




C A P Í T U L O 1

APLICAÇÃO DE LEVANA DE *Bacillus subtilis* NATTO ASSOCIADA AOS ÓLEOS DE COPAÍBA E CAPIM-LIMÃO PARA DESENVOLVIMENTO DE PRODUTOS COSMÉTICOS

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.011112620011>

Sabrina Aparecida Balsarini Marqueti

Universidade Estadual de Londrina

Londrina – PR

<http://lattes.cnpq.br/4929874063466004>

Yara dos Santos Vieira Dias

Universidade Estadual de Londrina

Londrina – PR

<http://lattes.cnpq.br/6901319055882175>

Tainã de Oliveira Ferreira

Universidade Estadual de Londrina

Londrina – PR

<http://lattes.cnpq.br/5606727829208112>

Luiz Henrique Santana Martins

Universidade Estadual de Londrina

Londrina – PR

<http://lattes.cnpq.br/9197311196655485>

Wesley Aparecido Vicente Luiz

Universidade Estadual de Londrina

Londrina – PR

<http://lattes.cnpq.br/9055009709155076>

Maria Antonia Pedrine Colabone Celligoi

Universidade Estadual de Londrina

Londrina – PR

<http://lattes.cnpq.br/8103146519423861>

RESUMO: A indústria cosmética global vivencia uma mudança de paradigma, impulsionada pela demanda por produtos sustentáveis, seguros e multifuncionais. Este capítulo explora a convergência entre a biotecnologia e a biodiversidade natural como resposta a esse cenário, focando no desenvolvimento de formulações dermocosméticas. Aborda a fisiologia da barreira cutânea e os desafios da hidratação

e do envelhecimento, destacando o papel dos biopolímeros funcionais. A levana, um exopolissacarídeo de origem microbiana produzido por *Bacillus subtilis* natto, é apresentada como um ativo de alto valor agregado, capaz de promover hidratação intensa, ação antioxidante e formação de filme protetor biocompatível. Em sinergia, discute-se a incorporação de óleos essenciais de capim-limão (*Cymbopogon flexuosus*) e copaíba (*Copaifera officinalis*), cujos compostos bioativos, citral e β -cariofileno, conferem propriedades antimicrobianas, anti-inflamatórias e antioxidantes. O capítulo evidencia que a associação destes ativos naturais pode superar a performance de ingredientes sintéticos tradicionais, oferecendo soluções terapêuticas eficazes para a manutenção da saúde e homeostase da pele.

PALAVRAS-CHAVE: Biotecnologia. Biopolímeros. Exopolissacarídeos. Levana Cosmecêuticos.

APPLICATION OF *Bacillus subtilis* NATTO LEVAN ASSOCIATED WITH COPAIBA AND LEMONGRASS OILS FOR THE DEVELOPMENT OF COSMETIC PRODUCTS

ABSTRACT: The global cosmetic industry is undergoing a paradigm shift, driven by the demand for sustainable, safe, and multifunctional products. This chapter explores the convergence between biotechnology and natural biodiversity as a response to this scenario, focusing on the development of advanced dermocosmetic formulations. It addresses the physiology of the skin barrier and the challenges of hydration and aging, highlighting the role of functional biopolymers. Levan, a microbial exopolysaccharide produced by *Bacillus subtilis* natto, is presented as a high value-added active ingredient, capable of promoting intense hydration, antioxidant action, and the formation of a biocompatible protective film. In synergy, the incorporation of lemongrass (*Cymbopogon flexuosus*) and copaiba (*Copaifera officinalis*) essential oils is discussed, whose bioactive compounds, citral and β -caryophyllene, confer antimicrobial, anti-inflammatory and antioxidant properties. The chapter demonstrates that the association of these natural actives surpasses the performance of traditional synthetic ingredients, offering effective therapeutic solutions for the maintenance of skin health and homeostasis.

KEYWORDS: Biotechnology. Biopolymers. Exopolysaccharides. Levan Cosmeceuticals.

INTRODUÇÃO

O Brasil representa uma potência mundial no mercado cosmético. Conforme dados recentes da Associação Brasileira da Indústria de Higiene Pessoal, Perfumaria e Cosméticos (2025), o país está posicionado como terceiro maior consumidor global desses produtos, sendo Estados Unidos (1º) e China (2º). Já entre os países da América Latina, o Brasil lidera representando 43,4% do consumo.

Existe uma demanda crescente para aplicações de práticas que envolvam sustentabilidade e inovação para solucionar problemas ambientais, o que é um desafio para o setor industrial (Furtado; Sampaio, 2020). Dessa forma, algumas indústrias cosméticas utilizam esse perfil para atuarem no mercado, já que, é um setor que exige dinamismo contínuo, com novas fórmulas e alta tecnologia para as produções (Zucco *et al.*, 2020).

A disseminação de informações em meios digitais tem ampliado as discussões sobre pautas éticas, como produtos sem testes em animais, veganos e com cadeias produtivas transparentes, bem como sobre a saúde dermatológica, com foco na redução da irritabilidade causada por ingredientes sintéticos (Furtado, 2020; Medeiros; Studart; Souza, 2017). Por conseguinte, cresce a exigência por produtos de “beleza limpa” ou “*clean beauty*”, em que o ativo natural é voltado ao bem-estar e preventivo ao envelhecimento (Future Market Insights, 2025).

A biotecnologia surge como uma ferramenta para atender esse cenário, viabilizando a obtenção de ingredientes eficazes e seguros. Entre as soluções, destaca-se os exopolissacarídeos microbianos, como a levana, um biopolímero de alto valor agregado. O processo biotecnológico para a sua obtenção pode ser realizado por diversos microrganismos, sobressaindo-se o *Bacillus subtilis* natto, que através da enzima levanasacarase, utiliza a sacarose como substrato principal transformando-a em uma cadeia polimérica funcional (Vieira *et al.*, 2021; Domżał-Kędzia *et al.*, 2023; Santos-Moriano *et al.*, 2015).

Diferentemente de hidratantes comuns, sua estrutura composta por unidades de frutose, oferece propriedades biológicas importantes. Dessa forma, sua atuação envolve atividades antioxidante, anti-inflamatória, clareadora, além da formação de um filme protetor sobre a pele que retém a hidratação (Silva, 2020; Dahmer *et al.*, 2023).

Para potencializar ainda mais o bioativo, pode-se recorrer aos óleos essenciais, que também são princípios ativos importantes na área cosmética. Como por exemplo, o óleo de capim-limão (*Cymbopogon flexuosus*), reconhecido por suas atividades antimicrobianas e antioxidantes, e o óleo de copaíba (*Copaifera officinalis*), apresentando propriedades cicatrizante, anti-inflamatória e antioxidante (Sharmeen *et al.*, 2021; Pinto *et al.*, 2023).

Este capítulo expõe a conformidade entre biotecnologia e ativos naturais para aplicação em produtos cosméticos. Aborda-se como a incorporação da levana, obtida por fermentação bacteriana, em sinergia com óleos essenciais, viabiliza a criação de cosméticos funcionais. A ênfase é no desenvolvimento de formulações que não apenas hidratam e protegem contra a ação de radicais livres, mas que respondem às demandas voltadas a saúde dermatológica e bem-estar.

FISIOLOGIA DA PELE

Para compreender a eficácia dos cosmeceúticos, é fundamental revisar a barreira cutânea, que é constituída por três camadas (epiderme, derme e hipoderme). A epiderme é a camada mais superficial da pele, é avascular e possui duas partes (zona córnea e zona germinativa). A zona córnea é mais superficial e apresenta as células queratinizadas, enquanto a germinativa é mais profunda e tem as células responsáveis pela regeneração (Pereira, 2021; Ruivo, 2014). A derme é composta pelo tecido conjuntivo, vasos sanguíneos, folículos pilosos, glândulas sudoríparas e sebáceas, fibras de colágeno e elásticas e terminações nervosas. Enquanto a hipoderme possui uma espessura variável, sendo uma camada subcutânea adiposa (Pereira, 2021).

A pele corporal e facial compartilha a mesma estrutura histológica fundamental, no entanto, a pele do rosto apresenta características fisiológicas que a tornam mais susceptível aos sinais de envelhecimento. Como por exemplo, maior densidade de glândulas sebáceas, sendo o sebo responsável por formar um filme hidrolipídico, para proteção e lubrificação da pele. A produção excessiva desse sebo está atrelada a peles oleosas, desenvolvimento de acne e poros dilatados (Bolognia, 2019; Wolff, 2017).

A área periorbital (ao redor dos olhos) possui menor espessura e maior sensibilidade, facilmente demonstrando sinal de envelhecimento, como rugas finas e olheiras (Simão *et al.*, 2018). Essa espessura também é mais propensa às irritações por ingredientes químicos, por isso, produtos que sejam mais suaves e considerados de “beleza limpa” são mais adequados.

Um ponto crítico na fisiologia facial é a hidratação, pois a pele perde água constantemente para o ambiente através de um processo passivo denominado Perda de Água Transepidérmica (TEWL). A manutenção da água no estrato córneo é vital para a flexibilidade e integridade da pele. O aumento da TEWL resulta em pele ressecada e áspera, justificando o uso de cosméticos que atuem por mecanismo de oclusão ou umectação, para reter água e restaurar a função barreira (Simão *et al.*, 2018; Pereira, 2021).

O rosto está em constante exposição à radiação ultravioleta, a qual ocasiona fotoenvelhecimento (manchas e rugas), e poluições de modo geral, as quais podem gerar radical livre levando ao estresse oxidativo, e consequentemente acelera o envelhecimento (Hoffman *et al.*, 2015). Essas exposições justificam a utilização de cuidados diários que incluam proteção solar e antioxidantes.

O pH é de extrema importância para a formulação de cosméticos, uma vez que a pele facial tem um manto ácido (superfície com pH ligeiramente ácido, em torno de 4,5 a 5,5). Esse manto tem a função de proteção contra bactérias patogênicas, auxiliando na integridade da barreira cutânea. Por isso, produtos alcalinos, como os

sabonetes em barra tradicionais, podem causar desequilíbrio, e consequentemente em uma pele com aspecto ressecado, irritado e mais sensível (Simão *et al.*, 2018; Hoffman *et al.*, 2015). Reforçando então a necessidade de formulações com pH fisiológico facial.

O POTENCIAL DA LEVANA

Tratando-se de ingredientes naturais, os exopolissacarídeos microbianos são alternativas superiores aos polímeros sintéticos. Podem ser solúveis em água e oferecem um perfil de segurança alinhado às exigências de “beleza limpa”, uma vez que são biocompatíveis, biodegradáveis, não citotóxicos e hipoalergênicos (Hilbing *et al.*, 2019; Zanotti; Baldino; Reverchon, 2023).

A versatilidade dessas moléculas na cosmetologia permite uma atuação dupla na formulação. Eles podem ser classificados como funcionais, se atuarem na estabilidade física do produto (espessantes, gelificantes e impedindo coalescência), ou como ativos, quando desempenham um papel biológico direto (retenção de moléculas de água para a hidratação profunda da pele) (Silva *et al.*, 2022; Kanlayavattanakul; Lourith, 2015).

O mercado já utiliza amplamente representantes dessa classe, como o ácido hialurônico, valorizado na medicina estética pela sua viscoelasticidade, e as gomas xantana e gelana, essenciais como estabilizadores reológicos em produtos que variam de desodorantes a cuidados capilares (Fiume *et al.*, 2016; Nisi *et al.*, 2016). Contudo, a constante busca por multifuncionalidade impulsiona a investigação de novos homopolissacarídeos que superem as limitações tradicionais, sendo neste contexto o destaque da levana.

Estruturalmente, a molécula de levana é definida por uma cadeia principal de unidades de frutose unidas por ligações glicosídicas β -(2 \rightarrow 6) e β -(2 \rightarrow 1) nas ramificações (Phengnoi *et al.*, 2025; Srikanth *et al.*, 2015). Essa arquitetura molecular específica (Figura 1) foi elucidada pioneiramente na década de 1990 pelos pesquisadores Simms, Boyko e Edwards.

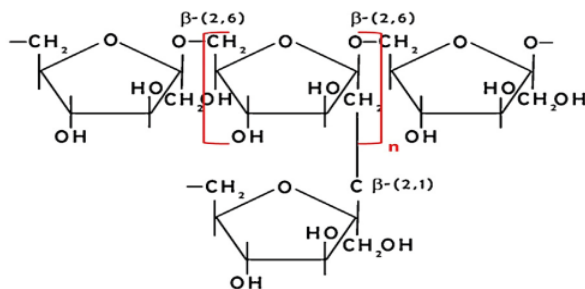


Figura 1 - Estrutura química da levana com ligações β -(2 \rightarrow 6) na cadeia principal e β -(2 \rightarrow 1) na ramificação

Fonte: Srikanth et al. (2015)

A responsável por essa síntese é a levanasacarase (E.C. 2.4.1.10), uma enzima multifuncional que orquestra um complexo equilíbrio entre hidrólise e polimerização. O processo catalítico utiliza a sacarose como substrato e ocorre em etapas dinâmicas: inicialmente, a enzima cliva a ligação da sacarose, liberando glicose e formando um complexo intermediário frutossil-enzima. A partir desse ponto, o destino da molécula depende da via metabólica favorecida, na presença de água ocorre hidrólise, mas se em altas concentrações de substrato, predomina a transfrutossilação (Silva, 2020; Vieira *et al.*, 2021; Srikanth *et al.*, 2015; Santos-Moriano *et al.*, 2015).

Embora a levanasacarase possa ser sintetizada por diversos gêneros bacterianos (*Zymomonas*, *Erwinia*, *Bacillus* e *Pseudomonas*), a indústria de cosméticos exige critérios rigorosos de segurança. Por isso, a escolha pelo *B. subtilis* natto, que diferente de microrganismos patogênicos, possui o status GRAS (*Generally Recognized As Safe*), garantindo a biossegurança do produto (Prasmatya *et al.*, 2021; Santos-Moriano *et al.*, 2015; Liu *et al.*, 2019; Guan *et al.*, 2015).

Além de ser uma bactéria Gram-positiva não patogênica, ela apresenta vantagens industriais relevantes, devido a crescer rapidamente em substratos de baixo custo, resistência a variações térmicas, e secreta a levanasacarase diretamente para o meio extracelular. Isso simplifica as etapas *downstream*, pois reduz os custos e elimina os riscos de contaminação por toxinas intracelulares, o que é essencial para aplicações tópicas em pele humana (Lima, 2019; Zhang *et al.*, 2020; Alves *et al.*, 2018).

A aplicação da levana da bancada do laboratório para o produto tem sido validada por estudos recentes, que confirmam sua versatilidade ao ser incorporada em géis, emulsões e hidratantes labial. A literatura científica destaca três pilares de eficácia para este biopolímero: estabilidade físico-química, potência antioxidante e alta performance de hidratação.

Em formulações faciais, a associação da levana com ingredientes naturais clássicos (*Aloe vera*, óleo de abacate e vitamina E), demonstrou resultados promissores. Pesquisas conduzidas por Helenas *et al.* (2023), indicaram que a presença de levana em géis aniônicos potencializa a capacidade de retenção de água, alcançando índices de hidratação superiores a 98%, com excelente espalhabilidade (767 mm²) e atividade antioxidante de 76%.

Essa sinergia também foi observada na combinação com óleo de amêndoas, no trabalho de Silva *et al.* (2022) comprovaram que biocosméticos faciais contendo levana mantêm sua estabilidade reológica e funcional mesmo após 90 dias de armazenamento. O biopolímero contribuiu para um perfil sensorial agradável (não pegajoso), mantendo o pH compatível com a fisiologia da pele e uma barreira antioxidante de 72% contra radicais livres.

Além da pele facial, a levana mostra-se eficaz em regiões de mucosa, como os lábios. Dahmer *et al.* (2023) desenvolveram um hidratante labial multifuncional unindo a levana de *B. subtilis* a sofrolipídios e óleo essencial de *Citrus paradisi*. O estudo inovou ao incluir testes de bioimpedância e análise sensorial com voluntários humanos. Os resultados foram contundentes: retenção de umidade acima de 95% e aprovação popular, no qual 85% dos participantes relataram melhora perceptível na hidratação e maciez dos lábios. Esses dados reforçam que a levana não atua apenas como um excipiente passivo, mas como um ativo dermocosmético de alta performance.

ÓLEOS ESSENCIAIS

A incorporação dos óleos em formulação cosmética visa potencializar as atividades biológicas do produto. Esses compostos voláteis, produtos do metabolismo secundário vegetal, são valorizados pela indústria farmacológica não apenas por suas características organolépticas, mas pelo seu potente perfil anti-inflamatório, antioxidante e antimicrobiano (ISO 9235, 2021). Na proposta deste capítulo, destacam-se duas espécies com ações complementares: o capim-limão e a copaíba.

Extraído do gênero *Cymbopogon* (família *Poaceae*), o óleo essencial de capim-limão (*C. flexuosus*) transcende sua função de fragrância. Seu valor cosmeceútico reside na alta concentração de citral (70-80%), uma mistura isomérica de geraniol e neral (Figura 2) (Martins *et al.*, 2021). Quimicamente, este óleo é rico em monoterpenos, moléculas pequenas formadas por duas unidades de isopreno (C₁₀H₁₆), e sesquiterpenos Adhikary *et al.*, 2023; Sharmeen *et al.*, 2021).

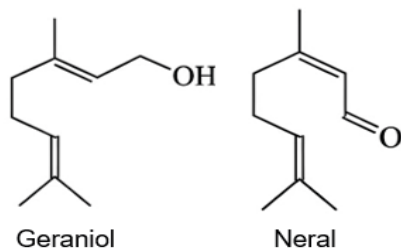


Figura 2 - Estrutura química dos principais componentes do óleo de capim-limão

Fonte: Adaptado de Castro *et al.* (2010)

Essa estrutura lipofílica facilita a permeação cutânea e confere ao óleo uma eficácia notável contra microrganismos patogênicos da pele, incluindo *Staphylococcus aureus* e *Escherichia coli* (Adhikary *et al.*, 2023; Wan *et al.*, 2019). Essa atividade antibacteriana torna o capim-limão estratégico em formulações para peles acneicas e oleosas, atuando na prevenção de infecções e secundariamente, como conservante natural do próprio cosmético (Saboia *et al.*, 2022).

Representando o potencial da biodiversidade brasileira, a copaíba (*Copaifera officinalis*) é uma árvore da família *Fabaceae* cuja oleorresina é historicamente utilizada na medicina popular amazônica para tratar inflamações e feridas (Areosa, 2019; Pinto *et al.*, 2023). Diferentemente da maioria dos óleos essenciais comuns, a copaíba possui uma química complexa constituída por duas frações: uma volátil (rica em sesquiterpenos) e uma resinosa (rica em ácidos diterpênicos). O componente majoritário e principal marcador químico é o β -cariofileno (Figura 3), um sesquiterpeno com potente ação anti-inflamatória e antimicrobiana. Outros constituintes importantes incluem o ácido copálico e o α -copaeno (Kumar, 2024; Bahia *et al.* 2023).

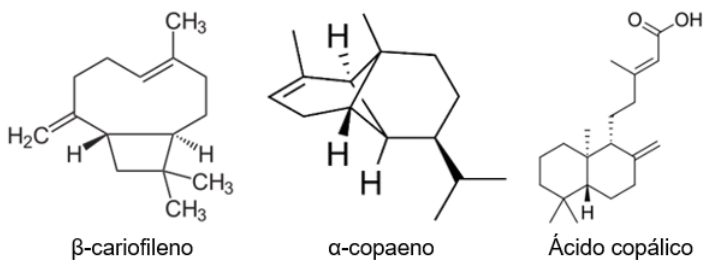


Figura 3 - Estrutura química dos principais componentes do óleo de copaíba

Adaptado de Magnani *et al.* (2025); Kumar (2024); Bahia *et al.* (2023)

Estudos recentes validam sua aplicação clínica na redução de processos inflamatórios crônicos, como psoríase e eczema, além de auxiliar na regeneração tecidual e cicatrização (Carvalho *et al.*, 2024; Batista; Pinto, 2024). Ao associar a capacidade regenerativa da copaíba com a hidratação da levana, cria-se um sistema multifuncional robusto para a saúde da pele.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A convergência entre a biotecnologia e a biodiversidade oferece novas possibilidades para a cosmetologia. Os tópicos apresentados demonstram que a substituição de ingredientes sintéticos não é apenas uma tendência ecológica, mas uma evolução técnica. A levana, produzida de forma sustentável via fermentação por *B. subtilis*, provou ser um polímero com ótimo desenvolvimento, superando expectativas em hidratação e sensorial.

Se associada aos óleos essenciais de capim-limão e copaíba, a formulação ganha propriedades terapêuticas, pois além de potencializar a ação antioxidante, também pode atuar na proteção contra patógenos e em problemas inflamatórios. Este capítulo conclui que o desenvolvimento de cosmecêuticos com diferentes ativos (biopolímero com óleos naturais) representa alternativas eficazes, para indústrias que buscam aplicar práticas mais sustentáveis com produtos voltados a saúde e ao bem-estar dos consumidores.

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

ADHIKARY, K.; BANERJEE, P.; BARMAN, S.; BANDYOPADHYAY, B.; BAGCHI, D. **Nutritional Aspects, Chemistry Profile, Extraction Techniques of Lemongrass Essential Oil and It's Physiological Benefits**. Journal of the American Nutrition Association, [S.L.], v. 43, n. 2, p. 183-200, 14 ago. 2023. Informa UK Limited. <http://dx.doi.org/10.1080/27697061.2023.2245435>

ALVES, K. C. S.; ALMEIDA, M. E. M. de; GLÓRIA, J. C.; SANTOS, F. A. dos; PEREIRA, K. D.; CASTRO, D. P. de; MARIÚBA, L. A. M. ***Bacillus subtilis*: uma versátil ferramenta biotecnológica**. Revista Scientia Amazonia, v. 7, n. 2, p. B15-B23, 2018. Disponível em: <http://www.scientia-amazonia.org>. Acesso em: 23 set. 2025.

ANANTHALAKSHMY, V. K.; GUNASEKARAN, P. **Isolation and characterization of mutants from levan-producing *Zymomonas mobilis***. Journal of Bioscience and Bioengineering. V. 87, p. 214-217, 1999. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1389-1723\(99\)89015-X](https://doi.org/10.1016/S1389-1723(99)89015-X)

AREAOSA, V. B. de M. **Efeito do óleo essencial de copaíba (*Copaifera multijuga* Hayne) sobre a morfologia hepática e cardíaca em um modelo de inflamação induzida por zymosan: Um estudo estereológico**. 2019. 74 f. Dissertação (Mestrado em Imunologia Básica e Aplicada) – Universidade Federal do Amazonas, Manaus, 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE HIGIENE PESSOAL, PERFUMARIA E COSMÉTICOS. **Panorama do Setor de Beleza e Cuidados Pessoais de 2025**. São Paulo: ABIHPEC, 2025. Disponível em: <https://abihpec.org.br/publicacao/panorama-do-setor-25/>. Acesso em: 22 set. 2025.

BAHIA, B. D.; FERREIRA, K. C. B; COSTA, D. de S; VANELLI, C. P.; SILVA, F. P.; SILVA, F. A. A. CORREA, J. O. do A. **Avaliação de atividade Imunomodulatória do Ácido Copálico obtido da Resina de Copaíba**. Revista Científica da Faminas, v. 18, n. 2, p. 1-13, 2023. ISSN: 1807-6912.

BOLOGNIA, Jean. **Dermatologia**. 3. ed. Rio de Janeiro: GEN Guanabara Koogan, 2015. E-book. p.57. ISBN 9788595155190. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788595155190/>. Acesso em: 25 set. 2025.

CARVALHO, A. B.; SANTIAGO, C. M. C.; STANLEY, J.; DIAS, K. R.; ARAUJO, L.; CARDOSO, T. C. **Propriedade terapêutica do óleo de copaiba (*Copaifera spp.*) no tratamento de doenças de pele**. Observatório de La Economía Latinoamericana, [S.L.], v. 22, n. 12, p. 8144, 10 dez. 2024. Brazilian Journals. <http://dx.doi.org/10.55905/oelv22n12-083>.

CASTRO, H. G. de; PERINI, V. B. de M.; SANTOS, G. R. dos; LEAL, T. C. A. B. **Avaliação do teor e composição do óleo essencial de *Cymbopogon nardus* (L.) em diferentes épocas de colheita**. Revista Ciência Agronômica, [S.L.], v. 41, n. 2, p. 308-314, jun. 2010. FapUNIFESP (SciELO). <http://dx.doi.org/10.1590/s1806-66902010000200020>.

DAHMER, D.; SCANDORIEIRO, S.; BIGOTTO, B. G.; BERGAMINI, T. A.; GERMINIANI-CARDOZO, J.; COSTA, I. M. da; 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. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/cosmetics10060166>. Acesso em: 23 set. 2025.

DOMŻAŁ-KĘDZIA, M.; OSTROWSKA, M.; LEWIŃSKA, A.; ŁUKASZEWICZ, M. **Recent Developments and Applications of Microbial Levan, A Versatile Polysaccharide-Based Biopolymer**. *Molecules*, v. 28, n. 14, p. 5407, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/molecules28145407>. Acesso em: 22 set. 2025.

FIUME, M. M.; HELDRETH, B.; BERGFELD, W. F.; BELSITO, D. V.; HILL, R. A.; KLAASSEN, C. D.; LIEBLER, D. C.; MARKS JR, J. G.; SHANK, R. C.; SLAGA, T. J.; SNYDER, P. W.; ANDERSEN, F.A. **Safety Assessment of Microbial Polysaccharide Gums as Used in Cosmetics**. International Journal of Toxicology, v.35, p.5-49, 2016.

FURTADO, B. dos A. **Cosméticos sustentáveis e a intenção de compra de consumidores no Brasil**. Marcas, Mercados e Consumo, Uberlândia, MG, v. 1, n. 1, p. 59-78, jan./jun. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.14393/MIP>. Acesso em: 23 set. 2025.

FURTADO, B. dos A.; SAMPAIO, D. de O. **Cosméticos sustentáveis: quais fatores influenciam o consumo destes produtos?** International Journal of Business & Marketing (IJBMKT), São Paulo, v.5, n.1, p. 36-54, 2020. Disponível em: <https://ijbmkt.org/ijbmkt/article/view/145/121>. Acesso em: 24 set. 2025.

FUTURE MARKET INSIGHTS INC. **Relatório de análise de mercado de cosméticos ODM: tamanho, tendências e previsão para 2025-2035**. Dubai: Future Market Insights Inc, 2025. Disponível em: <https://www.futuremarketinsights.com/reports/cosmetics-odm-market>. Acesso em: 22 set. 2025.

GUAN, Z.; XUE, D.; ABDALLAH, II *et al.* **Metabolic engineering of *Bacillus subtilis* for terpenoid production**. *Appl Microbiol Biotechnol* **99**, 9395–9406 (2015). <https://doi.org/10.1007/s00253-015-6950-1>

HELENAS, J. K.; BERSANETI, G. T.; SILVA, R. T. da; BIGOTTO, B. G.; LONNI, A. A. S. G.; BORSATO, D.; BALDO, C.; CELLIGOI, M. A. P. C. **Development of facial Cosmetic Formulations using Microbial Levan in Association with Plant-Derived Compounds Using Lattice Desing**. Brazilian Archives of Biology and Technology, v. 66, p. e23220275, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/1678-4324-2023220275>.

HILBING, J.; LOEFFLER, M.; HERRMANN, K.; WEISS, J. **Application of exopolysaccharide-forming lactic acid bacteria in cooked ham model systems**. Food Research International, v. 119, p. 761-768, maio 2019. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.10.058>. Acesso em: 24 set. 2025.

HOFFMANN, L. M.; COMARELLA, L.; SIEBEN, P. G. **SAFETY RELATED TO COSMETICS AND COSMETOVIGILANCE IMPORTANCE**. Visão Acadêmica, [S. l.], v. 16, n. 2, 2015. DOI: 10.5380/acd.v16i2.41375.

International Organization for Standardization. **ISO 9235:2021. Aromatic natural raw materials - Vocabulary**. International Organization for Standardization: Genebra, 2021

KANLAYAVATTANAKUL, M.; LOURITH, N. **Biopolysaccharides for Skin Hydrating Cosmetics**. In: RAMAWAT, K.; MÉRILLON, J-M. (Org.). *Polysaccharides*. Cham: Springer, 2015. p. 739-763. Disponível em: https://doi.org/10.1007/978-3-319-16298-0_29. Acesso em: 25 set. 2025.

KUMAR, R.; SINGH, Y.; PIPLANI, M.; BHATEJA, P.; GARG, R.; KUMAR, B. **The Chemistry and Pharmacological Study of *Copaifera* spp. Oils**. *The Chemistry Inside Spices & Herbs: Research and Development*, [S.L.], p. 79-116, 4 jul. 2024. BENTHAM SCIENCE PUBLISHERS. <http://dx.doi.org/10.2174/9789815196832124040006>.

LIMA, Urgel de A. **Biotecnologia industrial**. 2. ed. São Paulo: Editora Blucher, 2019. *E-book*. p.474. ISBN 9788521214588. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788521214588/>. Acesso em: 25 set. 2025.

LIU, C.; KOLIDA, S.; CHARALAMPOPOULOS, D.; RASTALL, R. A. **An evaluation of the prebiotic potential of microbial levans from *Erwinia* sp. 10119**. *Journal of Functional Foods*, v. 64, p. 103668, jan. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.jff.2019.103668>. Acesso em: 24 set. 2025.

MAGNANI, R. F.; VOLPE, H. X. L.; LUVIZOTTO, R. A. G.; MULINARI, T. A.; AGOSTINI, T. T.; BASTOS, J. K.; RIBEIRO, V. P.; CARMO-SOUSA, M.; WULFF, N. A.; PEÑA, L. **α -Copaene is a potent repellent against the Asian Citrus Psyllid *Diaphorina citri***. *Scientific Reports*, [S.L.], v. 15, n. 1, p. 35-54, 28 jan. 2025. Springer Science and Business Media LLC. <http://dx.doi.org/10.1038/s41598-025-86369-1>.

MEDEIROS, H. S.; STUDART, L. B. A.; SOUZA, L. de; MOURA, H. J. **Influências das mídias sociais na intenção de compra por produtos verdes**. *CPMark: Caderno Profissional de Marketing - UNIMEP*, v. 5, n. 3, p. 102-117, set./dez. 2017. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/321686633_INFLUENCIAS_DAS_MIDIAS_SOCIAIS_NA_INTENCAO_DE_COMPRA_POR_PRODUTOS_VERDES. Acesso em: 26 set. 2025.

NISI, G.; CUOMO, R.; BRANDI, C.; GRIMALDI, L.; SISTI, A.; D'ANIELLO, C. **Carbon dioxide therapy and hyaluronic acid for cosmetic correction of the nasolabial folds**. *Journal of Cosmetic Dermatology*, v. 15, p. 169-175, 2016.

PEREIRA, V. *et al.* **Anatomia Humana Básica** [livro eletrônico]: para estudantes da área da saúde. 4. ed. São Caetano do Sul, SP: Difusão Editora, 2021. 248 p. ISBN 9788578083021.

PHENGNOI, P.; TEERAKULKITTIPONG, N.; TEEPARUKSAPUN, K.; LIRIO, G. A.; JANGIAM, W. **Optimization of levan biosynthesis from *Bacillus siamensis* using batch and continuous stirred-tank bioreactors: a response surface methodology approach**. *Biotechnology Reports*, v. 47, e00908, 2025. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.btre.2025.e00908>. Acesso em: 24 set. 2025.

PINTO, E. P.; MENEZES, R. P.; TAVARES, W. de S.; FERREIRA, A. M.; SOUSA, F. F. O. de; SILVA, G. A. da; ZAMORA, R. R. M.; ARAUJO, R. S.; SOUZA, T. M. de. **Copaiba essential oil loaded-nanocapsules film as a potential candidate for treating skin disorders: preparation, characterization, and antibacterial properties.** International Journal of Pharmaceutics, v. 633, p. 122608, fev. 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2023.122608>. Acesso em: 24 set. 2025.

PRAMASTYA, H.; SONG, Y.; ELFAHMI, E. Y.; SUKRASNO, S.; QUAX, W. J. **Positioning *Bacillus subtilis* as terpenoid cell factory.** Journal of Applied Microbiology, v. 130, n. 6, p. 1839-1856, 1 jun. 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1111/jam.14904>. Acesso em: 24 set. 2025.

RUIVO, Adriana Pessoa. **Envelhecimento Cutâneo: fatores influentes, ingredientes ativos e estratégias de veiculação.** 2014. 112 f. Tese (Mestrado Integrado de Ciências Farmacêuticas) - Universidade Fernando Pessoa, Porto, 2014. Disponível em: https://bdigital.ufp.pt/bitstream/10284/4413/1/PPG_21481.pdf. Acesso em: 26 set. 2025.

SABOIA, C. da S.; CARDOSO, D. T.; SANTOS, J. V. dos; SABOIA, C. da S.; BARBOSA, R. T. P.; TELES, A. M.; MOUCHREK, A. N. **Caracterização química e atividade antimicrobiana do óleo essencial e do extrato bruto do capim limão (*Cymbopogon citratus*).** Research, Society and Development, v. 11, n. 7, e37611730064, 2022. Disponível em: <http://dx.doi.org/10.33448/rsd-v11i7.30064>. Acesso em: 25 set. 2025.

SANTOS-MORIANO, P.; FERNANDEZ-ARROJO, L.; POVEDA, A.; JIMENEZ-BARBERO, J.; BALLESTEROS, A. O.; PLOU, F. J. **Levan versus fructooligosaccharide synthesis using the levansucrase from *Zymomonas mobilis*: effect of reaction conditions.** Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic, v. 119, p. 18-25, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.molcatb.2015.05.011>. Acesso em: 26 set. 2025

SHARMEEN, J.B.; MAHOMOODALLY, F.M.; ZENGİN, G.; MAGGI, F. **Essential Oils as Natural Sources of Fragrance Compounds for Cosmetics and Cosmeceuticals.** *Molecules* **2021**, *26*, 666.

SILVA, R. T. da. **Aplicação de levana de *Bacillus subtilis* natto em formulações cosmecêuticas.** 2019. 81 f. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2020.

SILVA, R. T. da; BERSANETI, G. T.; BIGOTTO, B. G.; SILVEIRA, V. A. I.; LONNI, A. A. S. G.; BORSATO, D.; CELLIGOI, M. A. P. C. **Development of facial biocosmetic containing levan, almond and cinnamon oils with antioxidant and moisturizing properties.** Acta Scientiarum. Biological Sciences, v. 44, p. e588869, 2022. DOI: 10.4025/actascibiols.v44i1.58869

SIMÃO, D.; ROSA, P.V.; DEUSCHLE, V.C. KN.; et al. **Cosmetologia aplicada I.** Porto Alegre: SAGAH, 2018. E-book. p.14. ISBN 9788595028722. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788595028722/>. Acesso em: 25 set. 2025.

SIMMS, P.; BOYKO, W.; EDWARDS, J. **The structural analysis of a levan produced by *Streptococcus salivarius* SS2**. Carbohydrate Research, v.208, p.193-198, 1990.

SRIKANT, R.; SIDDARTHA, G.; REDDY, C. H. S. S.; HARISH, B. S.; RAMAIAH, M. J.; UPPULURI, K. B. **Antioxidant and anti-inflammatory levan produced from *Acetobacter xylinum* NCIM2526 and its statistical optimization**. Carbohydrate Polymers, v. 123, p. 8-16, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2014.12.079>. Acesso em: 24 set. 2025.

VIEIRA, A. M.; ZAHED, F.; CRISPIM, A. C.; BENTO, E. de S.; FRANÇA, R. de F. O.; PINHEIRO, I. O.; PARDO, L. A.; CARVALHO, B. M. **Production of levan from *Bacillus subtilis* var. natto and apoptotic effect on SH-SY5Y neuroblastoma cells**. Carbohydrate Polymers, v. 273, p. 118613, 2021. Disponível em: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.118613>. Acesso em: 24 set. 2025.

WAN, J.; SHAOBIN, Z., P. S.; BINGCAN, C., JIAJIA R. **Physical properties, antifungal and mycotoxin inhibitory activities of five essential oil nanoemulsions: impact of oil compositions and processing parameters**. Food Chemistry, [S.L.], v. 291, p. 199-206, set. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.04.032>.

WOLFF, K. **Dermatologia de Fitzpatrick: atlas e texto**. 8. ed. Porto Alegre: AMGH, 2019. E-book. p.2. ISBN 9788580556247. Disponível em: <https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788580556247/>. Acesso em: 25 set. 2025.

ZANOTTI, A.; BALDINO, L.; REVERCHON, E. **Production of Exopolysaccharide-Based Porous Structures for Biomedical Applications: a Review**. Nanomaterials, v. 13, n. 22, p. 2920, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/nano13222920>. Acesso em: 22 set. 2025.

ZHANG, X.; AL-DOSSARY, A.; HUSSAIN, M.; SETLOW, P.; LI, J. **Applications of *Bacillus subtilis* Spores in Biotechnology and Advanced Materials**. Applied and Environmental Microbiology, v. 86, n. 19, e01096-20, out. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.1128/AEM.01096-20>. Acesso em: 24 set. 2025.

ZUCCO, A.; SOUSA, F. S. de; ROMEIRO, M. do C. **Cosméticos naturais: uma opção de inovação sustentável nas empresas**. Brazilian Journal of Business, Curitiba, v. 2, n. 3, p. 2684-2701, jul./set. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.34140/bjbv2n3-056>. Acesso em: 23 set. 2025.