



C A P Í T U L O 2

bFORMULAÇÕES DE FILMES ANTIACNE COM SOFOROLIPÍDIOS DE *Starmerella bombicola*

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.127112613012>

Yara dos Santos Vieira Dias

Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Bioquímica e Biotecnologia
Londrina – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/6901319055882175>

Sabrina Aparecida Balsarini Marqueti

Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Bioquímica e Biotecnologia
Londrina – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/4929874063466004>

Tainá Ferreira de Oliveira

Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Bioquímica e Biotecnologia
Londrina – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/5606727829208112>

Luiz Henrique Santana Martins

Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Bioquímica e Biotecnologia
Londrina – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/9197311196655485>

Wesley Aparecido Vicente Luiz

Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Bioquímica e Biotecnologia
Londrina – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/9055009709155076>

Maria Antonia Pedrine Colabone Celligoi

Universidade Estadual de Londrina, Departamento de Bioquímica e Biotecnologia
Londrina – Paraná
<http://lattes.cnpq.br/8103146519423861>

RESUMO: A acne vulgar é uma doença cutânea capaz de afetar a unidade pilossebácea da pele, trazendo diversos malefícios, desde danos físicos até psicológicos. O tratamento pode ser realizado com retinóides e antimicrobianos, com função comedolítica e antibacteriana, respectivamente. A partir da busca por ativos naturais com funções

biológicas, surgem os sofrolipídios produzidos por *Starmerella bombicola*, que apresentam baixa citotoxicidade e ação antimicrobiana contra *Cutibacterium acnes*, os tornando uma alternativa para o problema. O óleo de copaíba é um bioativo com propriedades cicatrizantes e anti inflamatórias, que pode representar um importante diferencial quando associado aos sofrolipídios no tratamento dessa condição.

PALAVRAS-CHAVE: Acne; Bioativos; Antimicrobiano; Fermentação; Sofrolipídios

ANTI-ACNE FILM FORMULATIONS WITH SOPHOROLIPIDS FROM *Starmerella bombicola*

ABSTRACT: Acne vulgaris is a skin disease capable of affecting the pilosebaceous unit of the skin, causing several harmful effects, ranging from physical to psychological damage. Treatment can be carried out with retinoids and antimicrobials, which have comedolytic and antibacterial functions, respectively. In the search for natural active compounds with biological functions, sophorolipids produced by *Starmerella bombicola* have emerged, as they exhibit low cytotoxicity and antimicrobial activity against *Cutibacterium acnes*, making them an alternative for this condition. Copaiba oil is a bioactive compound with healing and anti-inflammatory properties, which may represent an important differential when associated with sophorolipids in the treatment of this condition.

KEYWORDS: Acne; Bioactive compounds; Antimicrobial; Fermentation; Sophorolipids

INTRODUÇÃO

A pele atua como primeira camada de defesa do organismo contra os agentes agressores do meio externo, possuindo efeito importante sobre a imunidade e a homeostase do organismo. Quando sua continuidade é afetada, a pele perde a capacidade de desempenhar com excelência suas funções, desenvolvendo feridas como a acne vulgar (Araújo; Brito, 2017; Schmidt, 2024).

A acne vulgar é uma doença crônica que afeta a continuidade do tecido cutâneo, atingindo a unidade pilosebácea da pele. Essa doença cutânea atua no aparecimento de feridas leves ou graves, variando com o grau de inflamação da doença. A doença é ativada quando há um combinado de fatores, iniciando com o aumento da secreção sebácea, podendo chegar até inflamações mais severas do folículo pilosebáceo (Araújo; Brito, 2017; Schmidt, 2024, Ferreira et al. 2025).

A bactéria *Cutibacterium acnes*, antes conhecida como *Propionibacterium acnes*, é um dos agentes etiológicos que atuam no desenvolvimento da acne vulgar. Esse microrganismo se prolifera devido às alterações na composição e na quantidade de secreção pilosebácea, favorecendo o processo de ruptura folicular pela alteração

do ducto glandular. A ruptura da parede glandular acarreta a saída da queratina, de restos pilosos e lipídicos advindos do comedão, o que induz a uma reação inflamatória e ajuda no desenvolvimento do processo patológico (Figueiredo et al., 2011; Mayslich; Grange; Duplin, 2021).

Para o tratamento da doença, tem-se utilizado retinóides e antimicrobianos tópicos com atividades comedolítica e antibacteriana, respectivamente. Contudo, retinóides, se utilizados de forma errada, atuam como fotossensibilizantes e fazem mal à pele. Outra opção para o tratamento são os adesivos hidrocoloides, compostos de duas camadas: camada externa composta por espuma de poliuretano ou filme transparente de poliuretano e camada interna, composta por água e agentes gelificantes, como gelatina, carboximetilcelulose (CMC) ou pectina. Esses curativos atuam aumentando a velocidade de granulação tecidual, fazendo com que as células realizem mitose mais rapidamente, eliminando o tecido desvitalizado com mais velocidade. Alguns desses adesivos podem apresentar medicamentos associados, porém com pouca eficiência (Brandstetter; Maibach, 2013; Andrea, 2018).

Os soforolipídios são moléculas glicolipídicas extracelulares, obtidas como produto do metabolismo fermentativo de microrganismos, como a levedura *S. bombicola*. Essa molécula bioativa possui diversas aplicações econômicas e industriais, por sua alta biodegradabilidade, baixa toxicidade e possibilidade de alta produção. Possui também atividade antimicrobiana, podendo ser uma alternativa para o controle de *C. acnes* (Oliveira et al., 2014; Vieira et al., 2021, Ferreira et al. 2025).

O óleo essencial de copaíba é rico em ácido copálico, alfa-copaeno e beta cariofileno, que apresentam ação antimicrobiana e anti-inflamatória. Essas atividades biológicas podem auxiliar no tratamento e diminuição dos microrganismos causadores da infecção da acne, podendo ser adicionados em produtos cosméticos para pele e cabelo como estudado por Rajesh (2024) e Ferreira et al. (2025).

ACNE VULGAR

A acne vulgar é uma doença inflamatória crônica da unidade pilossebácea da pele, desenvolvida sob atuação da união de quatro fatores: aumento da produção de sebo, hiperqueratinização do infundíbulo folicular, inflamação e presença da bactéria *C. acnes*. Essa condição acarreta lesões inflamatórias e não inflamatórias, sendo seu primeiro estágio conhecido como comedo, podendo ter gravidades variadas da doença (figura 1). As variações podem ser de leve até formatos mais graves de lesões, causando hiperpigmentação, cicatrizes e efeitos psicológicos variados ao indivíduo acometido. Em seu formato mais grave, a acne pode causar problemas sistêmicos, como febre, artralgias e lesões ósseas líticas. (Andrea, 2018; Sutaria, et al., 2023).



Figura 1 – Gravidades da acne vulgar A- Leve B- Moderada C- Inflamatória D- Severa

Fonte: Adaptado de Andrea (2018)

Em A, está a acne leve, com pápulas e pústulas limitadas e alguns comedões fechados. Em B, mostra-se a acne moderada, com muitas pápulas e eritema pós-inflamatório notável e cicatrizes depressíveis. Em C, mostra-se a acne inflamatória e comedogênica moderada, com hiperpigmentação pós-inflamatória observada na região da bochecha. Em D, mostra-se a acne grave, com pápulas confluentes, pústulas e nódulos profundos. Na formação da acne, existem 3 fases principais que estão ligadas ao grau de inflamação da doença, descritas na Figura 2. Na primeira fase (microcomedo), o folículo pilossebáceo apresenta aumento na produção de sebo. Na segunda fase (comedo) ocorre o desenvolvimento de *C. acnes*, mas sem a presença de inflamação. Na fase final de desenvolvimento da doença, existe grande quantidade da bactéria no folículo com formação do processo inflamatório (Sutaria, et al., 2023; Oiseth, Jones e Maza, 2025).

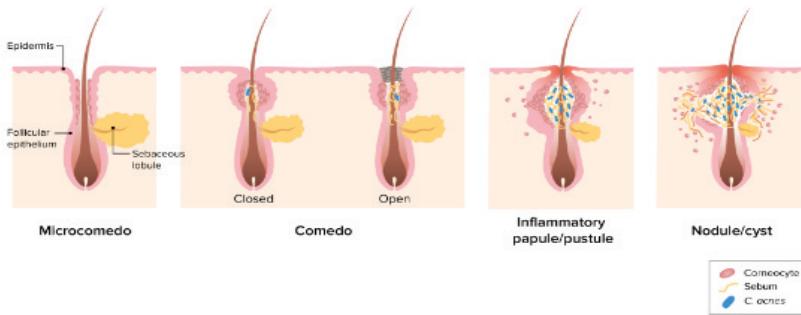


Figura 2 – Fases do desenvolvimento da acne vulgar

Fonte: Oiseth, Jones e Maza (2025)

Além dos efeitos físicos causados pela doença, a acne afeta negativamente o psicológico dos acometidos. Pessoas com a doença têm diminuição na qualidade de vida, isso porque a acne se manifesta, em sua maioria, na região do rosto, afetando a imagem e autoestima, podendo causar aumento nos níveis de ansiedade e depressão (Ramrakha; Fergusson; Horwood, 2016).

O tratamento pode ser realizado de acordo com a intensidade da doença, geralmente envolvendo um retinóide e ou um antimicrobiano tópico. O retinóide atua com função comedolítica, causando a descamação no infundíbulo folicular e atuando como anti-inflamatório. Portanto, todos os medicamentos do grupo são levemente fotossensibilizantes, sendo prejudiciais à pele (Andrea, 2018).

O antimicrobiano mais utilizado no tratamento da acne é o peróxido de benzoila, o qual atua liberando espécies reativas de oxigênio, dissipando a presença *C. acnes* por ser um microrganismo anaeróbio. Entretanto, concentrações altas do medicamento podem acarretar reações de irritação à pele, sem demonstrar o mesmo aumento no combate à *C. acnes* (Brandstetter; Maibach, 2013; Andrea, 2018).

SOFOROLIPÍDIOS

Os soforolipídios são biomoléculas extracelulares, obtidas como produto do metabolismo fermentativo de microrganismos, como a levedura *S. bombicola*. Essa levedura se destaca pela alta produção de soforolipídios e seu reconhecimento como segura para a saúde humana e animal (Generally Recognized as safe). Esse metabólito pertence ao grupo dos bioassurfactantes, possuindo diversas aplicações econômicas e industriais por sua alta biodegradabilidade, baixa toxicidade e possibilidade de produção a partir de substratos renováveis e de baixo custo (Oliveira et al., 2014; Silveira et al., 2020; Vieira et al., 2021).

Pode se apresentar em duas formas moleculares principais, com cadeia aberta (extremidade carboxila do ácido graxo livre) assumindo a forma acídica, ou cadeia fechada (extremidade carboxila do ácido graxo esterificada), assumindo a forma lactônica (Figura 3). Essas diferentes formas fazem com que se destaquem diferentes funções do ativo. Em sua forma lactônica, destaca-se a atividade antimicrobiana e sua efetividade na diminuição da tensão superficial. Enquanto em sua forma acídica, destaca-se sua solubilidade e capacidade de formação de espuma, sendo sua atuação principal como bioassurfactante (Hipólito et al. 2020).

O potencial antimicrobiano da molécula está relacionado à sua capacidade de alterar a permeabilidade das membranas celulares, podendo ocasionar lise e a liberação do conteúdo celular, ocasionando sua morte. Esse efeito está relacionado às interações entre o grupo soforose e a cadeia de ácidos graxos dos soforolipídios com a superfície celular, explicando então o rompimento das membranas (Silveira et al., 2020).

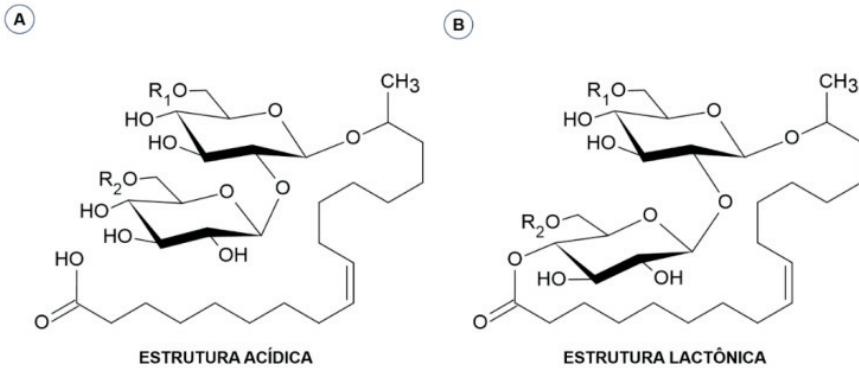


Figura 3 – Estrutura química dos soforolipídios. A- Estrutura acídica; B- Estrutura lactônica

Fonte: Ferreira et al (2024)

ÓLEOS ESSENCIAIS

Os óleos essenciais são compostos oleosos com aromas muito característicos, obtidos a partir de vegetais e plantas que possuem em sua composição terpenos e fenólicos. Além de estarem diretamente ligados à defesa das plantas, nos últimos anos vêm sendo estudado seu uso medicinal e comercial, sendo adicionados em produtos de higiene e medicamentos por apresentarem um vasto espectro de aplicações e atividades biológicas, como atividade antibacteriana, antifúngica, antiviral, antioxidante e atuação no controle de pragas e repelentes de insetos (Liakos et al., 2014; Galindo et al., 2019; Carvalho, 2021).

De acordo com a norma 9235 da International Organization for Standardization (ISO), os óleos essenciais podem ser definidos como: "produtos obtidos de matérias primas naturais de origem vegetal, por destilação a vapor, por processos mecânicos a partir do epicarpo de frutos cítricos, ou por destilação a seco, após a separação da fase aquosa - se houver - por processos físicos" (Organização Internacional para Padronização, 2021).

No Brasil, os óleos essenciais são exportados há quase 100 anos, apresentando propriedades qualitativas e quantitativas distintas que levam a diversas aplicações industriais. Em 2021, estimou-se o mercado internacional dos óleos essenciais em US\$ 10,3 bilhões, o que corresponde a 253 mil toneladas. O mercado tende a crescer constantemente, atingindo US\$ 16 bilhões anuais e 345 mil toneladas em 2026. Esses dados, portanto, compartilham de todos os itens, incluindo extratos, resinóides e outros materiais aromáticos. Os principais países desse mercado são a Índia, os EUA, a França, a China e o Brasil, em se tratando de valores arrecadados na categoria (Silva et al., 2016; Bizzo; Rezende, 2022; Market Research Report, 2022).

ÓLEO ESSENCIAL DE COPAÍBA

O óleo essencial de copaíba é extraído de árvores conhecidas no Brasil como copaibeira e sua coloração pode variar de amarelo ouro a marrom, a depender da espécie da planta do qual foi extraído. A planta é classificada como pertencente à família Leguminosae, subfamília Caesalpinoideae gênero *Copaifera* (Pieri, Mussi e Moreira, 2009).

Povos originários latino-americanos utilizavam esse óleo no processo de cura de feridas dos guerreiros após suas batalhas. Isso porque, ao observar o comportamento de animais feridos, os quais se atritavam contra as árvores copaífera, notava-se a cicatrização de seus ferimentos. Dessa forma, após a observação desse comportamento por diferentes povos e culturas, a planta vem sendo utilizada para fins farmacológicos diversos (Pieri, Mussi e Moreira, 2009; Zambonin, et al., 2019).

Além disso, as plantas da espécie *Copaifera* possuem, de acordo com a literatura, ação anti-inflamatória, antimicrobiana e antitumoral, juntamente com seu grande poder cicatrizante. Essas propriedades se dão por sua composição química que, em grande parte, se dá por sesquiterpenos e diterpenos (Pieri, Mussi e Moreira, 2009; Brandelero; Almeida; Alfaro, 2015; Zambonin, et al., 2019).

FILMES E POLÍMERO

Os filmes podem ser compostos por diferentes matrizes formadoras de filme, destacando-se os filmes poliméricos, por sua boa capacidade de absorção dos fluidos das feridas e melhora no processo regenerativo da pele, a depender de sua composição (Hasatsri et al., 2018; Ali et al., 2020).

Os filmes poliméricos apresentam alta flexibilidade, resistência e transparência, podendo ser adicionados de ativos em sua composição, permitindo e ajudando em sua liberação controlada (Júnior; Shiota; Chiavacci, 2014, Silveira et al. 2020; Hipólito et al. 2021).

Os polímeros empregados em filmes podem ser de origem natural ou sintética. Os polímeros sintéticos podem ser poliuretano, polivinil, polivinilpirrolidona, polietilenoglicol, polimetilmetacrilato e outros. Os polímeros naturais são estruturas moleculares poliméricas podendo ter 11 cadeias de aminoácidos, nucleotídeos, ésteres ou monossacarídeos e são obtidos de fontes microbiana, vegetal ou animal (Dhivya et al., 2015; Chen et al., 2018; Sahana; Rekha, 2018).

FILMES COM SOFOROLIPÍDIOS E ÓLEOS ESSENCIAIS

Nosso grupo de pesquisa tem realizado incorporação de soforolipídios em formulações de filmes com diferentes propriedades e funções. Silveira et al. (2020) trabalharam com os soforolipídios em associação ao ácido polilático, a fim de combater os microrganismos deteriorantes de alimentos. Hipólito et al. (2021) desenvolveram filmes mais flexíveis, em relação a filmes sem os soforolipídios, os quais apresentaram atividade antifúngica promissora contra o fungo deteriorador de alimentos *Botrytis cinerea*, características interessantes para aplicação em embalagens de alimentos para o controle de patógenos transmitidos por alimentos.

Costa et al. (2021) melhoraram a qualidade e a vida útil dos morangos utilizando filmes bioativos contendo soforolipídios e fruooligossacarídeos. Os filmes apresentam grande atividade antimicrobiana e propriedades prebióticas, 12 respectivamente. De acordo com os resultados, a adição de soforolipídios e fruooligossacarídeos mantiveram os morangos mais estáveis, com redução da contaminação.

Nos estudos de Brandelero, Almeida e Alfaro (2015), a adição dos óleos essenciais em filmes de amido-álcool-polivinílico-alginato alteraram as propriedades de barreira e mecânicas dos filmes. O óleo de capim-limão em 0,5% não alterou a estrutura dos filmes. Com a adição do óleo de copaíba, foi possível observar um aumento na permeabilidade da água e diminuição na resistência do filme. Os filmes foram testados contra *Fusarium sp.*, apresentando boa atividade antimicrobiana.

Galindo et al. (2019) estudaram a atividade antimicrobiana e antioxidante de filmes de gelatina e quitosana adicionados de óleos essenciais e concluíram que os filmes contendo óleo essencial de alecrim e de orégano apresentaram atividades antioxidantes e antimicrobianas significativas, além de boa homogeneidade e estrutura.

Portanto, observa-se uma melhor homogeneidade e resistência em filmes a base de gelatina quando se tratando da adição de óleos essenciais em sua composição.

REFERÊNCIAS

ALI, M.; KHAN, N. R.; BASIT, H. M.; MAHMOOD, S. **Physico-chemical based mechanistic insight into surfactant modulated sodium carboxymethylcellulose film for skin tissue regeneration applications.** *Journal of Polymer Research*, v. 27, p. 1–11, 2020.

ANDREA, L. Z. M. D. **Acne vulgar.** *The New England Journal of Medicine*, v. 379, p. 1343–1352, 2018. Disponível em: [\[https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMcp1702493\]](https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJMcp1702493)

ARAÚJO, L. D.; BRITO, J. Q. A. **Uso do peeling químico no tratamento da acne grau II: revisão sistemática.** *Id online Multidisciplinary and Psychology Journal*, v. 11, n. 35, p. 100–115, 2017.

BIZZO, H. R.; REZENDE, C. M. **The market of essential oils in Brazil and in the world in the last decade**. Química Nova, v. 45, n. 8, 2022. DOI: 10.21577/0100 4042.20170889.

BRANDELERO, R. P. H.; ALMEIDA, F. M.; ALFARO, A. **Microestrutura e propriedades de filmes de amido-álcool-polivinílico-alginato adicionados de óleos essenciais de copaíba e capim-limão**. Química Nova, v. 38, n. 7, 2015. DOI: 10.5935/0100-4042.20150098.

BRANDSTETTER, A. J.; MAIBACH, H. I. **Justificativa da dose tópica: concentrações de peróxido de benzoíla**. Journal of Dermatological Treatment, v. 24, p. 275–277, 2013.

CARVALHO, R. C. T. **Atualizações sobre as propriedades medicinais do óleo de copaíba (Copaifera spp.): uma revisão bibliográfica**. Revista Uniciencias, v. 25, n. 2, p. 100–106, 2021. DOI: 10.17921/1415-5141.2021v25n2p100-106.

CASAS, J. A.; GARCIA DE LARA, S.; GARCIA-OCHOA, F. **Optimization of a synthetic medium for Candida bombicola growth using factorial design of experiments**. Enzyme and Microbial Technology, v. 21, n. 3, p. 221–229, 1997.

CHEN, E. Y.; LIU, W.F.; MEGIDO, L.; DÍEZ, P.; FUENTES, M.; FAGER, C.; & MATHUR, S. **Understanding and utilizing the biomolecule/nanosystems interface**. In: Nanotechnologies in Preventive and Regenerative Medicine. Amsterdam: Elsevier, 2018. p. 207–297.

COSTA, N. J. A.; CARETTA, T. O.; BALDO, C.; CELLIGOI, M. A. P. C. **Aplicação de soforolipídios produzidos por Starmerella bombicola em filmes ativos para revestimento de morangos**. Brazilian Journal of Development, v. 7, n. 9, 2021. DOI: 10.34117/bjdv7n9-173.

DAHMER, D.; SCANDORIEIRO, S.; BIGOTTO, B. G.; BERGAMINI, T. A.; GERMINIANI-CARDOZO, J.; COSTA, I. M. KOBAYASHI, R. K. T.; NAKAZATO, G.; BORSATO, D.; PRUDENCIO, S. H.; DALTOÉ, M. L. M.; CELLIGOI, M. A. P. C.; LONNI, A. A. S. G. **Multifunctional biotechnological lip moisturizer for lip repair and hydration: development, in vivo efficacy assessment and sensory analysis**. Cosmetics, v. 10, n. 6, p. 166, 2023. DOI: 10.3390/cosmetics10060166.

DHVYA, S.; PADMA, V. V.; SANTHINI, E. **Wound dressings – a review**. BioMedicine, v. 5, n. 4, 2015. DOI: 10.7603/s40681-015-0022-9.

FERREIRA, T. O.; DIAS, Y. S. V.; MARQUETI, S. A. B.; LUIZ, W. A. V.; CELLIGOI, M. A. P. C. **Segredos Naturais: óleos essenciais – uma alternativa para o bem-estar**. Bioquímica e Biofísica: Fundamentos, interações e aplicações. Atena Editora, 2025. p. 15–31. DOI: 10.22533/at.ed.978112518032.

FIGUEIREDO, A.; MASSA, A.; PICOTO, A.; SOARES, A. P.; BASTO, A. S.; CAMPOS, C. R. **Avaliação e tratamento do doente com acne – Parte II: tratamento tópico, sistêmico e cirúrgico, tratamento da acne na grávida, algoritmo terapêutico**. Revista Portuguesa de Clínica Geral, v. 27, p. 66–76, 2011.

FILIPE, G. A.; LONNI, A. A. S. G.; CELLIGOI, M. A. P. C. **Produção e aplicação de soforolipídios em cosméticos.** A Estruturação e Reconhecimento das Ciências Biológicas na Contemporaneidade, v. 2, p. 143–153, 2021. DOI: 10.22533/at.ed.54721010414.

GALINDO, M. V.; PAGLIONE, I. S.; BALAN, G. C.; SAKANAKA, L. S.; SHIRAI, M. A. **Atividade antimicrobiana e antioxidante de filmes comestíveis de gelatina e quitosana adicionados de óleos essenciais.** Segurança Alimentar e Nutricional, v. 26, p. 1–9, 2019. DOI: 10.20396/san.v26i0.8653865.

HASATSRISRI, S.; PITIRATANAWORANAT, A.; SWANGWIT, S.; BOOCHAKUL, C.; & TRAGOONSUPACHAI, C. **Comparison of the morphological and physical properties of different absorbent wound dressings.** Dermatology Research and Practice, 2018. DOI: 10.1155/2018/9367034.

HIPÓLITO, A.; SILVA, R. A. A.; CARETTA, T. O.; SILVEIRA, V. A. I.; AMADOR, I. O.; PANAGIO, L. A.; BORSATO, D.; CELLIGOI, M. A. P. C. **Evaluation of the antifungal activity of sophorolipids from *Starmerella bombicola* against food spoilage fungi.** Biocatalysis and Agricultural Biotechnology, v. 29, p. 101797, 2020. DOI: 10.1016/j.bcab.2020.101797.

JUNIOR, J. A. O.; SHIOTA, L. M.; CHIAVACCI, L. A. **Desenvolvimento de formadores de filmes poliméricos orgânico-inorgânicos para liberação controlada de 31 fármacos e tratamento de feridas.** Revista Matéria, p. 24–32, 2014.

LIAKOS, I.; RIZZELLO, L.; SCURR, D. J.; POMPA, P. P.; BAYER, I. S.; ATHANASSIOU, A. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 453, p. 137, 2014.

MARKET RESEARCH REPORT. **Relatório FB 5385**, 2022. Disponível em: [https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/essential-oil-market_119674487.html] (<https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/essential-oil-market-119674487.html>).

MAYSLICH, C.; GRANGE, P. A.; DUPLIN, N. **Cutibacterium acnes como patógeno oportunista: atualização.** Microorganisms, v. 9, n. 2, 2021. DOI: 10.3390/microorganisms9020303.

OISETH, S.; JONES, L.; MAZA, E. **Acne vulgar.** Lecturio Medical Concepts Library, 2025. Disponível em: [<https://www.lecturio.com/pt/concepts/acne-vulgar/>] (<https://www.lecturio.com/pt/concepts/acne-vulgar/>).

OLIVEIRA, M. R.; CAMILIOS-NETO, D.; ROCHA, C. B.; MAGRI, A.; CELLIGOI, M. A. P. C. **Biosynthesis and production of sophorolipids.** International Journal of Scientific & Technology Research, v. 3, n. 11, p. 133–146, 2014.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL PARA PADRONIZAÇÃO (ISO). **ISO 9235: Matérias-primas naturais aromáticas – Vocabulário**. Genebra: ISO, 2021.

PIERI, F. A.; MUSSI, M. C.; MOREIRA, M. A. S. **Óleo de copaíba: história, extração, aplicações industriais e propriedades medicinais**. Revista Brasileira de Plantas Medicinais, v. 11, n. 4, p. 465–472, 2009. DOI: 10.1590/S1516 05722009000400016.

RAJESH, K.; SINGH, Y.; PIPLANI, M.; BHATEJA, P.; GARG, R.; KUMAR, B. **Estudo químico e farmacológico de óleos de *Copaifera spp***. Bentham. Science Publisher, 2024.

SAHANA, T. G.; REKHA, P. **Biopolymers: applications in wound healing and skin tissue engineering**. Molecular Biology Reports, v. 45, p. 2857–2867, 2018.

SCHIEFER, J. L.; RATH, R.; HELD, M.; PETERSEN, W.; WERNER, J. O.; SCHALLER, H. E.; RAHMANIAN-SCHWARZ, A. **Frequent application of the new gelatin-collagen nonwoven accelerates wound healing**. Advances in Skin & Wound Care, v. 29, p. 73–78, 2016.

SCHMIDT, G. A.; SANTOS, V. S. B.; GARCIA, R. L. V.; MALAGODI, C. E. S. **Desenvolvimento e caracterização de curativo hidrocolóide aditivado com barbatimão, camomila e óleo vegetal de orégano**. Brazilian Journal of Health Review, v. 7, n. 2, p. 1–14, 2024. DOI: 10.34119/bjhrvn2-429.

SILVA, E. R.; OLIVEIRA, D. R.; MELO, M. F. F.; BIZZO, R. H.; LEITÃO, S. G.; BRAZ, J. **Brazilian Journal of Pharmacognosy**, v. 26, p. 647, 2016.

SILVA, L. L.; SANTOS, K. V. P.; NAVES, P. L. F.; DIDONET, C. C. G. M. **Exopolissacarídeos bacterianos: características e utilização**. Ciências da Saúde: Saberes e práticas interdisciplinares, cap. 4, 2019.

SILVEIRA, V. A. I.; MARIM, B. M.; HIPÓLITO, A.; GONÇALVES, M. C.; MAU, S. **Characterization and antimicrobial properties of polylactic acid–sophorolipid films**. Food Packaging and Shelf Life, v. 26, 2020. DOI: 10.1016/j.fpsl.2020.100591.

SUTARIA, A. H.; MASOOD, S.; SALEH, H. W. M.; SCHLESSINGER, J. **Acne vulgar**. National Library of Medicine, 2023. Disponível em: [\[https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK459173/\]](https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK459173/) (<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK459173/>).

VIEIRA, D. P.; CADORIN, G. R.; COSTA, J. T.; CUNHA, M. M.; BARROS, M. S.; SOUZA, A. L. F. **Soforolipídios: síntese, aplicações e desafios**. Revista Metodologias e Aprendizado, v. 4, p. 45–59, 2021. DOI: 10.21166/metapre.v1i.1741.

ZAMBONIN, F.; LIMA, K. L. B.; MACIEL, J. C.; DIAS, G. B. **Copaíba: revisão bibliográfica sobre propriedades terapêuticas.** Health and Diversity Journal, v. 3, n. 1, 2019. DOI: 10.18227/hd.v3i1.7423.

ZHOU, Q. H.; KOSARIC, N. **Utilization of canola oil and lactose to produce biosurfactant with *Candida bombicola*.** Journal of the American Oil Chemists Society, v. 72, n. 1, p. 67–71, 1995.