

CAPÍTULO 2

SANITIZANTE BIOLÓGICO PARA FRUTAS: UMA SOLUÇÃO PARA OS DESPERDÍCIOS DE ALIMENTOS

Data de aceite: 03/04/2023

Elba Ferreira Junior

Departamento de Bioquímica e
Biotecnologia, Centro de Ciências Exatas,
Universidade Estadual de Londrina.
Londrina, PR - Brasil
<http://lattes.cnpq.br/0278802855643574>

Christiane Aparecida Urzedo Queiroz Freitas

Departamento de Bioquímica e
Biotecnologia, Centro de Ciências Exatas,
Universidade Estadual de Londrina, Brasil.
Londrina, PR - Brasil
<http://lattes.cnpq.br/1894683260586149>

Cristiani Baldo

Departamento de Bioquímica e
Biotecnologia, Centro de Ciências Exatas,
Universidade Estadual de Londrina.
Londrina, PR - Brasil
<http://lattes.cnpq.br/7405984333346151>

Briani Gisele Bigotto

Departamento de Bioquímica e
Biotecnologia, Centro de Ciências Exatas,
Universidade Estadual de Londrina.
Londrina, PR - Brasil
<http://lattes.cnpq.br/6391064485603263>

Maria Antonia Pedrine Colabone Celligoi

Departamento de Bioquímica e
Biotecnologia, Centro de Ciências Exatas,
Universidade Estadual de Londrina.
Londrina, PR - Brasil
<http://lattes.cnpq.br/8103146519423861>

RESUMO: As infecções fúngicas em frutas são causadas principalmente pelo fungo *Botrytis cinerea* e resultam em perdas econômicas significativas para a cadeia produtiva. Estas contaminações podem ser minimizadas através do controle de temperatura e umidade durante a estocagem, bem como aplicação de fungicidas, que gera resíduos com riscos potenciais tanto para o consumidor quanto para o ambiente. Desta forma, sanitizantes naturais eficientes e biodegradáveis são de grande relevância no combate às infecções fúngicas permitindo o aumento da vida de prateleira e segurança alimentar. Soforolipídios são biomoléculas produzidas pela levedura *Starmerella bombicola* que possuem potente atividade antimicrobiana contra vários patógenos de importância na agricultura. Neste trabalho descrevemos o desenvolvimento de um sanitizante

contendo soforolipídios, contra infecções causadas por *B. cinerea* em tomate cereja (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) e morango (*Fragaria × ananassa*). Os resultados obtidos mostraram que os soforolipídios foram capazes de reduzir a contaminação por *B. cinerea*, sendo que o sanitizante com esse bioativo pode ser uma alternativa natural e sustentável para substituir os fungicidas convencionais utilizados no processo de pós-colheita.

PALAVRAS-CHAVE: Antimicrobiano; soforolipídios; biomolécula; tomate; morango.

BIOLOGICAL FRUIT SANITIZER: A SOLUTION FOR FOOD WASTE

ABSTRACT: Fungal infections in fruits are mainly caused by *Botrytis cinerea* and result in economic losses for the production chain. These contaminations can be minimized through temperature and humidity control during storage, as well as the application of fungicides, which generates residues with risks both for the consumer and for the environment. In this way, efficient and biodegradable natural sanitizers are of great relevance against fungal infections, allowing the increase of shelf life and food safety. Sophorolipids are biomolecules produced by *Starmerella bombicola* yeast that exhibits potent antimicrobial activity against several plant pathogens. In this research we describe the development of sophorolipid sanitizers against *B. cinerea* in cherry tomato (*Solanum lycopersicum* var. *cerasiforme*) and strawberry (*Fragaria × ananassa*). The results showed that sophorolipids were able to reduce contamination by *B. cinerea*, and the sanitizer with this bioactive could be a natural and sustainable alternative to replace conventional fungicides used in the post-harvest treatments.

KEYWORDS: Antimicrobial; sophorolipids; biomolecule; tomato; strawberry.

1 | INTRODUÇÃO

O Produto Interno Bruto (PIB) do agronegócio brasileiro, calculado pelo CEPEA (Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada), em parceria com a CNA (Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil), cresceu 8,36% em 2021. Segundo pesquisadores, os segmentos primário e de insumos se destacaram em 2021, com aumentos de 17,52% e 52,63%, respectivamente. O PIB também cresceu para os outros dois segmentos, 1,63% para a agroindústria e 2,56% para os agros serviços. Dentre os ramos, enquanto o PIB do agrícola avançou 15,88% de 2020 para 2021 (CEPEA; CNA, 2021).

A degradação dos alimentos é um enorme problema para a indústria alimentícia e pode ser causada pela contaminação do produto, prévia ou posteriormente ao processamento, por esporos fúngicos e que em condições intrínsecas favoráveis, como atividade de água e pH, germinam e formam um micélio visível, conseqüentemente deteriorando o produto antes mesmo do seu prazo de validade. Além disso, em alguns casos a contaminação fúngica pode causar danos à saúde dos consumidores devido à produção de micotoxinas (PITT; HOCKING, 2009; SAMSON *et al.*, 2004; GERMANO, GERMANO, 2011; GOUGOULI *et al.*, 2011; DAGNAS; MEMBRÉ, 2013; BERNARDI *et al.*, 2018; BERNARDI *et al.*, 2019).

O aumento populacional e a tendência de consumidores cada vez mais exigentes,

influenciaram a maior demanda por produtos frescos e orgânicos que passam por operações como limpeza, lavagem com água potável, sanitização, enxágue, embalagem e armazenamento (TEIXEIRA *et al.*, 2013). As frutas e hortaliças são os principais produtos nesse mercado, contudo, são dependentes da cadeia de distribuição para sua disponibilidade nos mercados locais e a aplicação de sanitizantes naturais poderá ser uma alternativa viável reduzindo o desperdício, assim surge o glicolípídios: soforolípídios, como uma molécula sustentável e com alto poder antimicrobiano.

2 | SOFOROLÍPIDIOS

Os soforolípídios pertencem à classe dos glicolípídios extracelulares e são estruturalmente compostos por um dissacarídeo soforose (2'-O-β-D-glucopiranosil-1-β-D-glicose) ligado por uma ligação β-glicosídica a uma cadeia longa ácidos graxos, especialmente ácidos palmíticos (C16) ou esteárico (C18). Estes biossurfactantes são sintetizados como uma mistura de moléculas diferentes e podem ser divididos em duas formas principais: acídica e lactônica, e podem ter grupos acetil na sua unidade de soforose com variação nas propriedades físico-químicas e biológicas (ASMER *et al.*, 1988). Além disso, a estrutura da cadeia de ácidos graxos (número de carbono, insaturação e hidroxilação) presente em soforolípídios pode variar de acordo com o substrato utilizado como fonte de carbono hidrofóbico no processo de fermentação (DÍAZ DE RIENZO *et al.*, 2015).

Soforolípídios de forma ácida têm forte capacidade de formação de espuma e solubilidade em água, enquanto soforolípídios de forma lactônica têm a capacidade de diminuir a tensão superficial da água e grande potencial antimicrobiano (LI *et al.*, 2020). Essas moléculas são produzidas principalmente como uma mistura complexa de congêneres, principalmente pelas leveduras não patogênicas *Starmerella bombicola* (LI *et al.*, 2020). As propriedades antimicrobianas dos soforolípídios, tem sido descrita na literatura com resultados expressivos (DA FONTOURA *et al.*, 2020).

De acordo com Hipólito *et al.* 2020, os biossurfactantes recebem significância devido à sua ampla aplicação experimental e vantagens sobre superfícies sintéticas, os soforolípídios são biossurfactantes promissores, classificados como glicolípídios extracelulares e produzidos em meio sustentável.

2.1 Ação microbiana dos soforolípídios

Os soforolípídios tem sido estudado quanto ao seu potencial em aplicações como antimicrobiano desde o final dos anos 1980. Um dos primeiros relatos de soforolípídios como agentes antimicrobianos foi de Wullbrandt *et al.* (1998) que testaram soforolípídios de *S. bombicola* em bactérias Gram positivas: *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus Epidermidis*, *Streptococcus faecium* e *Propionibacterium acne* e obteve efeitos significativos na redução

da viabilidade celular.

A ação antimicrobiana dos soforolipídios está relacionada à sua natureza anfifílica, a qual através de interações sinérgicas entre as porções da soforose e ácido graxo produz o efeito surfactante, sendo capaz de diminuir a tensão interfacial e superficial de compostos e materiais, e assim promover alterações a adesão de microrganismos (PONTES *et al.*, 2016; VALOTTEAU *et al.*, 2017).

A atividade antimicrobiana do soforolipídio é caracterizada por mudanças ou ruptura da membrana, induzindo a lise e possível vazamento do conteúdo citoplasmático das bactérias alvo, relacionado com o efeito das suas porções de açúcar e lipídios. Sendo assim, os soforolipídios, graças as suas características anfifílicas, diminuem a hidrofobicidade das membranas plasmáticas de bactérias, apresentando características bactericidas podendo induzir morte de células e biofilmes de bactérias Gram positivas e Gram-negativas (FREITAS *et al.*, 2021).

A atividade antimicrobiana tem sido objetivo de pesquisa do nosso grupo de pesquisa contra diferentes patógenos. Da Fontoura *et al.* (2020) aplicou soforolipídios de *S. bombicola* produzido com gordura de frango contra bactérias Gram-negativas (*Proteus mirabilis*, *Escherichia coli*, *Salmonella enterica*) e bactérias Gram-positivas (*Enterococcus faecium*, *Staphylococcus aureus* e *Streptococcus mutans*) obtendo redução da viabilidade celular microbiana em concentração de 0,5 mg/mL e 2 mg/mL contra bactérias Gram-positivas e bactérias Gram-negativas, respectivamente.

Hipólito *et al.* 2020 testaram a ação antimicrobiana dos soforolipídios contra 5 espécies de fungos contaminantes de alimentos, com efetiva ação contra *Fusarium oxysporum* e cinco espécies de *Aspergillus* ssp. (0,73 mg/mL), *B. cinerea* (0,43 mg/mL) e *Rhizopus* ssp (0,23 mg/mL).

Caretta *et al.* (2021) verificaram a ação dos soforolipídios contra os fitopatógenos que causam doenças em plantas *B. cinerea*, *Sclerotium rolfsii*, *Rhizoctonia solani* and *Pythium ultimum*.

Silveira *et al.* (2019) testaram a atividade de soforolipídio de *S. bombicola* (ATCC 22214) associados ao ácido láctico contra *Clostridium perfringens* (ATCC® 3624™) e *Campylobacter jejuni* (ATCC® 33560™). Os resultados mostraram que o tratamento combinado de soforolipídio e ácido láctico foi capaz de manter a eficiência antibacteriana em baixas concentrações devido a interação aditiva do soforolipídio e ácido láctico.

Todos esses trabalhos demonstram a capacidade antimicrobiana dos soforolipídios e a ampla área de atuação, levando as buscas pela atividade antimicrobiana contra patógenos de outras áreas, como de frutas e verduras.

Costa *et al.* (2021) testaram uma alternativa para aumentar o prazo de validade dos morangos onde desenvolveram filmes de amido de mandioca com soforolipídios visando a redução da contaminação microbiana e aumento de tempo de validade do morango. A porcentagem de eficácia dos revestimentos do tratamento com amido e com amido acrescido

de soforolipídios (5 e 10%) foi de 25% e 66,6%, respectivamente. Os resultados obtidos neste estudo mostraram pela primeira vez na literatura o potencial uso de soforolipídios produzidos por *S. bombicola* como agentes de revestimentos de morangos agregando importantes propriedades às formulações poliméricas.

Estudos do nosso grupo de pesquisa com soforolipídios produzidos pela levedura *S. bombicola*, como sanitizante, na água de lavagem de carcaças de frango, simulando as etapas do abate e processamento, para redução de contaminantes e prevenção de contaminação cruzada, bem como manutenção da inocuidade das carcaças contra os microrganismos *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli*, coliformes termotolerantes e aeróbios mesófilos, sendo um potencial inovador de grande perspectiva para a indústria avícola, como agente descontaminante, trazendo maior segurança alimentar aos produtos e diminuição das perdas por contaminação (FREITAS *et al.* 2021).

No presente estudo foi desenvolvido uma solução sanitizante com propriedades antimicrobianas, devido à incorporação soforolipídios de *S. bombicola*, para aplicação em frutos tomate cereja (*Solanum lycopersicum var. cerasiforme*) e morango (*Fragaria x ananassa*), pós-colheita, prolongando o tempo de prateleira e aumentando a segurança desses alimentos. Os frutos foram previamente contaminados pelo *B. cinerea* e os soforolipídios foram aplicados nas concentrações de 2 mg/mL e 4 mg/mL (CELLIGOI *et al.* 2022).

Caretta *et al.* 2021 investigaram a estabilidade e a atividade antifúngica do soforolipídio de *S. bombicola* para o fitopatógenos de folhas e frutos de tomate. O soforolipídio na concentração de 2 mg/mL inibiu 95% do crescimento de *P. ultimum*; 75,7% de *B. cinerea*; 64,3% de *R. solani* e 28,5% de *S. rolfsii*. Nos testes contra *B. cinerea* nas folhas de tomate o soforolipídio na concentração de 1 e 4 mg/mL teve uma melhor eficácia de 76,9% e morte do fungo respectivamente, e nos tomates as concentrações de 2 e 4 mg/mL tiveram eficácia 96,27%.

3 | **Botrytis cinerea** E O DESAFIO DA PRESERVAÇÃO DE FRUTAS E VEGETAIS PÓS-COLHEITA

B. cinerea é um fungo ascomiceto, necrotrófico que afeta muitas plantas e frutas macias, sendo classificado entre os principais patógenos fúngicos de plantas que causa doença do mofo cinzento em mais de 1000 espécies de plantas (ELAD *et al.*, 2016; LI *et al.*, 2021; RIGHINI *et al.*, 2021; SAMARAS *et al.*, 2021). Esse fungo pode causar perdas em vegetais em armazenamento pós-colheita uma vez que produz fitotoxinas e enzimas capazes de deteriorar a parede celular vegetal o que induz a necrose de tecidos vegetais favorecendo o processo de infecção e podem causar perdas devastadoras em safras, como uvas, morangos, vegetais e plantas ornamentais em todo o mundo (D'AMBROSIO *et al.*, 2018; DEAN *et al.*, 2012).

B. cinerea é responsável pela infecção de uma imensa parte dos vegetais principalmente no período pós-colheita (D'AMBROSIO *et al.*, 2018). Para controlar a deterioração pós-colheita, existem algumas técnicas prevalentes, como o resfriamento e armazenamento dos vegetais em baixas temperaturas logo após a colheita (YOON *et al.*, 2020; BERNAT, 2017; MERCIER *et al.*, 2017). Outra técnica tradicionalmente utilizada é a aplicação de fungicidas, que gera resíduos com riscos potenciais tanto para o consumidor quanto para o ambiente (GOL *et al.*, 2013). O uso desses descontaminantes, em sua maioria, químicos, tem como finalidade a prevenção e/ou inibição de microrganismos prejudiciais, evitando alterações indesejadas nos vegetais, mantendo a qualidade e aumentando o tempo de prateleira (VINCENZI *et al.*, 2021).

Desta forma há uma crescente conscientização com relação ao consumo de alimentos saudáveis, gerando a necessidade de manter qualidade dos alimentos sem uso de conservantes químicos, conseqüentemente, alternativas naturais, com menor toxicidade, que conservam as características como sabor, odor, consistência e valor nutritivo tem sido a busca deste mercado.

4 I SANITIZANTE PARA FRUTAS CONTENDO SOFOROLIPÍDIOS COMO MOLÉCULA ATIVA MICROBIANA

O sanitizante com o bioativo soforolipídios em concentrações de 2 e 4 mg/mL foi desenvolvido por Celligoi e colaboradores (2022) e aplicado em vegetais: pepino (*Cucumis sativus*) e abobrinha menina (*Cucurbita moschata*) diminuindo a severidade da doença em todos os tratamentos com eficácia de 88,89% no pepino e 88,89% abobrinha.

Resultados satisfatórios na preservação pós colheita de vegetais devido a aplicação do sanitizante à base de soforolipídios já foram apresentados por Celligoi *et al.* (2022) em diferentes vegetais, Caretta *et al.* (2021) em folhas e frutos de tomate e em filmes de revestimento em morangos Costa *et al.* (2021) contendo soforolipídios como ativo microbiano, o grupo de pesquisa define a aplicação do sanitizante a base de soforolipídios em frutas, tomate e morango.

O sanitizante contendo a molécula de soforolipídio como bioativo microbiano, foi testado em tomate cereja (*Solanum lycopersicum var. cerasiforme*), morango (*Fragaria x ananassa*) objetivando a minimização de contaminação e posterior deterioração destes frutos após sua colheita e conseqüente aumento do prazo de distribuição e comercialização dos mesmos.

Os frutos (tomates e morangos) foram inoculados com 10 μ L 1×10^6 esporos/mL de *Botrytis cinerea* e tratados com os sanitizantes com soforolipídios nas concentrações de 2 e 4 mg/mL de soforolipídios. Sendo o tratamento curativo a solução sanitizante foi aspergida nos frutos após a infecção, e o tratamento preventivo a solução sanitizante foi aspergida nos frutos não infectados. O controle foi realizado somente com aspersão de

água destilada.

Os resultados demonstraram que a solução sanitizante de soforolipídios foi capaz de diminuir a severidade da doença em todos os tratamentos com eficácia de 66,67% no tomate com 2mg.mL de soforolipídio e 80% no morango na concentração de 4 mg. mL, resultados que mostraram diferenças significativas e melhores n (Tabela 1).

Tratamentos			Soforolipídios (mg. mL ⁻¹)			
			0	2	4	
Tomate Cereja (<i>Solanum lycopersicum</i> var. <i>cerasiforme</i>)	Curativo	Severidade (%)	75 ^a	50 ^b	50 ^b	
		Eficácia (%)	0 ^A	33 ^B	33,33 ^D	
	Preventivo	Severidade (%)	75 ^a	25 ^c	33 ^d	
		Eficácia (%)	0 ^A	66,67 ^C	55,56 ^D	
	Morango (<i>Fragaria x ananassa</i>)	Curativo	Severidade (%)	88,33 ^a	58,33 ^b	41,67 ^c
			Eficácia (%)	0 ^A	30 ^B	50 ^C
Preventivo		Severidade (%)	88,33 ^a	41,67 ^c	16,67 ^d	
		Eficácia (%)	0 ^A	50 ^C	80 ^D	

As letras diferentes na mesma linha indicam diferenças significativas ($P \leq 0,05$) de acordo com o teste de Tukey.

Table 1. Severidade e eficácia dos sanitizante com 2 e 4 mg/mL de soforolipídios em tomate cereja e morango contaminados com *Botrytis cinerea*

Esses resultados revelam que o sanitizante a base de soforolipídio foi eficaz quando usado preventivamente e que os soforolipídios são moléculas promissoras contra o principal fitopatógeno do tomate e morango. Os percentuais de infecção da doença nos frutos inoculados e o percentual de eficácia dos tratamentos foram determinados com base na escala de danos nos frutos do primeiro (dia 1) até 32 dias de armazenamento para o tomate e 16 dias de armazenamento para o morango.

Em tomate-cereja a infecção pelo *B. cinerea* foi capaz de danificar o tomate induzindo lesão que resultou em 100% da severidade nos frutos controles tratados somente com água destilada. Por outro lado, todos os tratamentos apresentaram diferença significativa em relação ao controle, sendo que sanitizante contendo 4 mg/mL de soforolipídios demonstrou mais eficiência contra as lesões necróticas conforme demonstrado na Figura 1. Os frutos de tomate inoculados com *B. cinerea* e tratados com o sanitizante apresentaram uma maior vida de prateleira.

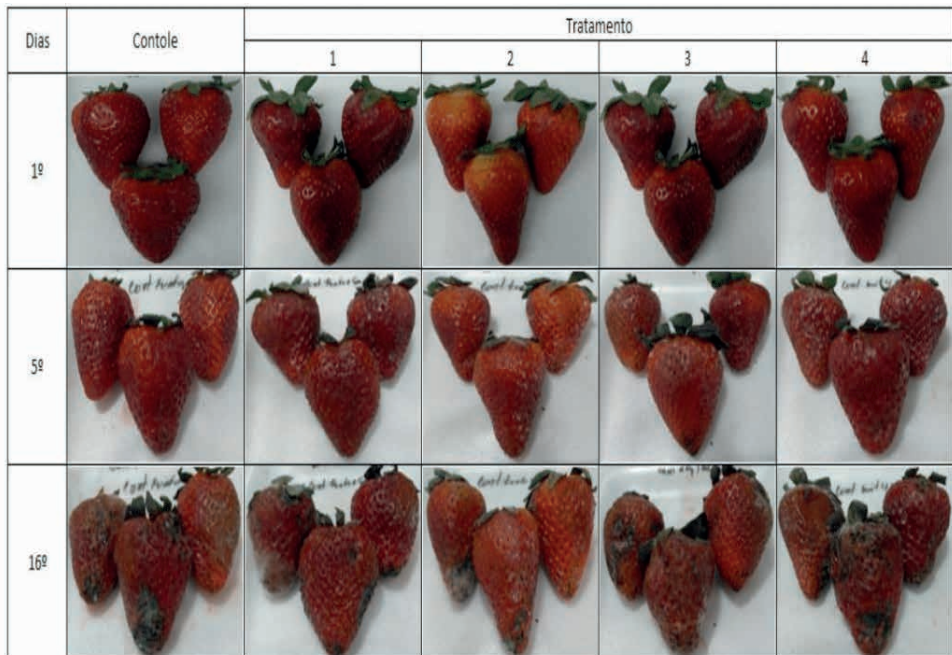
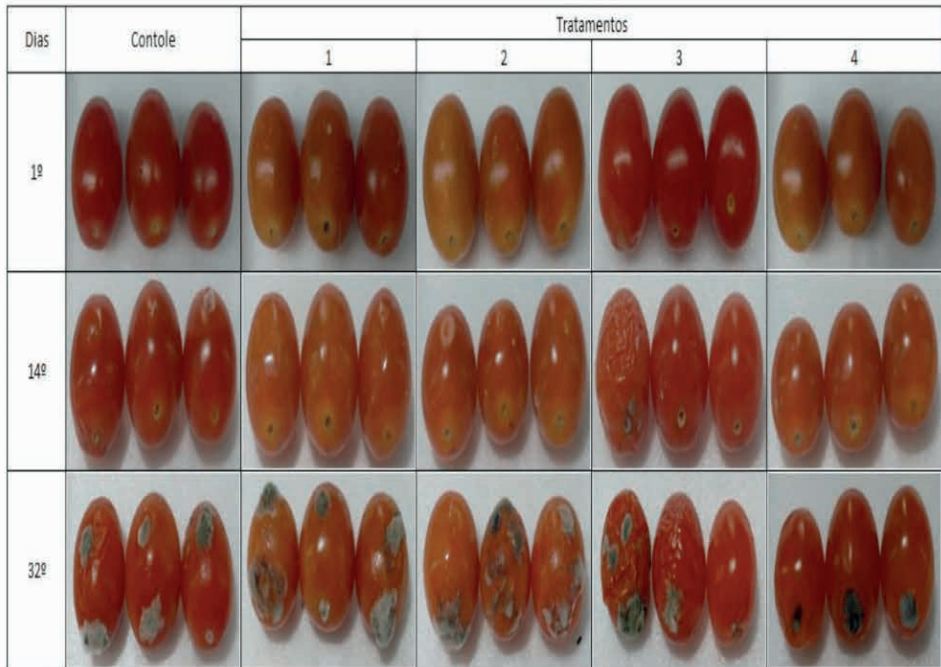


Figura 1. Atividade sanitizante de sofrorolipídios em tomates e morango, infectado e não infectado, com *Botrytis cinerea* durante o armazenamento

Em morangos, o tratamento com sanitizante com a concentração de 4 mg/mL demonstrou ser eficaz inibindo significativamente o crescimento de *B. cinerea* em

comparação com o controle (Figura 1).

Os morangos não tratados apresentaram um crescimento evidente de fungos após 5 dias em suas condições naturais (Figura 1).

Os resultados demonstraram que a biomolécula de soforolipídio apresenta atividade antimicrobiana contra o fungo *B. cinerea*. A eficácia de prevenção, ao aplicar a solução sanitizante, 2mg/mL de soforolipídios, contra *B. cinerea* foi superior a 50% nos frutos testados. E o tratamento curativo utilizando o sanitizante a base de soforolipídios, possibilitou um tempo prateleira mais prolongado.

5 | PERSPECTIVAS FUTURAS

A biomolécula, soforolipídio, demonstra ser um promissor sanitizante natural pela sua alta ação antimicrobiana e sustentável quanto a sua produção. Também demonstra grande ação contra o fitopatógeno *B. cinerea*, podendo ser uma alternativa aos fungicidas convencionais utilizados no processo de pós-colheita.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES – Brasil) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

REFERÊNCIAS

ASMER, H.; LANG, S.; WAGNER, F. *et al.* Microbial production, structure elucidation and bioconversion of sophorose lipids. **J Am Oil Chem. Soc.** **65**, 1460-1466, 1988. <https://doi.org/10.1007/BF02898308>

BERNARDI, O. A.; STEFANELLO A.; GARCIA M. V.; PARUSSOLO G, STEFANELLO, R. F.; MORO, C. B.; COPETTI M.V Efficacy of commercial sanitizers against fungi of concern in the food industry. **LWT**, v. 97, p. 25-30, 2018.

BERNARDI, O. A, SILVA T. S, STEFANELLO A, GARCIA M. V, PARUSSOLO G, DORNELLES P. R. C, COPETTI M.V Sensitivity of food spoilage fungi to a smoke generator sanitizer. **Int J Food Microbiol.** 2019 Jan 16;289:72-76. doi: 10.1016/j.ijfoodmicro.2018.09.004. Epub 2018 Sep 6. PMID: 30205309.

BERNAT, M.; SEGARRA, J.; XU, X. M.; CASALS, C.; USALL, J. Influence of temperature on decay, mycelium development and sporodochia production caused by *Monilinia fructicola* and *M. laxa* on stone fruits. **Food Microbiology**, London, v. 64, p. 112-118, 2017.

CARETTA, T. DE O., SILVEIRA, VAI, ANDRADE, G., MACEDO, F., & CELLIGOI. Antimicrobial activity of sophorolipids produced by *Stammerella bombicola* against phytopathogens from cherry tomato. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, 2021.

Celligoi, M. A. P. C.; Ferreira, E.; Baldo, C.; Andrade, G.; CARETTA, T. O.; Fonseca, G.F. Solução sanitizante para vegetais com soforolipídios. Patente BR10202200969, **INPI - Instituto Nacional da Propriedade Industrial**, 2022.

CEPEA, Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada; CNA, Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil. **PIB do agronegócio**. 2021.

COSTA, N J A.; Baldo, C.; Caretta, T. O.; Celligoi, M. A. P. C. Aplicação de sofrorolipídios produzidos por *Starmerella bombicola* em filmes ativos para revestimento de morangos Application of sophorolipids produced by *Starmerella bombicola* in active films for strawberries coating. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 9, p. 88834-88849, 2021.

D'AMBROSIO, J. M., GONORAZKY, G., SUELDO, D. J., MORAGA, J., DI PALMA, A. A., LAMATTINA, L., COLLADO, I. G., & LAXALT, A. M. (2018). The sesquiterpene botrydial from *Botrytis cinerea* induces phosphatidic acid production in tomato cell suspensions. **Planta**, 247(4), 1001–1009. <https://doi.org/10.1007/s00425-018-2843-8>

DA FONTOURA, I. C. C.; SAIKAWA, G. I. A.; SILVEIRA, V. A. I.; PAN, N. C.; AMADOR, I. R.; BALDO, C.; ROCHA, S. P. D.; CELLIGOI, M. A. P. C. Antibacterial activity of sophorolipids from *Candida bombicola* against human pathogens. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 63, p. 1–10, 2020.

DAGNAS, S.; MEMBRÉ, J. M. Predicting and preventing mold spoilage of food products. **J. Food Prot.** 76, 538-551, 2013.

DEAN, R., VAN KAN, J.A.L., PRETORIUS, Z.A., HAMMOND- KOSACK, K.E., DI PIETRO, A., SPANU, P.D., *et al.* The top 10 fungal pathogens in molecular plant pathology. **Mol Plant Pathol** 13: 414–430 (2012).

DÍAZ DE RIENZO, M. A.; BANAT, I. M.; DOLMAN, B.; WINTERBURN, J.; MARTIN, P. J. Sophorolipid biosurfactants: possible use as antibacterial and antibiofilm agent. **New Biotechnology**, v. 32, n. 6, p. 720–726, 2015.

ELAD, Y., PERTOT, I., PRADO, A.M.C., AND STEWART, A. Plant hosts of *Botrytis* spp. In *Botrytis—The Fungus, the Pathogen and Its Management in Agricultural Systems*: Cham: Springer, pp. 413–486, 2016.

FREITAS, C. A. U. Q.; SILVEIRA, V. A. I.; BORSATO, D.; BIZ, G.; PEDRÃO, M. R.; CELLIGOI, M. A. P. C. Sophorolipids by the *Starmerella bombicola* as sanitizer in carcass washing by aspersion and immersion in slaughtering and poultry processing. **Research, Society and Development**, [S. l.], v. 10, n. 8, p. e13110815210, 2021. DOI: 10.33448/rsd-v10i8.15210. 2021.

GERMANO, P.M.L.; GERMANO, M.I.S. Higiene e vigilância sanitária de alimentos. 4ª ed., **Editora Manole**, Barueri-SP, 1034p, 2011.

GOL, N.B.; PATEL, P.R.; RAO, T.V.R. Improvement of quality and shelf-life of strawberries with edible coatings enriched with chitosan. **Posthaverst Biology and Technology**, v. 85, p. 185-195, 2013.

GOUGOULLI, M.; KALANTZI, K.; BELETSIOTIS, E.; & KOUTSOUMANIS, K.P. Development and application of predictive models for fungal growth as improve to quality control in yogurt production. **Food Microbiology**, 28, 1453-1462, 2011.

HIPÓLITO, A., ALVES DA SILVA, R.A., CARETTA, T.D., SILVEIRA, V.A., AMADOR, I.R., PANAGIO, L.A., BORSATO, D., & CELLIGOI, M.A. Evaluation of the antifungal activity of sophorolipids from *Starmerella bombicola* against food spoilage fungi. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 29, n. September, p. 101797, 2020.

WULLBRANDT, D.; LANG, S. *Candida bombicola* : production of novel alkyl glycosides based on glucose/2-dodecanol. **Applied Microbiology and Biotechnology**, 27 ago. 1998. v. 50, n. 2, p. 161–166.

LI, ZHENBIAO; CAO, ZIDAN; CHEN, Yi; JIANG, SHU, SHAO, XINGFENG; WEI, YINGYING. The Jasmonic Acid Signaling Pathway is Associated with Terpinen-4- ol-Induced Disease Resistance against *Botrytis cinerea* in Strawberry Fruit. **J. Agric. Food Chem.**, 69, 10678–10687. 2021.

LI Y, GAO N, ZHANG X, ZHAO G, SONG X. Sophorolipid Production Using Lignocellulosic Biomass by Co-culture of Several Recombinant Strains of *Starmerella bombicola* with Different Heterologous Cellulase Genes from *Penicillium oxalicum*. **Appl Biochem Biotechnol**. 2021 Feb;193(2):377-388. doi: 10.1007/s12010-020-03433-4. Epub 2020 Oct 2. PMID: 33006017.

MERCIER, S.; VILLENEUVE, S.; MONDOR, M.; UYSAL, I. Time–Temperature Management along the food cold chain: a review of recent developments. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v.16, n.4, p.647–667, 2017.

PITT, J. I.; HOCKING, A. D. *Fungi and Food Spoilage*, third. ed. **Springer**, New York, 2009.

PONTES, C., ALVES, M., SANTOS, C., RIBEIRO, M. H., GONÇALVES, L., BETTENCOURT, A. F. & RIBEIRO, I. A. C. (2016). Can Sophorolipids prevent biofilm formation on silicone catheter tubes? **International Journal of Pharmaceutics**, 513 (1 –2), 697–708.

RIGHINI, H.; DI FOGGIA, M.; FRANCIOSO, O.; QUINTANA, A. M.; ROBERTI, R. Assessing the Potential of the Terrestrial Cyanobacterium *Anabaena minutissima* for Controlling *Botrytis cinerea* on Tomato Fruits. **Horticulturae** 2021, 7, 210. [https:// doi.org/10.3390/horticulturae7080210](https://doi.org/10.3390/horticulturae7080210)

SAMARAS, A., HADJIPETROU, C., & KARAOGLANIDIS, G. (2020). *Bacillus amyloliquefaciens* strain QST713 may contribute to the management of SDHIs resistance in *Botrytis cinerea*. **Pest Management Science**. doi: 10.1002/ps.6145. Volume 77, Edição 3. Março de 2021, Páginas 1316-1327

SAMSON, R. A.; FRISVAD, J. C.; HOEKSTRA, E. S. *Introduction to Food and Airborne Fungi*. **Centraalburureau voor Schimmelcultures**, Utrecht, 2004.

SILVEIRA, V. A. I.; NISHIO, E. K, URZEDO, C. A. Q. F.; AMADOR, I.R, KOBAYASHI, R. K. T.; CARETTA, T. O.; CELLIGOI, M. A. P. C. Production and antimicrobial activity of sophorolipid against *Clostridium perfringens* and *Campylobacter jejuni* and their additive interaction with lactic acid. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**. 2019.

TEIXEIRA, I.; GARCIA, L. A. F. Fatores determinantes da demanda de produtos orgânicos no município de Cascavel–PR. **Revista Ciências Sociais em Perspectiva**, v. 12, n. 23, 2013.

VALOTTEAU, C., BANAT, I. M., MITCHELL, C. A., LYNDON, H., MARCHANT, R., BABONNEAU, F., PRADIER, C. M., BACCILE, N. & HUMBLOT, V. (2017). **Antibacterial properties of sophorolipid - modified gold surfaces against Gram positive and Gram-negative pathogens**. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 157, 325 – 334.

VINCENZI, D.; DE JESUS MENDES, L.; MOTA, V. M. Aditivos como conservantes químicos. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 7, n. 9, p. 821-849, 2021.

YOON, Y.S.; Ameer, K.; Song, B.S.; Kim, J. K.; Park, H. Y. Lee, K.C. Eun, J.B. Park, J. H. Effects of X-ray irradiation on the postharvest quality characteristics of 'Maehyang' strawberry (*Fragaria x ananassa*). **Food Chemistry**, v. 325, p.126817, 2020.