

ARTIGO TÉCNICO

TECNOLOGIAS INOVADORAS NA FERMENTAÇÃO DOS GRÃOS DE CAFÉ

Autores: Márcia Aparecida Nunes¹; Eliane Maurício Furtado Martins¹; Maria Eduarda Ferraz Furtado¹; Ângela Quinelato Oliveira¹; Mylena Caroline Barros de Paula¹; Thales da Silva Dias Fernandes¹

¹Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Sudeste de Minas Gerais – Campus Rio Pomba

Contato/email: marcia.nunes@ifsudestemg.edu.br



DESTAQUE

Tecnologias inovadoras aplicadas à fermentação do café promovem maior controle microbiológico e operacional, contribuindo para a uniformidade do perfil sensorial e para a melhoria da qualidade da bebida.

1. INTRODUÇÃO

A fermentação dos grãos de café constitui uma etapa estratégica do processamento pós-colheita, sendo responsável por importantes transformações bioquímicas que influenciam diretamente o aroma, o sabor e a complexidade sensorial da bebida. Durante esse processo, microrganismos presentes naturalmente nos frutos e no ambiente metabolizam compostos da mucilagem, promovendo a formação de metabólitos associados à qualidade final do café (Ferreira *et al.*, 2023). Em função disso, a fermentação passou a receber maior atenção científica e tecnológica, especialmente diante da crescente valorização dos cafés especiais.

Tradicionalmente, a fermentação ocorre de forma espontânea, dependente das condições ambientais e da microbiota natural presente no fruto. Entretanto, essa fermentação envolve elevada diversidade microbiana e sensorial, dificultando a padronização da bebida e favorecendo a ocorrência de defeitos fermentativos (Bernardes *et al.*, 2024). Segundo Ferreira *et al.* (2023), fatores como temperatura, disponibilidade de oxigênio, tempo de fermentação e composição microbiana influenciam diretamente a formação de compostos voláteis responsáveis pelo perfil sensorial do café.






Tecnologias inovadoras vêm sendo incorporadas ao processamento fermentativo com o objetivo de aumentar o controle operacional e promover maior reprodutibilidade e padronização do processo. Entre as principais estratégias, destacam-se o uso de culturas iniciadoras (culturas *starter*), fermentação controlada em ambientes anaeróbios, utilização de biorreatores e aplicação de tecnologias físicas emergentes, como o aquecimento ôhmico (Sagitaa *et al.*, 2026). Essas técnicas têm demonstrado potencial para intensificar atributos sensoriais desejáveis e agregar valor ao produto final.

2. DESENVOLVIMENTO E DISCUSSÃO

A fermentação do café envolve uma interação dinâmica entre leveduras, bactérias lácticas e acéticas, responsáveis pela degradação da mucilagem e pela formação de compostos aromáticos associados à qualidade sensorial da bebida. A variedade do café, a microbiota natural e os fatores operacionais, como tempo, temperatura, pH e disponibilidade de oxigênio, influenciam diretamente atributos como acidez, doçura, corpo e aroma (Ferreira *et al.*, 2023; Bernardes *et al.*, 2024).

Entre as principais inovações aplicadas ao processo fermentativo, destacam-se as culturas iniciadoras selecionadas, os biorreatores, os sensores digitais, a fermentação anaeróbica e o aquecimento ôhmico (Quadro 1). O uso de culturas *starter* representa uma estratégia direta de controle microbiológico, pois a inoculação de bactérias lácticas, leveduras ou consórcios selecionados favorece microrganismos desejáveis e reduz a dependência da microbiota espontânea. Na prática, a cultura deve ser preparada em condições higiênicas, distribuída de forma homogênea na massa de café e acompanhada por parâmetros como pH, odor, temperatura e ausência de sinais de deterioração. García-López *et al.* (2025) avaliaram culturas iniciadoras em processos úmido e semiseco, enquanto Borém *et al.* (2024) relacionaram o uso de *starter* à formação de compostos aromáticos desejáveis e à maior padronização da bebida.

Quadro 1 - Tecnologias aplicadas na fermentação do café.

Tecnologia	Objetivo principal	Impacto na qualidade do café	Aplicação prática	Autor
 <p>Biorreatores</p>	Controle operacional	Redução de contaminações	Fermentação controlada de café natural ou despulpado, com controle de temperatura, aeração, sanitização e homogeneização do processo	Ferreira <i>et al.</i> (2023)
 <p>Sensores digitais</p>	Monitoramento em tempo real	Reprodutibilidade do processo	Monitoramento de temperatura e pH durante a fermentação, auxiliando na definição do ponto final e na padronização do processo	Ferreira <i>et al.</i> (2023)
 <p>Culturas starter</p>	Controle microbiológico	Maior padronização sensorial	Inoculação de microrganismos selecionados para conduzir a fermentação, reduzir variações espontâneas e melhorar o perfil sensorial da bebida	García-López <i>et al.</i> (2025); Borém <i>et al.</i> (2024)
 <p>Fermentação anaeróbica</p>	Modulação metabólica	Intensificação aromática	Produção de cafés especiais com maior complexidade aromática e notas sensoriais diferenciadas	Borém <i>et al.</i> (2024)
 <p>Aquecimento ôhmico</p>	Alteração físico-química controlada	Maior complexidade sensorial	Aplicação de aquecimento rápido e uniforme com redução do teor de cafeína, aumento da acidez total da bebida	Sagittaa <i>et al.</i> (2026)

Fonte: Elaborado pelos autores (2026), com imagens geradas por IA (ChaGPT versão 5.5).

A fermentação controlada em condições anaeróbicas, ou com baixa disponibilidade de oxigênio, também tem sido adotada na produção de cafés especiais. Essa técnica pode ser realizada em tanques fechados, bombonas ou biorreatores, desde que haja adequada vedação, higienização e controle do volume de carga. Segundo Borém *et al.* (2024), a limitação de oxigênio favorece rotas metabólicas associadas à intensificação de notas frutadas, florais e maior complexidade aromática. Para aplicação segura, o produtor deve controlar a qualidade da matéria-prima, o tempo de fermentação, a temperatura da massa, a limpeza entre as bateladas e o registro dos parâmetros operacionais, o que permite ampliar a escala do processo com maior repetibilidade.

Nesse contexto, os biorreatores ganham destaque por permitirem a condução da fermentação em recipientes fechados, preferencialmente de aço inoxidável ou material sanitizável, com maior controle de tempo, temperatura, aeração e homogeneização. Em propriedades cafeeiras, podem ser aplicados em lotes de café natural ou despulpado, reduzindo o contato com contaminantes externos e permitindo repetir protocolos entre safras. Ferreira *et al.* (2023) indicam que a migração de fermentações abertas para ambientes fechados e controlados é uma tendência, embora ainda exija ajustes de temperatura, aeração e escala de operação para garantir reprodutibilidade.

Os sensores digitais complementam esse controle ao registrar temperatura, pH, umidade, tempo e, quando possível, disponibilidade de oxigênio. Na prática, esses dados auxiliam o produtor a definir o ponto final da fermentação, evitar superaquecimento da massa, comparar safras e reduzir perdas por fermentações excessivas. Operacionalmente, o monitoramento pode ser contínuo ou realizado em intervalos regulares, com higienização dos sensores e calibração do pHmetro. Essa tecnologia favorece a escalabilidade, pois transforma observações empíricas em parâmetros mensuráveis, facilitando a padronização de lotes maiores (Ferreira *et al.*, 2023).

Além do controle microbiológico e operacional, tecnologias físicas emergentes também vêm sendo investigadas. O aquecimento ôhmico ocorre pela passagem de corrente elétrica pela massa fermentativa, gerando aquecimento rápido e uniforme. Sagita *et al.* (2026) compararam grãos verdes de Robusta fermentados com e sem aquecimento ôhmico por 6, 12 e 18 horas; o tratamento de 18 horas reduziu o teor de cafeína, aumentou a acidez total e alcançou 82,75 pontos, sendo classificado como café especial. Na aplicação prática, essa tecnologia pode apoiar fermentações com maior controle térmico e obtenção de cafés com menor teor de cafeína, desde que haja equipamento adequado, segurança elétrica, limpeza dos eletrodos e avaliação do custo energético.

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS (até 900 caracteres)

As tecnologias inovadoras aplicadas à fermentação dos grãos de café têm promovido avanços significativos na qualidade sensorial da bebida. O uso de culturas iniciadoras, fermentação anaeróbia, biorreatores e tecnologias emergentes, como o aquecimento ôhmico, demonstra potencial para melhorar a padronização, intensificar os atributos aromáticos e agregar valor ao produto final. Como recomendação geral, os produtores e processadores devem buscar migrar de um modelo de fermentação predominantemente empírico para um sistema de fermentação controlada e monitorada, utilizando tecnologias compatíveis com sua escala de produção e com o nível de valor agregado pretendido para os cafés produzidos.

Além disso, deve-se também utilizar recipientes e utensílios higienizados, controlar a temperatura, pH, nível de oxigênio dissolvido, sólidos solúveis totais, duração do processo, etc. Apesar dos desafios relacionados à implementação dessas tecnologias que envolvem fermentação controlada, as evidências científicas indicam uma tendência crescente de modernização do processamento fermentativo, consolidando a fermentação controlada como uma importante ferramenta de inovação na cadeia produtiva do café.

REFERÊNCIAS

BERNARDES, P. C.; COELHO, J. M.; MARTINS, P. M. M.; SCHWAN, R. F. Microbial ecology and fermentation of *Coffea canephora*. **Frontiers in Food Science and Technology**, v. 4, art. 1377226, 2024. DOI: 10.3389/frfst.2024.1377226.

BORÉM, F. M.; SALVIO, L. G. A.; CORRÊA, J. L. G.; ALVES, A. P. C.; SANTOS, C. M.; HAEBERLIN, L.; CIRILLO, M. A.; SCHWAN, R. F. Influence of fermentation time and inoculation of starter culture on the chemical composition of fermented natural coffee. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 96, n. 2, e20240083, 2024. DOI: 10.1590/0001-3765202420240083.

FERREIRA, L. J. C.; GOMES, M. S.; OLIVEIRA, L. M.; SANTOS, L. D. Coffee fermentation process: A review. **Food Research International**, v. 169, 112793, 2023. DOI: 10.1016/j.foodres.2023.112793.

GARCÍA-LÓPEZ, K. B.; GUTIÉRREZ, J. A.; RUIZ MÁRQUEZ, A.; PAZMIÑO-ARTEAGA, J. Use of starter culture on biotransformation processes of *Coffea arabica*. **Journal of Food Process Engineering**, v. 48, n. 1, e14993, 2025. DOI: 10.1177/10820132251349939.

SAGITAA, D.; RUKMANAC, J.; UTAMIC, D.; ANDRIANSYAH, R. C. E.; EKAFITRIA, R.; KRISTANTDI, D.; KUMALASARIA, R.; SETIABOMAD, W.; YULIANTIA, L. E.; PUTRIA, D. P.; HIDAYATA, D. D. Effect of green coffee beans fermentation with and without ohmic heating: physicochemical and sensory properties. **Journal of Future Foods**, v. 6, n. 3, p. 460-469, 2026. DOI: 10.1016/j.jfutfo.2024.06.001.