

BIOFILMES NA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA: DESAFIOS ATUAIS E ABORDAGENS INOVADORAS

Mariana Silva Batista^{1*}, Maycos Luiz Anjos da Silva¹, Livia Cassimiro Machado¹, Raquel Ribeiro Mendes¹ e Flávia Figueira Aburjaile²

¹Discentes no Curso de Medicina Veterinária – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil *Contato: mariana.sbatista7@gmail.com

²Docente do Departamento de Medicina Veterinária Preventiva – Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, MG, Brasil

INTRODUÇÃO

Os biofilmes são comunidades microbianas aderidas a superfícies bióticas ou abióticas, envoltas por uma matriz de substâncias poliméricas extracelulares protetora, representando um desafio relevante para a indústria de alimentos. Podem ser formados por uma ou várias espécies, o que é comum em ambientes industriais e permite sua resistência a agentes sanitizantes convencionais^{1,2}. Isso eleva os custos operacionais, exigindo produtos químicos mais potentes e manutenções frequentes¹. Em laticínios, por exemplo, biofilmes podem produzir enzimas lipolíticas e proteolíticas termorresistentes, comprometendo a qualidade e segurança dos produtos. Além disso, microrganismos formadores de biofilmes colonizam dispositivos de ordenha e equipamentos de processamento, contribuindo para contaminações. Dentre os principais gêneros envolvidos, destacam-se *Staphylococcus*, *Bacillus*, *Listeria* e *Pseudomonas*². Assim, torna-se essencial estudos que revelam a identidade da comunidade microbiana no campo de alimentos^{1,3}. Este estudo visa analisar a literatura recente acerca de estratégias inovadoras de sequenciamento para a caracterização de biofilmes, o que contribui para a segurança e qualidade dos alimentos de origem animal.

METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste trabalho foi realizada uma revisão da literatura baseada em estudos recentes (2018–2025) sobre a formação e identificação de biofilmes na indústria alimentícia. Foram incluídos artigos extraídos de plataformas como PubMed e Google Acadêmico. A pesquisa foi conduzida pela busca das seguintes palavras-chave, em inglês e em português: biofilmes, mecanismos moleculares, resistência, metagenômica, sequenciamento, novas tecnologias antimicrobianas.

RESUMO DE TEMA

Os biofilmes são estruturas compostas por matrizes de substâncias poliméricas extracelulares (EPS) fortemente aderidas a superfícies, capazes de proteger microrganismos, o que dificulta os processos de higienização em indústrias alimentícias. Como demonstrado na Figura 1, a formação de biofilmes ocorre em etapas sucessivas. Primeiro, há a adesão celular a superfície, mediada por flagelos e pili⁵. Em seguida, as células se multiplicam e produzem EPS, formando a matriz do biofilme. Na fase de maturação, o *quorum sensing*, mecanismo de comunicação célula a célula, coordena a organização tridimensional e a formação de canais para distribuição de nutrientes e remoção de resíduos^{6,7}. Por fim, na dispersão, células são liberadas em resposta a estímulos ambientais ou enzimas hidrolíticas, retornando ao estado planctônico e podendo colonizar novas superfícies^{8,9}.

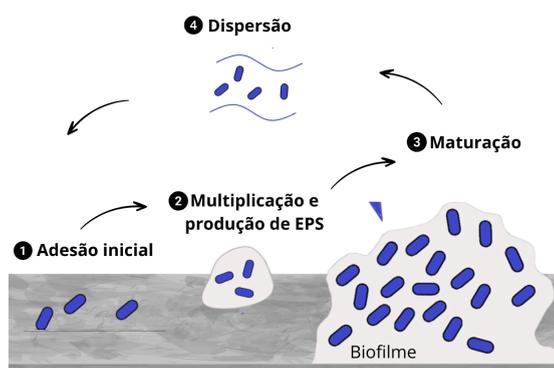


Figura 1: Estágios de formação do biofilme bacteriano. (Fonte: adaptado de Elafify et al., 2024).

Esses mecanismos representam um desafio significativo para os protocolos de limpeza e desinfecção, aumentando o risco de contaminação microbiológica em ambientes industriais³. A partir da superfície de formação dos biofilmes, os microrganismos podem ser transferidos para o produto durante a fabricação e o manuseio¹⁰. O conhecimento aprofundado da microbiota presente nas diferentes áreas da planta industrial é fundamental para o controle higiênico-sanitário e para a garantia da qualidade dos produtos finais. Enquanto determinadas cepas podem comprometer a qualidade e a segurança do alimento, outras, denominadas pró-tecnológicas, são responsáveis por conferir atributos sensoriais desejáveis aos produtos⁴. Assim, a caracterização precisa, o mapeamento da variabilidade e a análise das funções codificadas nos genomas dos microrganismos presentes nas etapas de produção de alimentos de origem animal são essenciais para identificar seus efeitos benéficos ou deletérios, viabilizando o desenvolvimento de estratégias de controle mais eficazes e direcionadas. Nesse contexto, técnicas de sequenciamento e análises metagenômicas contribuem significativamente para a investigação da composição bacteriana em superfícies industriais, como equipamentos e tubulações, bem como nos próprios produtos, como os queijos. Esses métodos permitem a caracterização comparativa das comunidades microbianas envolvidas na formação de biofilmes, além de elucidar mecanismos e características bacterianas, como patogenicidade, resistência antimicrobiana, presença de flagelos, enzimas, adesinas e bacteriocinas. Estes atributos podem estar associados tanto à formação de biofilmes indesejáveis, com implicações negativas para a segurança e qualidade dos alimentos, quanto a cepas tecnológicas que inibem microrganismos patogênicos e deteriorantes no ambiente industrial alimentício.^{10,11} Apesar dos avanços, o contexto dos biofilmes ainda é complexo e vem sendo progressivamente elucidado por estudos promissores. Mesmo biofilmes formados por microrganismos não patogênicos devem ser controlados por meio de rotinas adequadas de higienização e monitoramento, uma vez que podem contribuir para a deterioração dos produtos, ainda que não representem risco direto à saúde humana. Paralelamente, cresce o interesse na identificação e aplicação de cepas bacterianas benéficas, visando à produção de alimentos com elevada qualidade sensorial.^{12,13} Nesse cenário, a investigação por meio da metagenômica e de outras ferramentas de análise genética torna-se fundamental para diferenciar e selecionar as bactérias presentes no ambiente, nos equipamentos e nos próprios alimentos, contribuindo para o aprimoramento dos processos produtivos e para a garantia da segurança alimentar.

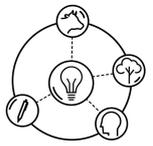
CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os biofilmes bacterianos são desafiantes na indústria de alimentos. A aplicação de ferramentas de bioinformática, como a metagenômica, e o sequenciamento genético, contribuem para a identificação das comunidades microbianas e seus impactos, possibilitando tanto o controle mais eficaz quanto o uso de cepas benéficas nos processos tecnológicos^{10,11}. Dessa forma, aliar controle microbiológico à exploração de microrganismos pró-tecnológicos é essencial para otimizar os processos produtivos e garantir alimentos seguros e de qualidade. É essencial aprofundar os estudos e aplicabilidade das técnicas abordadas para melhoramento e controle dos produtos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- LU, J.; HU, X.; REN, L. **Biofilm control strategies in food industry: Inhibition and utilization.** Trends in Food Science & Technology, v. 123, p. 103–113, 1 maio 2022.
- GOETZ, C. et al. **Recent progress in antibiofilm strategies in the dairy industry.** Journal of Dairy Science, p. S0022030224013353, nov. 2024.

XV Colóquio Técnico Científico de Saúde Única, Ciências Agrárias e Meio Ambiente



3. GALIÉ, S. et al. **Biofilms in the Food Industry: Health Aspects and Control Methods**. *Frontiers in Microbiology*, v. 9, 7 maio 2018.
4. ALVAREZ-ORDÓÑEZ, A. et al. **Biofilms in Food Processing Environments: Challenges and Opportunities**. *Annual Review of Food Science and Technology*, v. 10, n. 1, p. 173–195, 25 mar. 2019.
5. ARMBRUSTER, C. R.; PARSEK, M. R. **New insight into the early stages of biofilm formation**. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, v. 115, n. 17, p. 4317–4319, 24 abr. 2018.
6. SAXENA, P. et al. **Biofilms: Architecture, Resistance, Quorum Sensing and Control Mechanisms**. *Indian Journal of Microbiology*, v. 59, n. 1, p. 3–12, 1 mar. 2019.
7. PREDA, V. G.; SĂNDULESCU, O. **Communication is the key: biofilms, quorum sensing, formation and prevention**. *Discoveries*, v. 7, p. e100, 2019.
8. GUILHEN, C.; FORESTIER, C.; BALESTRINO, D. **Biofilm dispersal: multiple elaborate strategies for dissemination of bacteria with unique properties**. *Molecular Microbiology*, v. 105, n. 2, p. 188–210, 2017.
9. YIN, W. et al. **Biofilms: The Microbial “Protective Clothing” in Extreme Environments**. *International Journal of Molecular Sciences*, v. 20, n. 14, p. 3423, jan. 2019.
10. MORETRO, T.; LANGSRUD, S. **Residential Bacteria on Surfaces in the Food Industry and Their Implications for Food Safety and Quality**. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, v. 16, n. 5, p. 1022–1041, set. 2017.
11. DE FILIPPIS, F. et al. **Microbiome mapping in dairy industry reveals new species and genes for probiotic and bioprotective activities**. *NPJ Biofilms and Microbiomes*, v. 10, p. 67, 2 ago. 2024.
12. XU, Z. S. et al. **High-throughput analysis of microbiomes in a meat processing facility: are food processing facilities an establishment niche for persisting bacterial communities?** *Microbiome*, v. 13, n. 1, p. 25, 27 jan. 2025.
13. OLANBIWONINU, A. A.; POPOOLA, B. M. **Biofilms and their impact on the food industry**. *Saudi Journal of Biological Sciences*, v. 30, n. 2, p. 103523, 1 fev. 2023.

APOIO:

