



Panorama da aplicação de resíduos de abacaxi na produção de biossurfactante

BRASIL, Kayque da Silva¹; SANTOS, Brenda Lohanny Passos²;

VIEIRA, Isabela Maria Monteiro²; RAMOS, Larissa Castor²;

RUZENE, Denise Santos^{1,2,3}; SILVA, Daniel Pereira^{1,2,3,4*}

¹ Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, Universidade Federal de Sergipe

² Rede Nordeste de Biotecnologia, Universidade Federal de Sergipe

³ Programa de Pós-Graduação em Biotecnologia, Universidade Federal de Sergipe

⁴ Programa de Pós-Graduação em Ciência da Propriedade Intelectual, Universidade Federal de Sergipe

* Autor de correspondência. E-mail: silvadp@hotmail.com

RESUMO

Devido a grande preocupação mundial com os resíduos gerados pela agricultura e pela indústria de processamento de frutas, inúmeras são as pesquisas buscando reduzir o impacto dessa problemática. O abacaxi, encontrado em abundância em terras brasileiras, aparece como alternativa para otimização da produção de biossurfactantes e como possível substrato para o meio fermentativo dos microrganismos produtores de surfactina. Isso porque a fruta possui uma composição rica em vitaminas e minerais, principalmente nos resíduos descartados. Dessa forma, o presente estudo traz uma revisão de literatura acerca das aplicações dos surfactantes biológicos provenientes dos resíduos de fruta, em especial o abacaxi.

Palavras-chave: Abacaxi; Resíduos; Biossurfactantes.

Overview of the application of pineapple residues in biosurfactant production

ABSTRACT

Due to the great worldwide concern with the residues generated by agriculture and the fruit processing industry, countless studies are seeking to reduce the impact of this problem. Pineapple, a fruit found in abundance in Brazilian lands, appears as an alternative for optimizing the production of biosurfactants and as a possible substrate for the fermentative medium of surfactin-producing microorganisms. This is because the fruit is rich in vitamins and minerals, especially in the discarded parts. Thus, this study brings a literature review about the applications of biological surfactants from fruit residues, especially pineapple.

Keywords: Pineapple; Waste; Biosurfactants.

1 Introdução

O planeta Terra é um ambiente onde há uma imensa variedade de alimentos e, após o aumento populacional, principal fator atrelado ao aumento do consumo, os sistemas produtivos tiveram que se adaptar para suprir a demanda por esses alimentos, causando, consequentemente, problemas relacionados aos resíduos de produção descartados. Segundo dados da *Food and Agriculture Organization* (FAO, 2020), a produção de frutas e vegetais subiu mais de 50% em 2018 comparado ao ano 2000, resultando, intrinsecamente, no aumento da geração de resíduos do processamento. Por possuir umidade e ser necessário o controle de temperatura, aeração e pH (ONWOSI *et al.*, 2017), a compostagem da matéria orgânica agroindustrial inutilizada, como cascas de fruta, bagaços e sementes, apresenta-se como um desafio, sendo necessário o emprego de tecnologias para encontrar soluções viáveis e de baixo custo que reaproveitem esse material e traga benefícios para a sociedade, como o emprego desses no meio de cultivo para produção de biossurfactantes.

Biossurfactantes são compostos tensoativos com propriedades emulsificantes produzidos por uma variedade de microrganismos desenvolvidos em meios de cultura contendo uma fonte de carbono e minerais, atuando nas interfaces entre o meio aquoso e não aquoso de sistemas complexos e na interface do líquido/gás (MARCHANT; BANAT, 2012). Mudanças na cepa, no substrato e nas condições estabelecidas, alteram a estrutura dessas moléculas e os produtos passam a apresentar diferentes propriedades, como a aplicação da sua tensão termofílica na redução da viscosidade de petróleo bruto sobre alta pressão e temperatura (SAKTHIPRIYA *et al.*, 2022), biorremediação de solos contaminados (MULLIGAN, 2021; SARUBBO, 2022), atividade antimicrobiana contra patógenos e fúngicos (MANI *et al.*, 2016; RAZA *et al.*, 2022), por exemplo. Devido ao grande impacto ocasionado pelo uso de surfactantes convencionais, extraídos do petróleo, esse grupo de compostos vem ganhando destaque no cenário mundial. Eles possuem diversos atributos que os tornam mais vantajosos que os surfactantes sintéticos, dentre eles a reduzida degradabilidade e toxicidade, bem como a aplicabilidade para diminuir o impacto ambiental de contaminações de diversas causas (KOSARIC, 1992; JOHNSON *et al.*, 2021).

Os custos para produzir biossurfactantes, entretanto, são relativamente altos se comparados aos seus equivalentes sintéticos, envolvendo produtividades limitadas e dificuldades no aumento de escala, visto os tratamentos nos substratos, que representam aproximadamente 60% dos custos totais de produção (MURKHERJEE *et al.*, 2006), tornando-se um grande desafio a implementação desses produtos no mercado. Da mesma forma, a grande

quantidade desperdiçada de resíduos agrícolas/agroindustriais proporciona uma fonte abundante de minerais e macronutrientes, possibilitando o desenvolvimento de estratégias para agregar valor novamente ao descarte na forma de subprodutos, reduzindo as perdas de compostos com alto valor químico.

2 Abacaxi

Nativo da América do Sul, mais especificamente nas regiões central e sul do Brasil, nordeste da Argentina e Paraguai, o abacaxi (*Ananas comosus* L. Merrill) foi levado para a Europa, para países como Holanda, Inglaterra, China e Índia durante o século XVI, sendo uma fruta mundialmente conhecida pelo seu sabor inconfundível e por sua história (REINHARDT *et al.*, 2000; CRESTANI *et al.*, 2010; HASSAN *et al.*, 2011; WALI, 2018).

Apesar das muitas espécies de abacaxis existentes, poucas são exploradas comercialmente. Com base em características semelhantes, como tamanho da planta, forma do fruto e aspectos morfológicos foliares, as variedades de abacaxi foram divididas em grupos de abacaxis: Cayenne, Spanish, Queen, Pernambuco e Perolera, sendo o abacaxi *Smooth Cayenne* a variedade predominante no mercado, representando cerca de 70% da produção mundial de abacaxis (REINHARDT *et al.*, 2000; ANCOS *et al.*, 2017; WALI, 2018;).

Movimentando bilhões de dólares ano após ano, o abacaxi demonstra ser uma fruta bastante consumida no mundo, possuindo, intrinsecamente, altos volumes de produção e comercialização (MAIA *et al.*, 2020). No Brasil, não é diferente, sendo o terceiro maior produtor mundial, possui uma área de 63.589 hectares de colheita, produzindo 1.545.036 mil frutos, gerando uma receita total de 2.610.025 mil reais (FAO, 2022; IBGE, 2023).

Pelo seu sabor, o abacaxi possui diversos usos, podendo ser consumido diretamente *in natura* ou industrialmente processado para a obtenção de produtos diferenciados, como o suco, o néctar, a geleia, o doce cristalizado, o abacaxi em calda (fatias ou pedaços), a polpa congelada concentrada e a bromelina — uma enzima digestiva de proteína encontrada no tecido do abacaxi que possui atividades anti-inflamatórias e anticancerígenas bem conhecidas (BARTHOLOMEW *et al.*, 2003; GRANADA *et al.*, 2004; HASSAN *et al.*, 2011; PAULL; LOBO, 2012; SANCHES; MATOS, 2013; SUN *et al.*, 2015; NOVAES *et al.*, 2016).

Quanto aos aspectos nutricionais, o abacaxi é composto por água, carboidratos, ácidos orgânicos, vitaminas e minerais (ANCOS *et al.*, 2017; WALI, 2018). Dentre os minerais, o potássio (K) é o elemento mais abundante, seguido pelo cálcio (Ca) e pelo magnésio (Mg) (BOTREL, 2007; SANCHES; MATOS, 2013; ANCOS *et al.*, 2017; USDA, 2020). Sua

composição química é influenciada por diversos fatores, dentre eles a variedade cultivada, o tempo de maturação e os aspectos climáticos, devendo ser considerados ao realizar estudos acerca dessa fruta (HASSAN *et al.*, 2011; SANCHES; MATOS, 2013; ANCOS *et al.*, 2017).

3 Aplicações dos resíduos de frutas em biossurfactantes

Prasad *et al.* (2020) e Ng *et al.* (2020) afirmaram que os resíduos agroindustriais devem ser tratados como oportunidade, visto que possuem ampla disponibilidade e um custo muito menor que as demais matérias-primas, além de poderem ser reutilizados para gerar produtos sustentáveis e com alto valor agregado. Nesse sentido, Adegoke e Bello (2015) apontaram a aplicação de materiais lignocelulósicos, ricos em substâncias como celulose, hemicelulose e lignina, por exemplo, como biossorventes, observando a ampla faixa de pH que esses componentes conseguem atuar, bem como sua excelente biodegradabilidade, em contraposição aos sintéticos. Analisando as cascas de laranja e limão e resíduos de banana e óleo de coco como únicas fontes de carbono na produção de biossurfactante em meio submerso, George e Jayachandran (2009) conseguiram resultados satisfatórios no que diz respeito a redução da tensão superficial e também apresentaram níveis aceitáveis de atividade emulsificante contra o querosene. Observando que os mais diversos tipos de resíduos podem ser utilizados para produção de surfactantes biológicos.

Al-Bahry *et al.* (2013) investigaram a aplicação do biossurfactante obtido através do melaço de tâmara como substrato na recuperação de petróleo, obtendo resultados satisfatórios para atuação em uma ampla faixa de pH, bem como nas diferentes concentrações salinas. Dessa forma, nota-se que os biossurfactantes conseguem variar suas propriedades a depender do meio fermentativo utilizado e das propriedades do substrato utilizado, conseguindo atuar bem em uma variedade de condições. Utilizando cascas de banana como substrato, Chooklin *et al.* (2014), por exemplo, obtiveram um biossurfactante com propriedades e aplicação potencial especialmente para biorremediação de contaminação ambiental por compostos hidrofóbicos, além de ser uma alternativa para atuarem como agentes terapêuticos seguros e eficazes visto que apresentam baixa toxicidade. Em outro estudo, o suco de caju clarificado foi observado como um meio de cultura adequado, rico em sais, aminoácidos e vitaminas, indispensáveis para o crescimento celular e produção de biossurfactantes pelas cepas de microrganismos, além de apresentar excelente estabilidade em relação ao pH, temperatura e salinidade, bem como grande atividade emulsificante na presença de diversos tipos de óleo, além de baixa toxicidade (FELIX *et al.*, 2019).

4 Resíduos de abacaxi na aplicação com biossurfactantes

Diante do contexto atual, a grande quantidade de abacaxi produzida mundialmente gera uma enorme quantidade de resíduos do seu consumo e processamento, necessitando de intervenções, visto os impactos ambientais causados. Dessa forma, uma alternativa seria usar, por exemplo, o resíduo principal retirado dessa fruta, sua casca, que apresenta uma composição química valiosa em termos de nutrientes e açúcares fermentáveis, que favorecem o crescimento dos microrganismos produtores de surfactantes (VIEIRA *et al.*, 2021a; VIEIRA *et al.*, 2021b).

De acordo com Makkar e Cameotra (2002), a produção de biossurfactante é afetada por ferro, cálcio, magnésio e oligoelementos, que se colocados em conjunto tem resultados positivos no processo. Como a casca de abacaxi apresenta íons de magnésio e potássio na sua composição e sabendo da importância desses íons para os microrganismos, como *Bacillus subtilis*, é de se esperar que os processos de síntese de surfactina nesse meio fermentativo seja influenciada significativamente (VIEIRA *et al.*, 2021a; VIEIRA *et al.*, 2021b).

Pensando no aproveitamento desse potencial e buscando alternativas de reduzir os custos de produção dos biossurfactantes, Vieira *et al.* (2021a) analisaram a utilização da casca de abacaxi como meio de composição da cultura de *B. subtilis*. Através da metodologia de análise estatística, observou-se que o substrato supriu parcialmente as demandas de minerais e carbono da cepa microbiana, reduzindo custos com suprimento exógeno, barateando o processo, além de diminuir o impacto ambiental e agregar valor ao resíduo. Em outro estudo, Gaur *et al.* (2022), por exemplo, fizeram uso da casca de abacaxi na composição do meio fermentativo da bactéria *Planomicrobium okeanokoites* juntamente com sabugo de milho tratado com ácido para produzir um surfactante, conseguindo resultados no que diz respeito a resposta quanto a patógenos gastrointestinais e orais testados. Além disso, uma aplicação em formulações farmacêuticas para ressensibilização de patógenos foi sugerida, mostrando um novo viés pouco explorado quanto aos biossurfactantes.

Analisando o uso dos resíduos de processamento do abacaxi enriquecidos com glicerol 3%, Enhardt *et al.* (2015) observaram uma redução de 23% na tensão superficial e um resultado expressivo para emulsificação do óleo de motor (62,5%) no biossurfactante obtido. Entretanto, foi visto que o uso excessivo de glicerol no meio pode impedir o crescimento dos microrganismos, sendo não favorável a produção de surfactante. Ademais, ainda há carência de estudos que expliquem essas e outras relações entre os substratos advindos da agricultura e da indústria com outros componentes no meio fermentativo.

5 Considerações finais

Tendo em vista a preocupação recente com os problemas ambientais atrelados aos resíduos agroindustriais gerados pela sociedade, é importante salientar a importância da pesquisa científica para o aproveitamento dos restos da produção dos derivados do abacaxi, evidenciado pela ampla abundância desses resíduos no Brasil. Dessa forma, por possuir as propriedades físicas e químicas que abrem uma vasta gama de possibilidades quanto a produtos e formulações derivadas, os resíduos do processamento do abacaxi mostram ser de grande valor para o mercado global.

Agradecimentos

Os autores reconhecem a assistência financeira das agências brasileiras de fomento à pesquisa como Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) sob o Código Financeiro 001, fundação brasileira vinculada ao Ministério da Educação (MEC), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), fundação brasileira vinculada ao Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovações (MCTI), Fundação de Apoio à Pesquisa e à Inovação Tecnológica do Estado de Sergipe (FAPITEC/SE) e a Universidade Federal de Sergipe pelo Programa Institucional de Bolsas de Iniciação Científica (PIBIC/UFS).

Referências bibliográficas

- ADEGOKE, K. A.; BELLO, O. S. Dye sequestration using agricultural wastes as adsorbents. **Water Resources and Industry**, v.12, p.8-24, 2015.
- AL-BAHRY, S. N.; AL-WAHAIBI, Y. M.; ELSHAFIE, A. E.; AL-BEMANI, A. S.; JOSHI, S. J.; AL-MAKHMARI, H. S.; AL-SULAIMANI, H.S. Biosurfactant production by *Bacillus subtilis* B20 using date molasses and its possible application in enhanced oil recovery. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v.81, p.141-146, 2013.
- ANCOS, B.; SÁNCHEZ-MORENO, C.; GONZÁLEZ-AGUILAR, G.A. Pineapple composition and nutrition. In: Lobo MG, Paull RE (eds) **Handbook of pineapple technology: postharvest science, processing and nutrition**, 1st edn. Wiley, Hoboken, p.221–239, 2017.
- BARTHOLOMEW, D. P.; PAULL, R. E.; ROHRBACH, K.G. **The pineapple: botany, production and uses**. CABI Publishing, Wallingford, 2003.
- CHOOKLIN, C. S.; MANEERAT, S.; SAIMMAI, A. Utilization of Banana Peel as a Novel Substrate for Biosurfactant Production by *Halobacteriaceae* archaeon AS65. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v.173, p.624–645, 2014.
- CRESTANI, M.; BARBIERI, R. L.; HAWERROTH, F. J.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, O. C. From the Americas to the world - origin, domestication and dispersion of pineapples (in Portuguese). **Cienc Rural**, v.40, p.1473–1483, 2010.

EHRHARDT, D.; SECATO, J.; TAMBOURGI, E. B. Biosurfactant production by *Bacillus subtilis* using the residue from processing of pineapple, enriched with glycerol, as substrate. **Chemical Engineering Transactions**, v.43, p.277-282, 2015.

FAO. FAOSTAT, 2022. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> . Acesso em 18 de jun. de 2023.

FAO. Fruit and vegetables – your dietary essentials. The International Year of Fruits and Vegetables, 2021.

FELIX, A. K. N.; MARTINS, J. J. L.; ALMEIDA, J. G. L.; GIRO, M. E. A.; CAVALCANTE, K. F.; MELO, V. M. M.; PESSOA, O. D. L.; ROCHA, M. V. P.; GONÇALVES, L. R. B.; AGUIAR, R. S. Purification and characterization of a biosurfactant produced by *Bacillus subtilis* in cashew apple juice and its application in the remediation of oil-contaminated soil. **Colloids and Surfaces B: Biointerfaces**, v.175, p.256-263, 2019.

GAUR, V. K.; GUPTA, P.; TRIPATHI, V.; THAKUR, R. S.; REGAR, R. K.; PATEL, D. K.; MANICKAM, N. Valorization of agro-industrial waste for rhamnolipid production, its role in crude oil solubilization and resensitizing bacterial pathogens. **Environmental Technology & Innovation**, v.25, 2022.

GEORGE, S.; JAYACHANDRAN, K. Analysis of Rhamnolipid Biosurfactants Produced Through Submerged Fermentation Using Orange Fruit Peelings as Sole Carbon Source. **Applied Biochemistry and Biotechnology**, v.158, p.694–705, 2009.

GRANADA, G. G.; ZAMBIAZI, R. C.; MENDONÇA, C. R. B. Pineapple: production, market and by-products (in Portuguese). **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v.22, p.405–422, 2004.

HASSAN, A.; OTHMAN, Z.; SIRIPHANICH, J. Pineapple (*Ananas comosus* L. Merr.). In: **Postharvest biology and technology of tropical and subtropical fruits**. Woodhead Publishing Limited, p.194–218 e 28, 2011.

IBGE Brazilian Institute of Geography and Statistics Municipal agricultural production (in Portuguese). Disponível em: <https://sidra.ibge.gov.br/Tabela/1612#resultado>. Acesso em 18 de jun. de 2023.

JOHNSON, P.; TRYBALA, A.; STAROV, V.; PINFIELD, V. J. Effect of synthetic surfactants on the environment and the potential for substitution by biosurfactants. **Advances in Colloid and Interface Science**, v.288, 2021.

KOSARIC, N. Biosurfactants in industry. **Pure and Applied Chemistry**, p.1731-1737, 1992.

MAIA, V. M.; PEGORARO, R. F.; ASPIAZÚ, I.; OLIVEIRA, F. S.; NOBRE, D. A. C. Diagnosis and management of nutrient constraints in pineapple. In: Srivastava AK, Hu C (eds) **Fruit crops: diagnosis and management of nutrient constraints**. Elsevier, Amsterdã, p.739–760, 2020.

MAKKAR, R. S.; CAMEOTRA, S. S. Effects of various nutritional supplements on biosurfactant production by a strain of *Bacillus subtilis* at 45°C. **Journal of Surfactants and Detergents**, v.5, p.11–17, 2002.

MANI, P.; DINESHKUMAR, G.; JAYASEELAN, T.; DEEPALAKSHMI, K.; KUMAR, G. C.; BALAN, S. S. Antimicrobial activities of a promising glycolipid biosurfactant from a novel marine *Staphylococcus saprophyticus* SBPS 15. **3 Biotech**, 2022.

MARCHANT, R.; BANAT, I. M. Biosurfactants: a sustainable replacement for chemical surfactants? **Biotechnol Lett**, v.34, p.1597–1605, 2012.

MUKHERJEE, S.; DAS, P.; SEN, R. Towards commercial production of microbial surfactants. **Trends in Biotechnology**, p.509-515, 2006.

MULLIGAN, C. N. Sustainable Remediation of Contaminated Soil Using Biosurfactants. **Frontiers in Bioengineering and Biotechnology**, v.9, p.635196, 2021.

NG, H. S.; KEE, P. E.; YIM, H. S.; CHEN, P.; WEI, Y.; LSN J. C. Recent advances on the sustainable approaches for conversion and reutilization of food wastes to valuable bioproducts. **Bioresource Technology**, v.302, 2020.

- NOVAES, L. C. L.; JOZALA, A. F.; LOPES, A. M.; SANTOS-EBINUMA, V. C.; MAZZOLA, P. G.; JUNIOR, A. P. Stability, purification, and applications of bromelain: a review. **Biotechnology Progress**, v.32, p.5–13, 2016.
- ONWOSI, C. O.; IGBOKWE, V. C.; ODIMBA, J. N.; EKE, I. E.; NWANKWOALA, I. N. I.; EZEUGU, L. I. Composting technology in waste stabilization: On the methods, challenges and future prospects. **Journal of Environmental Management**, p.140-157, 2017.
- PAULL, R. E.; LOBO, M. G. Pineapple. In: **Tropical and subtropical fruits: postharvest physiology, processing and packaging**, p.333–357, 2012.
- PRASAD, S.; SINGH, A.; KORRES, N. E.; RATHORE, D.; SEVDA, S.; PANT, D. Sustainable utilization of crop residues for energy generation: A life cycle assessment (LCA) perspective. **Bioresource Technology**, v.303, 2020.
- RAZA, Z. A.; SHAHZAD, Q.; REHMAN, A.; TAQI, M.; AYUB, A. Biosurfactants in the sustainable eradication of SARS COV-2 from the environmental surfaces. **3 Biotech**, v.22, 2022.
- REINHARDT, D. H.; SOUZA, L. F. S.; CABRAL, J. R. S. Pineapple. Production: technical aspects (in portuguese). ABACAXI Produção Aspectos Técnicos. Brasília: Embrapa, 2000.
- SAKTHIPRIYA, N.; DOBLE, M.; SANGWAI, J. S. Performance of thermophilic strain on the reduction of viscosity of crude oil under high pressure and high temperature conditions: Experiments and modeling. **Journal of Petroleum Science and Engineering**, 2022.
- SANCHES, N. F.; MATOS, A. P. Pineapple: the producer asks, Embrapa answers (in Portuguese). Embrapa, Brasília, 2013.
- SARUBBO, L. A.; SILVA, M. G. C.; DURVAL, I. J. B.; BEZERRA, K. G. O.; RIBEIRO, B. G.; SILVA, I. A.; TWIGG, M. S.; BANAT, I. M. Biosurfactants: Production, properties, applications, trends, and general perspectives. **Biochemical Engineering Journal**, v.181, 2022.
- SUN, G. M.; ZHANG, X. M.; SOLER, A.; MARIE-ALPHONSINE, P. A. Nutritional composition of pineapple (*Ananas comosus* L. Merr.). In: Simmonds MSJ, Preedy VR (eds) **Nutritional composition of fruit cultivars**. Academic Press, Cambridge, p.609–637, 2015.
- USDA. U.S. DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2019. Food Data Central - pineapple, raw, all varieties. <https://fdc.nal.usda.gov/fdc-app.html#/food-details/169124/nutrients>. Acesso em: 18 de jun. 2023.
- VIEIRA, I. M. M.; SANTOS, B. L. P.; SILVA, L. S.; RAMOS, L. C.; SOUZA, R. R.; RUZENE, D. S.; SILVA, D. P. Potential of pineapple peel in the alternative composition of culture media for biosurfactant production. **Environmental Science and Pollution Research**, v.28, p.68957–6897, 2021a.
- VIEIRA, I. M. M.; SANTOS, B. L. P.; SANTOS, C. V. M.; RUZENE, D. S.; SILVA, D. P. Valorization of Pineapple Waste: a Review on How the Fruits Potential Can Reduce Residue Generation. **BioEnergy Research**, v. 15, p. 924-934, 2021b.
- WALI, N. Pineapple (*Ananas comosus*). In: Nabavi S, Silva AS (eds). **Nonvitamin and nonmineral nutritional supplements**. Academic Press, Cambridge, p.67–373, 2018.
- YAASHIKAA, P. R.; KUMAR, P. S.; VARJANI, S. Valorization of agro-industrial wastes for biorefinery process and circular bioeconomy: A critical review. **Bioresource Technology**, v.343, 2022.