zingiber officinale</i> e <i>Glycyrrhiza glabra</i>	Extratos de <i>Z. officinale</i> e <i>G. Glabra</i> mostrou-se ativo contra <i>A. niger</i> na dosagem de 125 µg/mL. de extrato
Evangelista-Martínez et al., 2020	Egypt. J. Biol. Pest Control	<i>Colletotrichum</i>	Podridão pós-colheita	<i>Streptomyces sp.</i>	Capacidade antagônica e inibitória frente a fungos do gênero <i>Colletotrichum</i>
Atalla et al., 2020	Jordan J Biol Sei	<i>Penicillium digitatum</i> e <i>Penicillium italicum</i>	Bolor verde e bolor azul	Quitinase de <i>Penicillium chrysogenum</i>	Redução do crescimento micelial linear de <i>P. digitatum</i> e <i>P. italicum</i> .

Fonte: autor, 2022.

Aplicações ao controle de doenças fúngicas na citricultura

O uso de microrganismos, como agentes de controle biológico benéficos (BCAs), apresentam uma alternativa viável para controle e combate de doenças fúngicas em plantas, os meios podem provocar maior resistência sustentada contra fitopatógenos (Galicia-Campos et al., 2020).

Ensaios demonstram que compostos orgânicos voláteis produzidos por *Streptomyces globisporus* JK-1, provocam

redução do crescimento de *Penicillium italicum* em tangerinas infectadas (*Citrus microcarpa*), podendo ser um aplicado como controle antifúngico para a cultura pós-colheita (Li et al., 2010).

Estudos de Benato et al. (2018), expondo *P. digitatum* a diferentes concentrações de óleos essenciais de capim-limão, canela e palma-rosa, mostrou que o óleo essencial de canela apresenta atividade fúngica, reduzindo o crescimento do patógeno. Os óleos essenciais de capim-limão e palma-rosa apresentaram inibição do crescimento micelial, a partir de 0,25 e 0,12 g/L⁻¹.

A quitina obtida de cascas de frutos do mar, purificada *in vitro*, demonstra atividade na redução do crescimento micelial linear dos fungos *P. digitatum* e *P. italicum*, *in vivo* apresentou redução na incidência de doenças pós-colheita de frutos de laranja e limão valência em comparação com o controle. O uso de produto fermentado obtido de *Aspergillus aculeatus* frente a *P. italicum* demonstra atividade antifúngica em concentração 0,3125 mg/mL, o produto é capaz de invadir a membrana do fungo e reduzir a atividade enzimática (Atalla et al., 2020; Zhang et al., 2022).

Coutinho et al. (2020), também aplicou a quitosana como fungicida, frente aos fungos *Penicillium citrinum* e *Penicillium mallochii*, que estão associados a causa de mofo em laranjas pós-colheita. A quitosana comercial que apresenta maior peso molecular, apresenta maior redução na incidência de doenças, tendo diminuição de 50-70% frente ao fungo *P. citrinum* e de 40% para o inóculo *P. mallochii*, em teste *in vivo*.

A utilização do gênero *Trichoderma spp.* isolados do solo, em combinação com o comercial, inibiram em 70% e 62%, o fungo *Aspergillus niger*. As espécies *T. longibrachiatum*, *T. harzianum* e *T. virens*, com 68,06%, mostraram taxas de inibição do crescimento micelial do fungo *A. niger* de 100, 68,33 e 68,06%, respectivamente. Os gêneros *Periconia sp.*, *Chaetomium sp.*, *Cladosporium sp.* e *Penicillium sp.*, apresentaram antibiose contra *A. niger*, por produzirem substâncias antagonistas inibidoras, que inibe o crescimento micelial (Lagranha et al., 2022; Candeias et al., 2016).

Penicillium italicum e *Penicillium fluorescens*, quando expostos a *Aspergillus aculeatus* e trissulfeto de dimetila, apresentam menor atividade micelial. *A. aculeatus* retarda os sintomas do mofo azul provocado pelo fungo *P. italicum*, interrompendo a integridade da membrana celular do fungo. O trissulfeto de dimetila exibiu atividade antifúngica produzido com *P. fluorescens* exibiu atividade antifúngica nas concentrações 100 e 10 µL/L, inibindo 100% do mofo (Zhang et al., 2022; Wang et al., 2021).

CONCLUSÃO

Com a análise dos estudo que integram a revisão integrativa, foi possível observar microrganismos potencialmente viáveis para a inibição e controle de diferentes fungos fitopatogênicos na citricultura. O manejo alternativo associados as novas tecnologias de controle

se demonstram importantes, para diminuir os impactos provocados pelos patógenos.

Diante do exposto, recomenda-se avaliar o desempenho de cada microrganismo frente aos patógenos em citros, para assegurar que o uso e a eficácia dessas tecnologias.

As principais espécies identificadas nas pesquisas selecionadas, como patógenos, pertenciam ao gênero *Penicillium*, com destaque para as espécies *Penicillium digitatum* e *Penicillium italicum*, que estão relacionadas ao crescimento dos mofos azuis e verdes.

As pesquisas relacionadas na área são de relevância para o setor citrícola, considerando sua importância para a economia nacional. O uso de tecnologias para o controle, aumentam a vida útil do fruto na mesa. Este estudo contribui para o desenvolvimento de novas reflexões acerca do combate de fungos em frutas cítricas pós-colheita.

REFERÊNCIAS

- Anwaar, H., Iqbal, Z., Rehman, M. A., Mubeen, M., Abbas, A., Usman, H. M., Farhan, M., Sohail, M. A., Kiptoo, J. J., Iqbal, S., Moosa, A., & Sajjad, K. (2020). Evaluation of fungicides and biopesticides for the control of Alternaria black rot disease in citrus. *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology*, 21, 118-126.
- Associação Nacional dos Exportadores de Sucos Cítricos – CitrusBR. (2022). *Dados estimados da safra 2022/23*. Recuperado em 01 de agosto de 2022, de <https://citrusbr.com/estatisticas/>
- Atalla, S. M., Gamal, N. G. E., & Awad, H. M. (2020). Chitinase of marine *Penicillium chrysogenum* MH745129: isolation, identification, production and characterization as controller for citrus fruits postharvest pathogens. *Jordan Journal of Biological Sciences*, 13(1), 19-28.
- Benato, E. A., Belletti, T. C., Terao, D., & Franco, D. A. D. S. (2018). Óleos essenciais e tratamento térmico no controle pós-colheita de bolor verde em laranja. *Summa Phytopathologica*, 44, 65-71.
- Benvenga, S. R., Gravena, S., Silva, J. L., Araujo Junior, N., & Amorim, L. C. S. (2017). Manejo prático da cochonilha ortézia em pomares de citros. *Citrus Research & Technology*, 32(1), 39-52.
- Boubaker, H., Saadi, B., Boudyach, E. H., & Benaoumar, A. A. (2009). Sensitivity of *Penicillium digitatum* and *P.*

- italicum to imazalil and thiabendazole in Morocco. *Plant Pathology Journal, Suwon*, 8, 152-158.
- Candeias, E., Santos, M., Duarte, E., Oliveira, T., Bezerra, J., & Soares, A. (2016). Fungos endofíticos de raízes de sisal antagonistas ao *Aspergillus niger*. *Agrotropica*, 28, 29-36.
- Costa, J. H., Wassano, C. I., Angolini, C. F. F., Scherlach, K., Hertweck, C., & Fill, T. P. (2019). Antifungal potential of secondary metabolites involved in the interaction between citrus pathogens. *Scientific Reports*, 9(1), 1-11.
- Coutinho, T. C., Ferreira, M. C., Rosa, L. H., Oliveira, A. M., & Oliveira Junior, E. N. (2020). *Penicillium citrinum* and *Penicillium mallochii*: new phytopathogens of orange fruit and their control using chitosan. *Carbohydrate Polymers*, 234, 115918.
- Dara, S. K. (2019). The new integrated pest management paradigm for the modern age. *Journal of Integrated Pest Management*, 10(1), 12.
- Donley, N. (2019). The USA lags behind other agricultural nations in banning harmful pesticides. *Journal of Environmental Health*, 18(1), 1-12.
- Dwivedi, S., Saquib, Q., Al-Khedhairi, A. A., & Musarrat, J. (2016). Understanding the role of nanomaterials in agriculture. In D. P. Singh, H. B. Singh, & R. Prabha (Eds.), *Microbial inoculants in sustainable agricultural productivity* (Vol. 2, pp. 271-288). New Delhi: Springer.
- Evangelista-Martínez, Z., Contreras-Leal, E. A., Corona-Pedraza, L. F., & Gastélum-Martínez, É. (2020). Biocontrol potential of *Streptomyces* sp. CACIS-1.5 CA against phytopathogenic fungi causing postharvest fruit diseases. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 30(1), 1-10.
- Fischer, I. H., Ferreira, M. D., Sposito, M. B., & Amorim, L. (2009). Citrus postharvest diseases and injuries related to impact on packing lines. *Scientia Agrícola*, 66, 210-217.
- Fundo de Defesa da Citricultura – FUNDECITRUS. (2022). *Manual de podridão floral*. Recuperado em 06 de agosto de 2022, de https://www.fundecitrus.com.br/comunicacao/manual_detalhes/podridao-floral/94
- Galicia-Campos, E., Ramos-Solano, B., Montero-Palmero, M. B., Gutierrez-Mañero, F. J., & García-Villaraco, A. (2020). Management of plant physiology with beneficial bacteria to improve leaf bioactive profiles and plant adaptation under saline stress in *Olea europea* L. *Foods*, 9(1), 57.
- Gomes, M. D. O. (1996). *Conservação pós-colheita: frutas e hortaliças* (134 pp.). Brasília: Embrapa.
- Guo, X., Qiao, M., Yang, Y., Luo, K., Liu, Z., Liu, J., & Sun, Q. (2021). *Bacillus amyloliquefaciens* M73 reduces postharvest decay and promotes anthocyanin accumulation in Tarocco blood orange (*Citrus sinensis* (L.) Osbeck) during cold storage. *Postharvest Biology and Technology*, 182, 111698.
- Krishna, G., Gopinath, G., & Avasthi, A. S. (2020). An effective and eco-friendly technique for control of post-harvest fungal pathogens of orange (*Citrus sinensis*) isolated from the distribution chain of Delhi NCR. *Journal of Applied Biology and Biotechnology*, 8(6), 5-9.
- Lagranha, A. O. S., Graf Júnior, A. L., Tolentino Júnior, J. B., & Itako, A. T. (2022). Controle de *Aspergillus niger* com uso de *Thichoderma* spp. In *Anais I Encontro Sul-Brasileiro de Fitossanidade* (pp. 140-143). Florianópolis, SC: Epagri.
- Li, Q., Ning, P., Zheng, L., Huang, J., Li, G., & Hsiang, T. (2010). Fumigant activity of volatiles of *Streptomyces globisporus* JK-1 against *Penicillium italicum* on *Citrus microcarpa*. *Postharvest Biology and Technology*, 58(2), 157-165.
- Liang, L. J., Jeewon, R., Dhandevi, P., Durairajan, S. S. K., Li, H., Lin, F. C., & Wang, H. K. (2021). A novel species of *Penicillium* with inhibitory effects against *Pyricularia oryzae* and fungal pathogens inducing Citrus diseases. *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 10, 604504.
- Luo, W., Fan, G., Tian, P., Dong, W., Zhang, H., & Zhan, B. (2022). Spectrum classification of citrus tissues infected by fungi and multispectral image identification of early rotten oranges. *Spectrochimica Acta. Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 279, 121412.
- Medeiros, R. C., Musser, R. D. S., Silva, M. M. D., Santos, J. P. O., & Nascimento Júnior, I. R. D. (2013). Análise exploratória das características morfológicas e qualitativas de variedades de laranjeiras de mesa da coleção em Brejão-PE. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 35, 500-507.
- Pozzan, M. A. (1997). Comportamento e tratamentos de frutos cítricos em pós-colheita. *Revista Laranja*, 18(1), 189-204.
- Souza, M. T., Silva, M. D., & Carvalho, R. (2010). Revisão integrativa: o que é e como fazer. *Einstein*, 8(1), 102-106.
- Talibi, I., Boubaker, H., Boudyach, E. H., & Aoumar, A. A. B. (2014). Alternative methods for the control of postharvest citrus diseases. *Journal of Applied Microbiology*, 117(1), 1-17.

- United States Department of Agriculture – USDA. (2018). *Citrus fruit*. Recuperado em 03 de agosto de 2022, de <https://www.fas.usda.gov/commodities/fruits-and-vegetables>
- Wang, W., Deng, L., Yao, S., & Zeng, K. (2018). Control of green and blue mold and sour rot in citrus fruits by the cationic antimicrobial peptide PAF56. *Postharvest Biology and Technology*, 136, 132-138.
- Wang, Z., Zhong, T., Chen, K., Du, M., Chen, G., Chen, X., & Kan, J. (2021). Antifungal activity of volatile organic compounds produced by *Pseudomonas fluorescens* ZX and potential biocontrol of blue mold decay on postharvest citrus. *Food Control*, 120, 107499.
- Zauza, E. A. V., Alfenas, A. C., Maffia, L. A., Silveira, S. F., & Fernandes, D. (2001). Flutuação de inóculo de *Rhizoctonia* spp. e *Cylindrocladium* spp. em jardim clonal de *Eucalyptus grandis*, sob diferentes tipos de cobertura morta. *Summa Phytopathologica*, 27(2), 213-216.
- Zhang, H., Mahun, G. K., Castoria, R., Apaliya, M. T., & Yang, Q. (2017). Augmentation of biocontrol agents with physical methods against postharvest diseases of fruits and vegetables. *Trends in Food Science & Technology*, 69, 36-45.
- Zhang, J., He, L., Guo, C., Liu, Z., Kaliaperumal, K., Zhong, B., & Jiang, Y. (2022). Evaluation of *Aspergillus aculeatus* GC-09 for the biological control of citrus blue mold caused by *Penicillium italicum*. *Fungal Biology*, 126(3), 201-212.
- Zulian, A., Dörr, A. C., & Almeida, S. C. (2013). Citricultura e agronegócio cooperativo no Brasil. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, 11, 2291-2306.
-
- Recebido: Junho 03, 2022*
Aceito: Dezembro 20, 2022
- Como citar:** Rodrigues, A. R. S. P. (2021). Controle biológico de fungos fitopatogênicos em citros pós-colheita. *Citrus Research & Technology*, 42, e1073. <https://doi.org/10.4322/crt.24221>

