RESSALVA

Atendendo solicitação da autora) o texto completo desta dissertação será disponibilizado somente a partir de 11/04/2026.

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS – RIO CLARO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (BIOLOGIA CELULAR, MOLECULAR E MICROBIOLOGIA)

Efeito da concentração de eugenol contra *Xanthomonas citri* e na biodegradação e ecotoxicidade de biogel de quitosana

GIOVANNA GENNARI KASA

Rio Claro – SP
2025

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
INSTITUTO DE BIOCIÊNCIAS – RIO CLARO

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS BIOLÓGICAS (BIOLOGIA CELULAR, MOLECULAR E MICROBIOLOGIA)

EFEITO DA CONCENTRAÇÃO DE EUGENOL CONTRA *XANTHOMONAS CITRI* E NA BIODEGRADAÇÃO E ECOTOXICIDADE DE BIOGEL DE QUITOSANA

GIOVANNA GENNARI KASA

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências do Câmpus de Rio Claro, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas (Biologia Celular, Molecular e Microbiologia).
Orientador: Dr. Michel Brienzo
Coorientador: Dr. Henrique Ferreira

Rio Claro – SP
2025

K19e

Kasa, Giovanna Gennari
Efeito da concentração de eugenol contra Xanthomonas citri e na biodegradação e ecotoxicidade de biogel de quitosana / Giovanna Gennari Kasa. -- Rio Claro, 2025
71 p.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências, Rio Claro
Orientador: Michel Brienzo
Coorientador: Henrique Ferreira

1. Microbiologia Aplicada. 2. Xanthomonas citri. 3. Quitosana. I. Título.

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Dados fornecidos pelo autor(a).

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: Efeito da concentração de eugenol contra Xanthomonas citri e na biodegradação e ecotoxicidade de biogel de quitosana

AUTORA: GIOVANNA GENNARI KASA
ORIENTADOR: MICHEL BRIENZO
COORIENTADOR: HENRIQUE FERREIRA

Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestre em Ciências Biológicas (Biologia Celular, Molecular e Microbiologia), área: Estrutura, Função e Produção de Biomoléculas pela Comissão Examinadora:

gov.br Documento assinado digitalmente
MICHEL BRIENZO
Data: 15/04/2025 14:57:18-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. MICHEL BRIENZO (Participaçao Virtual)
Laboratorio de Caracterizacao de Biomassa / Instituto de Pesquisa em Bioenergia IPBEN UNESP Rio Claro

gov.br Documento assinado digitalmente
BEN HUR MATTIUZZO
Data: 21/04/2025 09:15:59-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Prof. Dr. BEN-HUR MATTIUZZO (Participaçao Virtual)
Departamento de Biologia Geral e Aplicada / Unesp - IB Rio Claro

Prof. Dr. GUILHERME DILARRI (Participaçao Virtual)
Departamento de Engenharia de Pesca e Ciências Biológicas / Universidade do Estado de Santa Catarina - UDESC

gov.br Documento assinado digitalmente
GUILHERME DILARRI
Data: 16/04/2025 15:01:16-0300
Verifique em https://validar.iti.gov.br

Rio Claro, 11 de abril de 2025

AGRADECIMENTOS

Gostaria de agradecer a todos que fizeram parte e colaboraram para a realização deste trabalho. Quando escolhemos ser pesquisador imergimos em um novo universo, cercado de novos desafios e aprendizagem. Gerando impacto na ciência e tecnologia do país. Sendo assim, gostaria de agradecer a Unesp e ao IPBEN que forneceram toda a infraestrutura para que eu realizasse a minha pesquisa, além de me proporcionarem um espaço seguro e acolhedor, ao meu orientador Prof. Dr. Michel Brienzo que me instruiu proporcionando amadurecimento profissional e humano, ao meu coorientador Prof. Dr. Henrique Ferreira que abriu as portas do seu laboratório e confiou em mim como cientista, auxiliando no meu rigor científico, amadurecimento e proporcionando a minha imersão em uma equipe muito bem treinada, além de acolhedora e que fez meus dias mais leves, aos meus parceiros de laboratório e hoje amigos que me ensinaram diariamente que o esforço da pós-graduação é convertido em resiliência, parceria e acima de tudo compreensão de que somos a parte de um todo admirável, a ciência, aos meus familiares, parceiros e amigos que me acompanharam nessa jornada, vocês sempre foram a base para que eu me observasse capaz de cada desafio que me proponho a realizar.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

O Brasil domina mais de 70% do mercado global de laranja e suco de laranja, sendo a citricultura fundamental para a economia, especialmente em São Paulo. No entanto, enfrenta desafios como o cancro cítrico, que é controlado por soluções à base de cobre para prevenir a infecção pela *Xanthomonas citri*. Este estudo avaliou o eugenol puro (SA – EU98) e em formulações (SC – EU5 e SC – EU90) como alternativa ao controle da bactéria, tanto *in vitro*, como em casa de vegetação. Filmes de quitosana e carreados com eugenol (1, 4 e 8%) foram avaliados quanto a suas propriedades físico-químicas, desintegração/biodegradação em condições de casa de vegetação. Testes *in vitro* indicaram que SC – EU5 e SA – EU98, nas concentrações de 0,5% e 1%, foram eficazes e selecionados para ensaios em casa de vegetação. O composto SC – EU5 reduziu as lesões em 7,4 vezes, SA – EU98 em 5,7 vezes, e o cobre apresentou a maior redução, em 9,2 vezes. Em casa de vegetação, com umidade relativa do ar variando de 31,48% a 98,71%, e temperatura de 15,48 Cº a 43,88 Cº, a desintegração dos filmes levou cerca de 60 dias, sendo que nem todos os filmes foram totalmente biodegradados. Além disso, foi possível registrar diferenças entre os grupos contendo quitosana e quitosana carreada com eugenol em relação a espessura e solubilidade. Já nos dados de absorbância, TGA e DSC, foi possível observar uma tendência na mudança do comportamento dos dados conforme o aumento da concentração de eugenol. A análise da biodegradação e da atividade enzimática indicou que concentrações de 1% e 4% ($m.m^{-1}$) de eugenol estimularam a atividade da β-glicosidase, enzima associada à degradação do carbono orgânico, enquanto concentrações superiores não apresentaram efeitos significativos. Já a atividade da arilsulfatase, responsável pela captação de sulfato, demonstrou uma tendência de redução conforme o aumento da concentração de eugenol, entretanto testes complementares com outros valores de eugenol devam ser realizados. Os resultados indicam que a formulação SC – EU5 aumenta significativamente a eficácia do eugenol puro e reforçam seu potencial como alternativa ao controle do cancro cítrico, sendo uma alternativa ambientalmente mais amigável ao comparar-se ao cobre.

Palavras-chave: Cancro cítrico; Citricultura; Bioplástico; Compostos ativos; Fitotoxicidade*;* Biodegradação, β-Glicosidase, Arilsulfatase.

ABSTRACT

Brazil dominates over 70% of the global orange and orange juice market, with citrus farming being a key sector for the economy, especially in São Paulo. However, the industry faces challenges such as citrus canker, which is typically controlled using copper-based solutions to prevent infection by *Xanthomonas citri*. This study evaluated pure eugenol (SA – EU98) and its formulations (SC – EU5 and SC – EU90) as alternative means of controlling the bacterium, both in vitro and in greenhouse conditions. Chitosan-based films, loaded with eugenol (1%, 4%, and 8%), were assessed for their physicochemical properties and degradation/biodegradation under greenhouse conditions. In vitro tests showed that SC – EU5 and SA – EU98, at concentrations of 0.5% and 1%, were effective and selected for greenhouse trials. The SC – EU5 formulation reduced lesions by a factor of 7.4, SA – EU98 by 5.7, while copper demonstrated the highest reduction, at 9.2-fold. Under greenhouse conditions—with relative humidity ranging from 31.48% to 98.71% and temperature from 15.48 °C to 43.88 °C—the films took approximately 60 days to degrade, though not all films were completely biodegraded. Additionally, differences were observed between chitosan-only films and those containing chitosan and eugenol in terms of thickness and solubility. Absorbance data, TGA, and DSC analyses revealed trends indicating changes in behavior as eugenol concentration increased. Biodegradation and enzymatic activity analysis showed that 1% and 4% (w/w) eugenol concentrations stimulated β-glucosidase activity, an enzyme associated with organic carbon degradation, while higher concentrations had no significant effect. Arylsulfatase activity, responsible for sulfate acquisition, tended to decrease as eugenol concentration increased, although further tests with additional concentrations should be conducted. The results indicate that the SC – EU5 formulation significantly enhances the efficacy of pure eugenol and reinforces its potential as an environmentally friendly alternative to copper in the control of citrus canker.

Keywords: Citrus canker; Citriculture; Bioplastic; Active compounds; Phytotoxicity; Biodegradation; β-Glucosidase; Arylsulfatase.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO e JUSTIFICATIVA 8
2. REVISÃO DE LITERATURA 10
2.1. Citricultura e o cancro cítrico 10
2.2. Compostos bioativos como alternativas ao cobre 11
2.3. Quitosana 12
2.4. Biodegradação e ecotoxicidade 14
3. OBJETIVOS 15
3.1. Objetivos específicos 15
4. MATERIAIS E MÉTODOS 16
4.1. Eugenol e formulação de eugenol 16
4.2. Formação de biogel de quitosana 17
4.3. Caracterização do biogel 17
4.3.1. Espessura 17
4.3.2. Opacidade 18
4.3.3. Solubilidade em água 18
4.3.4. Umidade do bioplástico 18
4.3.5. Análise Differential Scanning Calorimetry (DSC) 19
4.6. Diversidade microbiana 20
4.8. Avaliação da ecotoxicidade em sementes 23
4.9. Linhagem e cultivo microbiano 24
4.10. Inibição do crescimento bacteriano 24
4.11. Teste protetivo em casa de vegetação 25
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO 26
5.1. Análises Físico-químicas do composto (SA – EU98) 27
5.1.1 Solubilidade do filme de quitosana e quitosana carregada com eugenol 28
5.1.3. Umidade do biofilme de quitosana e quitosana carregada com eugenol 30
5.1.4. Análise Differential Scanning Calorimetry (DSC) de quitosana e quitosana carregada com eugenol 31
5.1.5. Absorbância UV-Vis do biofilme de quitosana e quitosana carregada 34
5.2 Inibição do crescimento bacteriano por eugenol e fórmula de eugenol 35
5.4. Atividade microbiana em solo após biodegradação de filme de quitosana e quitosana carregada com eugenol 44
5.5. Avaliação da ecotoxicidade em sementes 48
5.6. Inibição do crescimento bacteriano 55
5.7. Potencial protetivo do eugenol e formulação em casa de vegetação 56

6. CONCLUSÃO 58
7. REFERÊNCIAS 59
8. MATERIAL SUPLEMENTAR 71

1. INTRODUÇÃO e JUSTIFICATIVA

De acordo com o relatório mais recente do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA,2024), na safra 2023/24, o Brasil manteve sua posição de destaque na produção global de laranjas e suco de laranja. O país foi responsável por aproximadamente 30% da produção mundial de laranjas e por cerca de 65% do volume global de suco de laranja, dominando mais de 70% do mercado internacional de suco de laranja. A liderança contínua do Brasil nesse setor é atribuída a fatores como condições climáticas favoráveis, técnicas avançadas de cultivo e uma indústria de processamento bem desenvolvida.

Além da importância no comércio externo, o setor citrícola possui uma grande geração de empregos. Segundo o Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (Caged), a indústria citrícola é o setor agrícola que mais emprega no estado de São Paulo, com uma taxa de um empregado para cada nove hectares cultivados. Para comparativo, o setor da cana possui taxa de um empregado para cada 80 hectares cultivados (CAGED, 2018). Embora o domínio brasileiro em citricultura, o setor ainda sofre com problemas como o cancro cítrico, que é uma doença causada pela bactéria *Xanthomonas citri* subsp. *citri* (*X. citri*). O Cancro cítrico não tem cura e o seu combate dá-se por meio da aplicação de soluções a base de cobre, que visa impedir a infecção e disseminação da bactéria (FUNDECITRUS, 2018).

Atualmente o cobre mostra-se eficaz no contexto de controle do cancro cítrico, entretanto, existem diversas evidências de que sua aplicação resulte em efeitos negativos ao meio ambiente (BEHLAU et al., 2017). Visto que o acúmulo de cobre pode ocasionar mudanças na anatomia, morfologia e fisiologia de diversas espécies vegetais ocasionando danos às raízes, diminuição da absorção de nutrientes e água, além da redução da taxa fotossintética (Ambrosini et al., 2015; Bochicchio et al., 2015). Desta forma, para reduzir o uso massivo de cobre nosso grupo de pesquisa tem desenvolvido diversos compostos ativos capazes de combater *X. citri* (DILARRI, 2021).

Uma alternativa consiste no composto bioativo eugenol (objeto do presente estudo). Segundo a literatura, apresenta caráter promissor no controle bactericida, além de ser um composto natural extraído a partir do óleo de cravo e que utiliza processos menos danosos ao meio ambiente. Por ser uma alternativa em potencial, o eugenol encontra-se presente em diversos estudos já realizados, inclusive propostos

pelo presente grupo de pesquisa e por outros pesquisadores (ZAMUNER *et al*., 2020; RODRIGUES *et al*., 2023; DA CRUZ SILVA *et al*., 2021; LIS *et al*., 2017; SAKKAS *et al*., 2017; UMA et al., 2017; ZHAO *et al*., 2017).

Considerando-se os efeitos bactericidas do eugenol e sabendo-se que os hidrogéis constituem redes poliméricas tridimensionais que adquirem água quando colocados em contato com a mesma, mas que não perdem sua base estrutural neste processo (DOMALIK-PYZIK et al., 2019). Há, portanto, um interesse crescente nos hidrogéis em decorrência de sua biocompatibilidade, elaboração facilitada, além de diversas aplicações como, por exemplo sua associação ao eugenol.

Os hidrogéis têm sido amplamente aplicados em diversas áreas como, por exemplo, na administração de nutrientes, medicamentos, engenharia de tecidos e outras diversas no cenário econômico mundial (QASIM et al., 2018). Este fator deve-se as suas diversificadas utilidades e em particular aquelas desenvolvidas a partir de polissacarídeos como a quitosana, a pectina, o alginato de sódio e o amido (QASIM et al., 2018).

Desta forma, a quitosana, utilizada no presente estudo, pode ser obtida por meio da desacetilação da quitina que consiste em um popular biomaterial polissacarídico sendo composto a partir de β-(1–4)-2-acetamido-2-desoxi-β-d-glucopiranose e de 2-amino-2-desoxi-β-d-glicopiranose com valor de pKa variando de 6,3 a 6,5 (CHOI et al., 2016). Além disso, a quitosana possui carga superficial positiva dos grupos amino da glucosamina (monômero da quitosana) em pH < 6,3, permitindo, portanto, uma maior interação com as membranas celulares microbianas carregadas negativamente (HOSSEINNEJAD; JAFARI, 2016).

Na presente proposta, foi avaliada formulações industriais a base de eugenol, determinando as concentrações bacteriostáticas/bactericidas, o efeito protetivo em casa de vegetação e seu efeito de fitotoxicidade em sementes de alface e tomate. Além disso, o presente projeto de pesquisa visou avaliar como o eugenol em diferentes concentrações no biogel de quitosana atuou no processo de biodegradação em solo (condições de casa de vegetação), bem como o seu impacto na atividade microbiológica.

6. CONCLUSÃO

O presente estudo analisou a eficácia antimicrobiana de diferentes formulações de eugenol, destacando-se as formulações SC – EU5 e SA – EU98. O composto SC – EU5, contendo 0,5% de eugenol, demonstrou ser bactericida em concentrações

menores do que o eugenol puro (AS – EU98) a 1%. As formulações foram testadas também em casa de vegetação e demostraram redução no número de lesões de *Xanthomonas citri*, quando comparadas ao controle (cobre Difere). Os resultados indicam, também, que as amostras com maior concentração de eugenol apresentaram biodegradação visualmente mais acelerada somente após 30 dias de exposição, possivelmente devido à finalização da liberação prolongada do composto. Já em relação à atividade enzimática para monitorar biodegradação, observou-se que concentrações de eugenol em 1% e 4% ($m.m^{-1}$) favoreceram o aumento da atividade da β-glicosidase, enzima associada à degradação do carbono orgânico e à qualidade do solo. No entanto, para concentrações superiores, essa atividade enzimática não apresentou variações significativas. Por outro lado, a atividade da arilsulfatase, enzima envolvida na hidrólise de sulfatos orgânicos, mostrou uma tendência de redução à medida que a concentração de eugenol aumentava, sendo que o grupo com 8% ($m.m^{-1}$) apresentou atividade estatisticamente similar ao controle. Esse efeito pode estar relacionado à interferência da quitosana e do eugenol na captação de sulfato, impactando processos metabólicos quando aplicado em altas concentrações. Ademais, a análise da atividade respiratória celular revelou que o grupo contendo quitosana e 4% de eugenol ($m.m^{-1}$) apresentou os maiores valores de unidade de fluorescência, indicando maior atividade metabólica em comparação ao controle e aos demais tratamentos. Dessa forma, os achados sugerem que concentrações moderadas de eugenol (1% e 4%) podem estimular a atividade da β-glicosidase e a respiração celular, enquanto concentrações mais elevadas (acima de 8%) tendem a reduzir a atividade da Arilsulfatase, o que pode influenciar a disponibilidade de sulfato e processos metabólicos no solo. Esses fatores devem ser considerados para aplicações futuras envolvendo a combinação de quitosana e eugenol. Em resumo, as formulações SC – EU5 e SA – EU98 mostraram-se promissoras como alternativas ao uso de cobre no tratamento de *X. citri*, contribuindo para práticas agrícolas mais sustentáveis.

7. REFERÊNCIAS

ABDOLLAHI, M.; REZAEI, M.; FARZI, G. A novel active bionanocomposite film incorporating rosemary essential oil and nanoclay into chitosan. **Journal of Food Engineering**, vol. 111: 343–350, 2012.

Acosta-Martínez V., Tabatabai MA. Enzimas do ciclo do fósforo. RP Dick (Ed.), Métodos de Enzimologia do Solo, **Soil Sci. Soc. Am**, Madison, WI (2011), pp. 161 – 184.

A. Aguanell, M.L. del Pozo, C. Pérez-Martín, et al. Chitosan sulfate-lysozyme hybrid hydrogels as platforms with fine-tuned degradability and sustained inherent antibiotic and antioxidant activities. **Carbohydr Polym**, 291 (2022), Article 119611

AGRICULTURE, U.S. Department of. *Citrus:* World Markets and Trade. Washington, D.C.: **USDA, 2024**. Disponível em: https://www.fas.usda.gov/data/citrus-world-markets-and-trade. Acesso em: 25 fev. 2025.

Alef, K., Nannipieri, P. (1995): Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry. - **Academic Press**.

A. Bernkop-Schnurch, D. Guggi, Y. Pinter. Thiolated chitosans: Development and in vitro evaluation of a mucoadhesive, permeation enhancing oral drug delivery system. **Journal of Controlled Release**, 94 (1) (2004), pp. 177-186.

Ahuja, N., Singh, H. P., Batish, D. R., & Kohli, R. K. (2015). Eugenol-inhibited root growth in Avena fatua involves ROS-mediated oxidative damage. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, 118, 64–70. https://doi.org/10.1016/J.PESTBP.2014.11.012

A. Sionkowska, K. Lewandowska, M. Michalska , M. Walczak. Caracterização de compósitos 3D de fibroína de seda modificados por colágeno. **J. Mol. Liq**., 215 (2016), pp. 323 - 327, 10.1016/j.molliq.2015.12.047.

ÁLVAREZ-MARTÍNEZ, F. J.; BARRAJÓN-CATALÁN, E.; HERRANZ-LÓPEZ, M.; MICOL, V. Antibacterial plant compounds, extracts and essential oils: An updated review on their effects and putative mechanisms of action. **Phytomedicine**, v. 90, p. 153626, 2021. https://doi.org/10.1016/j.phymed.2021.153626.

AMBROSINI, V. G.; ROSA, D. J.; PRADO, J. P. C.; BORGHEZAN, M.; MELO, G. W. B. de; SOARES, C. R. F. de S.; COMIN, J. J.; SIMÃO, D. G.; BRUNETTO, G. Reduction of copper phytotoxicity by liming: a study of the root anatomy of young vines (Vitis labrusca L.). **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 96, p. 270-280, Nov. 2015.

Baltierra-Trejo, E., Márquez-Benavides, L., & Sánchez-Yáñez, J. M. (2015). Inconsistencies and ambiguities in calculating enzyme activity: The case of laccase. **Journal of Microbiological Methods**, *119*, 126–131. https://doi.org/10.1016/j.mimet.2015.10.007

BANGYEKAN, C.; AHT-ONG, D.; SRIKULKIT, K. Preparation and properties evaluation of chitosan-coated cassava starch films. **Carbohydrate Polymers**, vol. 63, p. 61–71, 2006.

BATTAGIN, T. S.; CACCALANO, M. N.; DILARRI, G.; ZAMUNER, C. F. C.; ALLEONI, N.; SALDANHA, L. L.; BACCI Jr, M.; FERREIRA, H. Syzygium aromaticum (clove) essential oil: An alternative for the sanitization of citrus fruit in packinghouses. **Journal**

of Food Processing and Preservation, v. 45, p. e15496, 2021. https://doi.org/10.1111/jfpp.15496.

BEHLAU, F. An overview of citrus canker in Brazil. **Tropical Plant Pathology**, v. 46, p. 1- 12, 2021. https://doi.org/10.1007/s40858-020-00377-2

Behlau, F., Scandelai, L.H.M., Silva Junior, G.J., Lanza, F.E. 2017. Soluble and insoluble copper formulations and metallic copper rate for control of citrus canker on sweet orange trees. Crop Protection 94:185-191.

BANDICK A.K., DICK, R.P. Field management effects on soil enzyme activities. Soil *Biol. Biochem*., 31 (1999).pp. 1471-1479.
BERGER, L. R. R., STAMFORD, T. C. M., & STAMFORD, N. P. (2011). Perspectivas para o uso da quitosana na agricultura. **Revista Iberoamericana de Polímeros**, 12 (4), 195 – 215.

BETTIOL, W. **Isolamento seletivo de Bacillus** In: SANHUEZA, R. M. V.; MELO, I. S. (Eds.) Métodos usados no biocontrole de fitopatógenos. 1. ed. Bento Gonçalves, RS: EMBRAPA, 2007. 141 p.

BITTANCOURT, A.A. O cancro cítrico. **O Biológico**, v. 23, p. 101-111, 1957.

BOCHICCHIO, R.; SOFO, A.; TERZANO, R.; GATTULLO, C. E.; AMATO, M.; SCOPA, A. Root architecture and morphometric analysis of Arabidopsis thaliana grown in Cd/Cu/Zn-gradient agar dishes: A new screening technique for studying plant response to metals. **Plant Physiology and Biochemistry**, v. 91, p. 20-27, Jun. 2015.

BORGES, D. F. et al. Changes On Soil Microbiota Induced By The Use Of Commercial Products And The Incorporation Of Plant Materials. **Revista Caatinga**, v. 36, n. 2, p. 300–309, abr. 2023.

BRASIL.Regras para análise de sementes / Ministério da Agricultura, Pecuária e Aba stecimento. Secretaria de Defesa Agropecuária. –. **Brasília**: Mapa/ACS, 2009. 399 p.

C. Tian, S. Asghar, Y. Wu, D.K. Amerigos, Z. Chen, M. Zhang, et al. N-acetyl-L-cysteine functionalized nanostructured lipid carrier for improving oral bioavailability of curcumin: Preparation, in vitro and in vivo evaluations. **Drug Delivery**, 24 (1) (2017), pp. 1605-1616.

CACCALANO, M. N.; DILARRI, G.; ZAMUNER, C. F. C.; DOMINGUES, D. S.; FERREIRA, H. Hexanoic acid: a new potential substitute for copper-based agrochemicals against citrus canker. **Journal of Applied Microbiology**, v. 131, p. 2488-2499, 2021. https://doi.org/10.1111/jam.15125.

CALO, J. R.; CRANDALL, P. G.; O'BRYAN, C. A.; RICKE, S. C. Essential oils as antimicrobials in food systems — A review. **Food Control**, v. 54, p. 111–119, 2015. https://doi.org/10.1016/j.foodc ont.2014.12.040

CAVALCA, L. B. Efeito bactericida do galato de hexila sobre Xanthomonas citri subsp. citri e seu potencial no controle do cancro cítrico. **Dissertação de Mestrado**. Programa de PósGraduação em Ciências Biológicas (Microbiologia Aplicada),

Universidade Estadual Paulista —Júlio de Mesquita Filhoǁ (UNESP), Rio Claro – SP, 2018.

CAVALCA, L. B.; ZAMUNER, C. F. C.; SALDANHA, L. L.; POLAQUINI, C. R.; REGASINI, L. O.; BEHLAU, F.; FERREIRA H. Hexyl gallate for the control of citrus canker caused by Xanthomonas citri subsp citri. **MicrobiologyOpen**, v. 9, p. e1104, 2020.

Champer, J.; Patel, J.; Fernando, N.; Salehi, E.; Wong, V.; Kim, J. Chitosan against cutaneous pathogens. **AMB Express.** 2013, 3, 1.

CIFUENTES-ARENAS, J. C.; DE GOES, A.; DE MIRANDA, M. P.; BEATTIE, G. A. C. et al. Citrus flush shoot ontogeny modulates biotic potential of Diaphorina citri. **PLoS One**, 13, n. 1, p. e0190563, 2018.

CUNHA, J. L. X. L. et al. Comunidade microbiana do solo cultivado com pimentão nos sistemas de plantio direto e convencional associado ao manejo de plantas daninhas. **Planta Daninha**, 32: 543–554, 2014.

Cuq, B., Gontard, N., Cuq, J.-L., & Guilbert, S. (1996). **Stability of myofibrillar protein-based biopackagings during storage**. LWT - Food Science and Technology, 29(4), 344-348.

CRUZ SILVA DA., et al. Antibacterial Activity of Nanoemulsions Based on Essential Oils Compounds Against Species of Xanthomonas that Cause Citrus Canker. **Biointerface Research in Applied Chemistry**, v. 12, n. 2, p. 1835–1846, 10 jun. 2021.

Devlin TM., Stryer L., Berg J., Tymoczko J. Bioquímica: Livro de Texto com Aplicações Clínicas (5ª ed.), **Reverté**, Barcelona (2008), p. 421.

Dias, P. P., Fernandes, M. do C. de A., Aguiar, L. A. de., Abboud, A. C. de S., & Morenz, E. F.. (2021). Atividade fungitóxica in vitro do óleo essencial de capim limão (Cymbopogon citratus (D.C.) Stapf) e controle de Rhizoctonia solani em plantas de alface (Lactuca sativa L.), cultivar maravilha quatro estações. **Summa Phytopathologica**, 47(4), 204–208. https://doi.org/10.1590/0100-5405/209982.

DILARRI, GUILHERME. **PROTEÇÃO DE CITROS COM PEPTÍDEOS ANTIBACTERIANOS E GALATOS**. 2021. Tese de doutorado (Doutorado, Ciências Biológicas) - Universidade Estadual Paulista, [S. l.], 2021.

DUARTE, A.; CARVALHO, C.; MIGUEL, M. Bioactive Compounds of Citrus as Health Promoters. Natural Bioactive Compounds from Fruits and Vegetables as Health Promoters. **Journal of Spatial and Organizational Dynamics**. 2016b. DOI: 10.2174/97816810823941160101.

DUARTE, A.; FERNANDES, J.; BERNARDES, J.; MIGUEL, G. Citrus as a Component of the Mediterranean Diet. **Journal of Spatial and Organizational Dynamics**, v. 4, p. 289-304, 2016a.

Ekenler e Tabatabai. Atividade da β-Glucosaminidase como índice de mineralização de nitrogênio em solos. **Comun. Ciência do Solo Planta Anal**., 35 (2004), pp. 1081 – 1094.

Engyall E. Ensaio imunoenzimático ELISA e EMIT. **Métodos Enzimol**., 70 (1980), pp. 419 – 439

ESPOSITO C.L., KIRILOV P., ROULLIN V.G. Organogels, promising drug delivery systems: An update of state-of-the-art and recent applications. **Journal of Controlled Release**, 271 (2018), pp. 1-20.

F. Croisier, C. Jerome. Chitosan-based biomaterials for tissue engineering. **European Polymer Journal**, 49 (4) (2013), pp. 780-792.

F. Liu, J. Antoniou, Y. Li, H. Majeed, R. Liang, Y. Ma, et al. Chitosan/sulfobutylether-beta-cyclodextrin nanoparticles as a potential approach for tea polyphenol encapsulation. **Food Hydrocolloids**, 57 (2016), pp. 291-300.

FRANCIOLI, D. et al. DNA Metabarcoding for the Characterization of Terrestrial Microbiota—Pitfalls and Solutions. **Microorganisms**, v. 9, n. 2, p. 361, 12 fev. 2021.

FAOSTAT - **Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura**. Disponível em: http://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity (Acesso em: 15/01/2023).

Fang L.X.; Feng, X.Q.; Yang, S.; Fu, G.G; Wang, T.P.; Su, Z.X; **Carbohydr. Polym**. 2010, 79, 493.

FERENCE, C. M.; GOCHEZ, A. M.; BEHLAU, F.; WANG, N.; GRAHAM, J. H.; JONES, J. B. Recent advances in the understanding of Xanthomonas citri ssp. citri pathogenesis and citrus canker disease management. **Molecular Plant Pathology**, v. 19, p. 1302-1318, 2018.

FUNDECITRUS. Estimativa da safra de laranja 2024/25 do cinturão citrícola de São Paulo e triângulo/sudoeste mineiro cenário em maio/2024. **Araraquara**, 2024.

Ganeshamurthy, A.M., Singh, G., Singh, N.T. (1995): Sulphur Status and Response of Rice to Sulphur on some Soils of Andaman and Nicobar Islands. - **J. Indian Soc. Soil Sci**. 43: 637-641.

GARBIM, T.H.S.; CARNEIRO, S.M.T.P.G.; ROMANO, E.D.B.; MARQUES, L.C.; SOUZA, M.L.V. Efeito de diferentes concentrações do óleo essencial de Eucalyptus globulus Labill. No crescimento de plântulas e na germinação de sementes de alface (Lactuca sativa L.). **Revista de Ciências Agroambientais**, Alta Floresta, v.12, n.2, p.109-114, 2014.

GE, H.; LI, Y.; FU, H.; LONG, G.; LUO, L.; LI, R.; DENG, Z. Production of sweet orange somaclones tolerant to citrus canker disease by in vitro mutagenesis with EMS. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC),** v. 123, p. 29-38, 2015. https://doi.org/10.1007/s11240-015-0810-7.

GOTTWALD, T.R.; GRAHAM, J.H.; SCHUBERT T.S. Citrus Canker: The Pathogen and Its Impact. **Plant Health Progress**, 2002. doi:10.1094/PHP-2002-0812-01-RV.

GOTTWALD, T.R.; MCGUIRE, R.G.; GARRAN, S. Asiatic Citrus canker: spatial and temporal spread in simulated new planting situations in Argentina. **Phytopathology**, v. 78, p. 739-745, 1988.

GOTTWALD, T.R.; TIMMER, L.W.; MCGUIRE, R.G. Analysis of disease progress of Citrus canker in nurseries in Argentina. **Phytopathology**, v. 79, p. 1276-1283, 1989.

GUIMARÃES A.C, MEIRELES L.M, LEMOS M.F, GUIMARÃES M.C.C, ENDRINGER D.C, FRONZA M., SCHERER R. Atividade Antibacteriana de Terpenos e Terpenóides Presentes em Óleos Essenciais. **Moléculas.** 2019; 24(13):2471. https://doi.org/10.3390/molecules24132471.

Gupta, V.V.S.R., Farrell, R.E., Germida, J.J. (1993): Activity of Arylsuphatases in Saskatchewan Soils. - **Can. J. Soil Sci**. 73: 341-347.

Gan, P. G., Sam, S. T., Abdullah, M., Omar, M. F., & Tan, W. K. Water resistance and biodegradation properties of conventionally-heated and microwave-cured cross-linked cellulose nanocrystal/chitosan composite films. **Polymer Degradation and Stability**, 188, 109563, 2021. https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2021.109563.

Hayano, K. 1973. Um método para determinação da atividade da β-glucosidase no solo. **Soil Sci. Plant Nutr**. 19 (2):130–108.

HUANG J., WANG Q., CHU L., XIA Q. Liposome-chitosan hydrogel bead delivery system for the encapsulation of linseed oil and quercetin: Preparation and in vitro characterization studies. **LWT**, 117(2020), Artigo 108615.

Joachim, H. J., Patrick, A. N. (2008): Selected Soil Enzymes: Examples of their Potential Roles in the Ecosystem. - **Afr. J. Biotechnol**. 7 (3):181-191.

JOSHI, T.; JOSHI, T.; SHARMA, P.; CHANDRA, S.; PANDE, V. Molecular docking and molecular dynamics simulation approach to screen natural compounds for inhibition of Xanthomonas oryzae pv. Oryzae by targeting peptide deformylase. **Journal of Biomolecular Structure and Dynamics**, v. 39, p. 823-840, 2021.

JUNIOR, L. B.; BERTUCI, M. L.; FAKHOURI, F. M.; MARTELLI, S. M. Caracterização e biodegradação de filmes de quitosana e proteína isolada de soja incorporados com nanocristais de celulose / Characterization and biodegradation of chitosan and soy protein isolate films incorporated with cellulose nanocrystals. **Brazilian Journal of Development**, *[S. l.]*, v. 8, n. 3, p. 16681–16718, 2022. DOI: 10.34117/bjdv8n3-078.

Kaplan LA., Pesce AJ., Patrone U., Wassserman AV., S. Natelson. Química clínica. Técnicas de laboratório, fisiopatologia, métodos de análise, teoria, análise e correlação. 1ª ed., **Médica Panamericana**, Buenos Aires (1998), pp. 1118-1120.

Kertesz, M.A., Mirleau, P. (2004): The Role of Soil Microbes in Plant Sulphur Nutrition. - **J. Exp. Bot**. 55(404): 1939-1945.

Klose S., Bilen S., Tabatabai M., WA Dick. Enzimas do ciclo do enxofre. RP Dick (Ed.), Métodos de Enzimologia do Solo, **Soil Sci. Soc. Am**, Madison, WI (2011), pp. 125 – 159.

Kong, M.; Chen, X. G.; Xing, K.; Park, H. J.; **Int. J. Food Microbiol**. 2010, 144, 51.

K. Chang, W. Chen. L-Cysteine-Assisted synthesis of layered MoS2/graphene composites with excellent electrochemical performances for lithium ion batteries. **ACS Nano**, 5 (6) (2011), pp. 4720-4728.

KWIECIEŃ I., KWIECIEŃ M. Aplicação de hidrogéis à base de polissacarídeos como sistemas de administração de probióticos. **Géis**, 4 (2), pág. 47, 2018.

LADE, B. D., DHOWLAGHAR, N., PILLAI, S. S., & PATIL, B. S. (2023). Physicochemical, mechanical, and antimicrobial properties of sodium alginate films as carriers of zein emulsion with pelargonic acid and eugenol for active food packing. **Food Packaging and Shelf Life**, 40, 101202. https://doi.org/10.1016/J.FPSL.2023.101202

LI, S.; WU, F.; DUAN, Y.; SINGERMAN, A.; GUAN, Z. Citrus Greening: Management Strategies and Their Economic Impact. **HortScience**, v. 55, p. 604-612, 2020. https://doi.org/10.21273/HORTSCI14696-19

LIS A, KOWALSKA W, SIENKIEWICZ M, BANASZCZAK P. Composição química e atividade antibacteriana do óleo essencial de Phellodendron lavallei. Comunicações de Produtos Naturais 12:123–126, 2017.

Marchese, A.; Barbieri, R.; Coppo, E.; Orhan, IE; Daglia, M.; Nabavi, SF; Izadi, M.; Abdollahi, M.; Nabavi, SM; Ajami, M. Atividade antimicrobiana do eugenol e óleos essenciais contendo eugenol: Um ponto de vista mecanicista. **Crítico. Rev. Microbiol**. 2017, *43*, 668–689.

MATTEI, D.; GUIMARÃES, L. F.; FERREIRA, F. B. P.; SANTOS, S. R. S. R. dos; MARTIN, A. A.; GAZIM, Z. C.; DRAGUNSKI, D. C. Análises das propriedades físicas e antimicrobianas de filmes a base de amido contendo óleo essencial de Tetradenia riparia (Hochst.) Codd E Rosmarinus officinalis L. - LAMIACEAE. Arq. Ciênc. Vet. Zool. **UNIPAR, Umuarama**, v. 16, n. 2, p. 129-136. 2013

MARTIN, J. P. Use of acid, rose bengal, and streptomycin in the plate method for estimating soil fungi. **Soil Sciencw**, 69: 215–232, 1950.

Martelli-Tosi M., Masson M.M., Silva N.C., Esposto B.S., Barros T.T., Assis O.B.G., D.R. Tapia-Blácido. Soybean straw nanocellulose produced by enzymatic or acid treatment as a reinforcing filler in soy protein isolate films. **Carbohydr. Polym**., 198 (2018), pp. 61-68, 10.1016/j.carbpol.2018.06.053

McGill, W.B., Colle, C.V. (1981): Comparative Aspects of Cycling of Organic C, N, S and P through Soil Organic Matter. - **Geoderma**, 26: 267-286.

MERCK. **Eugenol Sigma-Aldrich**. 2021. Disponível em: https://www.merckmillipore.com/BR/pt/product/Eugenol,MDA_CHEM-818455 Acesso em: 29 out. 2024.

MESA, S. P., PEDROSO, A. T. R., & ARREBATO, M. R. (2015). Efecto de diferentes concentraciones de quitosana sobre la germinación y crecimiento de plántulas de arroz (Oryza sativa, L.). **Avances**, 17(4), 380-386. http://www.ciget.pinar.cu/ojs/index.php/publicaciones/article/view/136.

MOHAMMAD, O.; TUHIN, N.R.; HAQUE, M.E.; RUHUL, A.K.; DAFADER, N.C.; ISLAM, R.; NURNABI, M.; TONNY, W. Modification of mechanical and thermal property of chitosan-starch blend films. **Radiation Physics and Chemistry**, Manuscript. 2012. 43 p.

MORÃO, L. G. Chalconas e curcuminoides como novas alternativas para combater o cancro cítrico e alguns patógenos de interesse clínico. (**Tese de Doutorado**), Programa de Pós-Graduação em Ciências Biológicas (Microbiologia Aplicada), Universidade Estadual Paulista —Júlio de Mesquita Filho‖ (UNESP), Rio Claro – SP, 2018.

NADDEO, M., VIGLIOTTA, G., PELLECCHIA, C. E PAPPALARDO, D. (2020). Síntese de polimacrolactonas de base biológica com porções pendentes de eugenol como novos materiais termoplásticos antimicrobianos. **Polímeros Reativos e Funcionais**, 155, 104714. https://doi.org/10.1016/j.reactfunctpolym.2020.104714.

Ndiaye, E.L., Sandeno, J.M., McGrath, D., Dick, R.P. (2000): Integrative Biological Indicators for Detecting Change in Soil Quality. - **Am J Altern Agric**. 15:26-36.

Nicholls, R.G., Roy, A.R. (1971): Arylsulfatase. - In: Boyer, P.D. (ed.) The Enzymes, Vol. 5, 3rd edn., **Academic Press**, New York.

N. Roy, N. Saha, T. Kitano, P. Saha. Biodegradação do filme de hidrogel PVP-CMC: um material de embalagem útil para alimentos. **Carboidr. Polim**., 89 (2012), pp. 346 – 353. 10.1016/j.carbpol.2012.03.008.

NC-IUB. Comitê de nomenclatura da união internacional de bioquímica. Unidades de atividade enzimática, Recomendações. EUR. **J. Bioquímica.**, 97 (1979), pp. 319 – 320.

NG, W.; SHIT, C.; EE, K.; CHAI, T. Plant Natural Products for Mitigation of Antibiotic Resistance. **Sustainable Agriculture Reviews**, 2021. https://doi.org/10.1007/978-3-030- 58259-3_3

OYEDEMI OAI, MABINYA VI, PIROCHENVA G, AFOLAYAN AJ. O mecanismo proposto de ação bactericida do eugenol, α-terpineol e γ-terpineno contra Listeria monocytogenes, Streptococcus pyogenes, Proteus vulgaris e Escherichia coli. **Revista Africana de Biotecnologia**, 8 (7), (2009), pp. 1280 – 1286.

PARIZE, A. L. Desenvolvimento de sistemas microparticulados e de filmes de quitosana e corante natural cúrcuma. **Tese (doutorado)** - Universidade Federal de

Santa Catarina, Centro de Ciências Físicas e Matemáticas, Programa de Pós-graduação em Química, Florianópolis, 2009.

Park, S. C.; Nah, J. W.; Park, Y. PH-dependent mode of antibacterial actions of low molecular weight water-soluble chitosan (LMWSC) against various pathogens. **Macromol. Res.** 2011, 19, 853.

PECORA, H. B., DILARRI, G., MENDES, C. R., and CORSO, C. R. (2018). Bioassays and coagulation studies using moringa oleifera seeds for the removal of textile dyes. **Water Sci. Technol**. 78, 1679–1692. doi: 10.2166/wst.2018.446

Pei G.G., Sam S.T., Mohd M.F.A, Omar F., and Tan W.K. "Water Resistance and Biodegradation Properties of Conventionally-heated and Microwave-cured Cross-linked Cellulose Nanocrystal/Chitosan Composite Films." **Polymer Degradation and Stability 188**, (2021): 109563. https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2021.109563.

POLAQUINI, C. R.; MORÃO, L. G.; NAZARÉ, A. C.; TORREZAN, G. S.; DILARRI, G.; CAVALCA, L. B.; et al. Antibacterial activity of 3,3′-dihydroxycurcumin (DHC) is associated with membrane perturbation. **Bioorganic Chemistry**, v. 90, p. 103031, 2019. https://doi.org/10.1016/j.bioorg.2019.103031

Rabea, E. I.; Badawy, M. E.-T.; Stevens, C. V; Smagghe, G.; Steurbaut, W.; **Biomacromolecules** 2003, 4, 1457.

RAGUPATHY, R.; JOLLEY, K. A.; ZAMUNER, C.; JONES, J. B. et al. Core-Genome Multilocus Sequence Typing for Epidemiological and Evolutionary Analyses of Phytopathogenic Xanthomonas citri. **Appl Environ Microbiol**, 89, n. 5, p. e0210122, May 31 2023.

RAMOS, M. R.; UHLMANN, A.; JUSTEN, L.; FREIRE, T. M.; PANTA, D. A. S. Uso do solo e a estacionalidade climática afetam os atributos biológicos do solo? **Agroecossistemas**, v. 12, n. 1, p. 178-200, 2020.

R. Priyadarshi, Sauraj, B. Kumar, YS Negi. Filme de quitosana incorporado com ácido cítrico e glicerol como material de embalagem ativo para prolongar a vida útil da pimenta verde. **Carboidr. Polim**., 195 (2018), pp. 329 - 33,10.1016/j.carbpol.2018.04.089

REHMAN, F.; KALSOOM, M.; AHMAD, S.; IQBAL, M. A.; JUNAID, S.; TARIQ, M. A.; SULTAN, A.; HAYAT, Q.; KHAN, J. Citrus Leprosis and its Impacts on Citrus Food Industry: A Review. **EC Agriculture**, v. 6, p. 34-39, 2020.

RINAUDO, Margarida, 2006. Chitin and Chitosan Properties and Applications. **Progress in Polymer Science**, 31, 603-632.

RODRIGUES, R. N.; REIS JUNIOR, F. B.; LOPES, A. A. C.; ROCHA. O. C. GUERRA, A. F.; VEIGA, A. D.; MENDES, I. C. Soil enzymatic activity under coffee cultivation with different water regimes associated to liming and intercropped Brachiaria. **Ciência Rural**, v.52, n. 3, p. 2-12, 2022.

RODRIGUES, T. C. et al. Chemical characterization and antimicrobial activity of essential oils from Croton grewioides Baill. accessions on the phytopathogen Xanthomonas campestris pv. campestris. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, v. 193, p. 105454, jun. 2023.

ROMANO, M.R. Análise de crescimento, produção de biomassa, fotossíntese, e biossíntese de aminoácidos em plantas transgênicas de tabaco (*Nicotiana tabacum* L.) que expressam o gene Lhcb1*2 de ervilha 2001. 66f. **Dissertação** (Mestrado em Ciências, área de concentração: Fisiologia e Bioquímica de plantas) - Esalq / USP.

ROSSETTI, V. V.; MULLER, G. W.; COSTA, A. S. Doenças dos citros causadas por algas, fungos, bactérias e vírus. **Fundação Cargill**, p. 84, 1993.

SAKKAS H, PAPADOPOULOU C. Antimicrobial activity of basil, oregano, and thyme essential oils. **Journal of Microbiology and Biotechnology**, 27:429–438, 2017

SCHINDELIN, J.; ARGANDA-CARRERAS, I.; FRISE, E.; KAYNIG, V. et al. Fiji: an open-source platform for biological-image analysis. **Nature Methods**, 9, p. 676-682, 2012.

SCHREUDER, W.; PLOOY, W.; ERASMUS, A.; SAVAGE, C.; BASSON, E.; LENNOX, C.; FOURIE, P. H. Postharvest fungicide treatments and cold storage control citrus black spot infections. **Crop Protection**, v. 112, p. 332-342. https://doi.org/10.1016/j.cropro.2018.06.020.

Sigma-Aldrich**. Ficha de informação de segurança de produto químico**. Versão 6.5, 2024.

SILVA, I. C.; REGASINI, L. O.; PETRONIO, M. S.; SILVA, D. H. et al. Antibacterial activity of alkyl gallates against Xanthomonas citri subsp. citri. **J Bacteriol**, 195, n. 1, p. 85-94, Jan 2013.

Stewart KK., Ebel RE. Medidas Químicas em Sistemas Biológicos 1ª ed. **Wiley-Interscience**, Nova York (2000), pp. 111 – 115.

Silva, C.G., Yudice E.D.C., Campini P.A.L., Rosa D.S.The performance evaluation of Eugenol and Linalool microencapsulated by PLA on their activities against pathogenic bacteria. **Materials Today Chemistry**, Volume 21,2021,100493, ISSN 2468-5194,https://doi.org/10.1016/j.mtchem.2021.100493.

SPIN-NETO, R.; PAVONE, C.; FREITAS, R.M.;MARCANTONIO, R.A.C.; MARCANTONIO-JÚNIOR, E. Biomateriais à base de quitosana comaplicação médica e odontológica: revisão deliteratura. **Revista de Odontologia da UNESP**, v.37, n2, p. 155-161, 2008.
(PDF) Chitin and chitosan: Characteristics, uses and production current perspectives.

Tabatabai, M.A. Soil enzymes R.W. Weaver, J.S. Angle, P.S. Bottomley (Eds.), Methods of Soil Analysis: Part 2. Microbiological and Biochemical Properties, vol. 5, Soil Sci. Soc. Am, Madison, WI (1994), pp. 775-833.

TEJRAJ, M., AMINABHAVI, ASD. Hidrogéis à base de polissacarídeos como biomateriais. S. Kalia (Ed.), Polymeric hidrogels as Smart biomaterials, **Springer Series on Polymers and Comosite Materials** (2015), pp. 45-71.

TORTORA, G. J.; CASE, C. L.; FUNKE, B. R. **Microbiologia** 12. ed. Porto Alegre, RS: ARTMED, 2016. 939 p.

T.M. Amiiinabhavi, S.P.D., U.A. More. The role of nanotechnology and chitosan based biomaterials for tissue engineering and therapeutic delivery. J.D.B.J. Amber Jennings (Ed.), Chitosan-based biomaterials, Vol. 2, **Woodhead**. Publishing (2017), pp. 1-29.

TM Amiinabhavi, SP D. Produção de hidrogéis à base de quitosana para aplicações biomédicas. JDBJ Amber Jennings (Ed.), Em biomateriais baseados em quitosana, vol. 1, **Woodhead Publishing** (2016), pp. 295-319.

ULANOWSKA, M.; OLAS, B. Biological Properties and Prospects for the Application of Eugenol — A Review. **International Journal of Molecular Sciences Review**, v. 22, n. 3671, p. 1–13, 2021.

UMA K, HUANG X, KUMAR BA. Antifungal effect of plant extract and essential oil. **Chinese Journal of Integrative Medicine,** 23:233–239, 2017.

USDA - UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. México: Citrus anual. Attaché Report (GAIN). Dez. 2021. Disponível em: <https://fas.usda.gov/data/mexico-citrus-annual-6>. Acesso em: 10 de jul. 2024.

X. Liu, Y. Xu, X. Zhan, W. Xie, X. Yang, SW Cui, W. Xia. Desenvolvimento e propriedades de novos filmes biodegradáveis compostos de ácido kójico e quitosana para embalagens ativas. **Int. J. Biol. Macromol**., 144 (2020), pp. 483-490,10.1016/j.ijbiomac.2019.12.126.

X. Zhang, Y. Gozukara, P. Sangwan, D. Gao, S. Bateman. Biodegradação de materiais poliméricos naturais à base de glúten de trigo quimicamente modificados. **Polim. Grau Facada**., 95 (2010), pp. 2309 – 2317.10.1016/j.polymdegradstab. 2010.09.001.

XU, S. et al. Bio-converted organic wastes shape microbiota in maize rhizosphere: Localization and identification in enzyme hotspots. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 184, p. 109105, set. 2023.

Wrońska N., Katir, MN. Nowak-Lange, Kadib AE., Lisowska K. Filmes biodegradáveis à base de quitosana como alternativa às embalagens plásticas. **Alimentos**, 12 (18) (2023), p. 18, 10.3390/foods12183519.

Y. He, SK Bose, W. Wang, X. Jia, H. Lu, H. Yin. O tratamento pré-colheita de oligossacarídeos de quitosana melhorou a qualidade do morango. **Jornal Internacional de Ciências Moleculares**, 19 (8), 2018.

ZAMUNER, C. F. C.; DILARRI, G.; BONCI, L. C.; SALDANHA, L. L.; BEHLAU, F.; MARIN, T. G. S.; SASS, D. C.; BACCI, JR. M.; FERREIRA, H. A cinnamaldehyde-based formulation as an alternative to sodium hypochlorite for post-harvest

decontamination of citrus fruit. **Tropical Plant Pathology**, 2020. https://doi.org/10.1007/s40858-020-00338-9.

ZAMORA, H.D., FERREIRA, H., Pich, A. et al. Hemicellulose additive to chitosan-based bioplastic improved the tensile strength and allowed to control the material swelling. **Polym. Bull**. 81, 9265–9285 (2024). https://doi.org/10.1007/s00289-024-05152-w

ZAMUNER, Caio Felipe Cavicchia; MARIN, Vítor Rodrigues; DILARRI, Guilherme; et al. Oregano essential oil and its main components Thymol and Carvacrol as alternatives to control citrus canker. **Frontiers in Agronomy**, v. 5, p. 1148969, 2023.

ZHANG, M.; MENG, Q. Automatic citrus canker detection from leaf images captured in field. **Pattern Recognition Letters**, v. 32, p. 2036-2046, 2011.

ZHANG, X.; FRANCIS, M. I.; DAWSON, W. O.; GRAHAM, J. H.; ORBOVIC, V.; TRIPLETT, E. W.; MOU, Z. Overexpression of the Arabidopsis NPR1 gene in citrus increases resistance to citrus canker. **European Journal of Plant Pathology**, v. 128, p. 91– 100, 2010. https://doi.org/10.1007/s10658-010-9633-x.

ZAMUNER, C.F.C., DILARRI, G., BONCI, L.C. et al. A cinnamaldehyde-based formulation as an alternative to sodium hypochlorite for post-harvest decontamination of citrus fruit. **Trop. plant pathol**. 45, 701–709, 2020. https://doi.org/10.1007/s40858-020-00338-9

ZAMUNER, C. F. C.; MARIN, V. R.; DILARRI, G.; HYPOLITO, G. B. et al. Oregano essential oil and its main components Thymol and Carvacrol as alternatives to control citrus canker. **Frontiers in Agronomy**, 5, 2023.

ZHAO L.; FENG C.; WU K.; CHEN W.; CHEN Y.; HAO X.; WU Y. Avanços e perspectivas em substâncias biogênicas contra vírus de plantas: uma revisão. **Bioquímica e Fisiologia de Pesticidas.** 135:15–26, 2017.