

FERMENTAÇÃO AUTOINDUZIDA: UMA ESTRATÉGIA PARA MELHORIA DA QUALIDADE DE CAFÉS ESPECIAIS

Bernardo Aparecido Buqueroni Mateini¹, Pedro Henrique de Almeida Satil Gonçalves¹, Kailane Pimenta Inácio¹, Karla Moreira Vieira², Vanessa Moreira Osório¹.

¹Universidade Federal do Espírito Santo, Alto Universitário, S/N – Guararema - 29500-000 - Alegre – ES, Brasil, mateininado@gmail.com, almeidahsg@gmail.com, kailanepimentainacio@gmail.com, moreirava@yahoo.com.br

²Universidade Federal de Ouro Preto/Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas, Rua Trinta e Seis, 115, Loanda, 35931-008 – João Monlevade-MG, Brasil, vieirakarla@ufop.edu.br.

Resumo

O café arábica do estado do Espírito Santo, apresenta alto potencial para cafés especiais, cuja qualidade é influenciada por fatores ambientais, genéticos e processos pós-colheita. A fermentação autoinduzida anaeróbica (SIAF) foi testada, visando avaliar impactos na qualidade sensorial e composição química do café arábica especial, proveniente de uma propriedade situada na região sul do estado. As amostras foram coletadas, processadas e analisadas por cromatografia líquida de alta eficiência e cromatografia gasosa acoplada ao espectro de massas para identificar compostos bioativos e voláteis. Testes sensoriais foram conduzidos por *Q-graders* certificados seguindo protocolos da *specialty coffee association*. Os resultados mostraram que cafés SIAF apresentaram notas sensoriais superiores, com perfis mais complexos e agradáveis. Houve redução do ácido clorogênico nas amostras fermentadas, enquanto cafeína e trigonelina permaneceram estáveis. A análise de compostos voláteis evidenciou perfis aromáticos distintos entre os grupos.

Palavras-chave: Café especial. Fermentação. Composição química. Qualidade.

Área do Conhecimento: Ciências exatas e da terra – Química

Introdução

O café é a segunda bebida mais consumida em todo mundo (Yeoh *et al.*, 2022). Nesse cenário, o Brasil assume um papel de destaque, sendo o principal produtor e exportador mundial (Conab, 2024). Atualmente o Espírito Santo é o segundo estado com a maior produção do país, sendo os grãos produzidos no estado responsáveis por mais de 30% da produção nacional (Incaper, 2024). O café arábica produzido na região é detentor de grande potencial para produção de bebidas de excelente qualidade, sendo amplamente utilizado na produção de cafés especiais (Sepúlveda *et al.*, 2016).

Vale ressaltar que a qualidade do café, como bebida, é influenciada por fatores ambientais, como, temperatura, disponibilidade de água, exposição a luz solar, além de fatores genéticos, tecnológico, práticas de manejo, secagem, armazenamento e fermentação que influenciam a percepção sensorial e a qualidade da bebida (Bressani *et al.*, 2021).

Dentre tais fatores, a fermentação, é um processo biológico onde diferentes microrganismos naturalmente presentes no fruto do café, o utilizam como substrato, degradando compostos orgânicos, como açúcares e lipídeos, convertendo-os em novos compostos como cetonas e ésteres, que podem ser absorvidos pelo grão criando assim perfis sensoriais distintos e inovadores (Silva *et al.*, 2024). Entretanto é um processo que demanda de extrema atenção e rigor em suas etapas, uma vez que falhas no processo pode acarretar na perda de qualidade do produto (Elhalis *et al.*, 2023).

O público consumidor vem priorizando cada vez mais a qualidade dos grãos e sua percepção sensorial, impactando diretamente o mercado. Essas novas tendências vêm transformando o mercado de café, impulsionando o segmento de cafés especiais de alta qualidade (Silva *et al.*, 2024). Deste modo, este trabalho visa estudar o efeito da fermentação autoinduzida (*self induced anaerobiosis fermentation*) na qualidade e composição química do café arábica especial.

Metodologia

Foram coletadas seis amostras de café arábica especial da variedade catuaí vermelho, provenientes da safra de 2024, em uma propriedade do sul do Espírito Santo, acima de 750 m de altitude. Após separação manual e lavagem, os grãos no estágio “cereja” foram divididos em triplicatas: CTR1, CTR2 e CTR3, submetidas à secagem convencional, e SIAF1, SIAF2 e SIAF3, submetidas à fermentação autoinduzida anaeróbica em biorreator. A fermentação foi monitorada pela temperatura até sua estabilização. Após o processo, todas as amostras seguiram para secagem em estufa até atingir 12% de umidade.

Após o beneficiamento do café, realizou-se análises por cromatografia líquida de alta eficiência (HPLC), utilizando o equipamento da marca *Shimadzu*, modelo *prominence* com uma coluna de fase reversa C-18 *slim-pack VP-ODS Shimadzu* de comprimento de 250 mm X 4,6 mm DI, para a identificação e quantificação de ácido clorogênico, trigonelina e cafeína. Um detector espectrofotométrico UV/Visível ($\lambda = 272$ nm) *Shimadzu* do modelo SPD-20A conectado a um computador foi utilizado para a detecção, com o volume de injeção de 20 μ L e um fluxo de 1 mL/min durante 23 minutos e temperatura da coluna cromatográfica de 40 °C. A fase móvel foi constituída de uma solução de metanol, água ultrapurificada e ácido acético glacial 99,8%, os resultados obtidos foram avaliados segundo uma curva de calibração dos compostos de interesse.

A análise dos compostos voláteis após o processo de torra média do café foi realizada utilizando a cromatografia gasosa combinada com a utilização da técnica HS-SPME/GC-MS (microextração em fase sólida pelo modo *headspace* combinada com cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas). Para realização do processo de extração por HS-SPME, 3 g das amostras de cafés (torrados e moídos) foram utilizados, adicionando-as em *vial's* apropriado para *headspace* (frasco de vidro de 20 ml), com tampa magnética de rosca e septo de silicone, que foi exposto a aquecimento durante 30 minutos a 70 °C. Através do HS-SPME, utilizando-se da fibra DVB/CAR/PDMS (divinilbenzeno/carboxeno/poldimetilsiloxano, espessura do filme de 50 μ m) os compostos voláteis foram coletados e posteriormente inseridos no cromatógrafo a gás acoplado ao espectrômetro de massas (GC-MS) QP-PLUS-2010 da *Shimadzu*. Para realizar a separação dos compostos na cromatografia gasosa, a coluna capilar de sílica fundida usada foi a RTX-5MS (30 m de comprimento e 0,25 mm de diâmetro interno), onde como gás de arraste foi utilizado o hélio, com fluxo de 1,67 mL/min. O injetor foi aquecido a temperatura de 250 °C e o detector de 300 °C. A coluna teve uma temperatura inicial de 40 °C, sendo que a cada minuto ocorreu um acréscimo programado de 3°C, até se obter a temperatura máxima de 125 °C na qual continuou por um minuto, após essa etapa a temperatura foi aumentada gradualmente em uma taxa de 10 °C por minuto até obter a temperatura de 245 °C, que foi mantida por 3 minutos. Para se realizar a identificação dos compostos químicos, os espectros de massas obtidos foram realizados e comparados com os dados já presentes na biblioteca do aparelho, tomando como base as informações extraídas de outros trabalhos com os índices de retenção linear. Para realização dos cálculos dos índices de retenção (IR), foi inserida no cromatógrafo uma mistura de alcanos lineares (C8 a C23) mantendo as condições utilizadas na análise dos referidos voláteis de café (Franca *et al.*, 2009; Pinheiro, 2018).

O teste de xícara é um método utilizado para avaliar a qualidade e os atributos sensoriais do café. Inicialmente, as amostras foram preparadas no Laboratório do IFES de Venda Nova do Imigrante, seguindo a metodologia *Specialty Coffee Association* (SCA), um processo rigoroso de avaliação sensorial utilizado para determinar a qualidade do café. Deste modo, os grãos verdes foram selecionados e torrados uniformemente com 24 horas de antecedência do teste, seguindo as recomendações da SCA. Após a torra, os grãos foram moídos em uma granulação específica no momento da avaliação e, em seguida, a água aquecida a uma temperatura precisa foi vertida sobre o café moído. A infusão durou cerca de 3 a 4 minutos, logo após a infusão ser concluída, utilizando-se uma colher especial, os provadores degustaram o café rapidamente, distribuindo-o por toda a boca para avaliar atributos como fragrância/aroma, uniformidade, ausência de defeitos, doçura, sabor, acidez, corpo, finalização, equilíbrio, defeitos e uma avaliação global. Cada atributo foi pontuado em uma escala numérica conforme o protocolo da SCA. A pontuação final foi a média das pontuações determinadas pelos provadores, e os resultados foram discutidos para alcançar um consenso sobre a qualidade do café.

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

Resultados

As amostras foram avaliadas de acordo com os protocolos estabelecidos pela *Specialty Coffee Association* (SCA). Cada conjunto de triplicatas foi submetido à análise sensorial realizada por seis Q-graders (degustadores certificados), os quais atribuíram pontuações às amostras de café. As notas obtidas foram posteriormente analisadas e os resultados estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Identificação das amostras e nota sensorial das amostras controle e fermentado

Amostra	Sabores	Score
CTR	Chocolate, caramelo, amêndoas, frutado doce, cereais, pipoca, leite tostado, doce, tostado leve, acidez cítrica média, corpo médio, finalização doce, seca, amarga média	81,875
SIAF	Chocolate, caramelo, rapadura, amêndoas, nozes, cacau, frutado, erva-doce, frutas roxas, mel, acidez cítrica média/alta, corpo médio, sedoso, cremosa, finalização doce, seca, prazerosa, longa	83,002

Fonte: Próprio autor.

Através da técnica de HPLC as amostras CTR e SIAF de café arábica especial foram analisadas, permitindo assim a identificação dos teores de cafeína, trigonelina e ácido clorogênico.

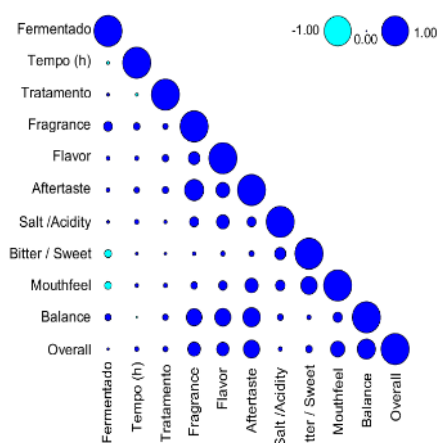
Tabela 2 – Teor de compostos bioativos em amostras controle e fermentada.

Amostra	Teor médio g/100g de café		
	Trigonelina	Cafeína	Ácido Clorogênico
Controle (CTR)	1,080	1,153	3,316
Fermentada (SIAF)	1,028	1,110	2,213

Fonte: Próprio autor.

O gráfico de correlação apresentado (Figura 1) ilustra a correlação entre fermentação e os atributos sensoriais, sendo possível visualizar a intensidade e a direção das associações.

Figura 1 – Gráfico de correlação entre os atributos sensoriais e a fermentação.

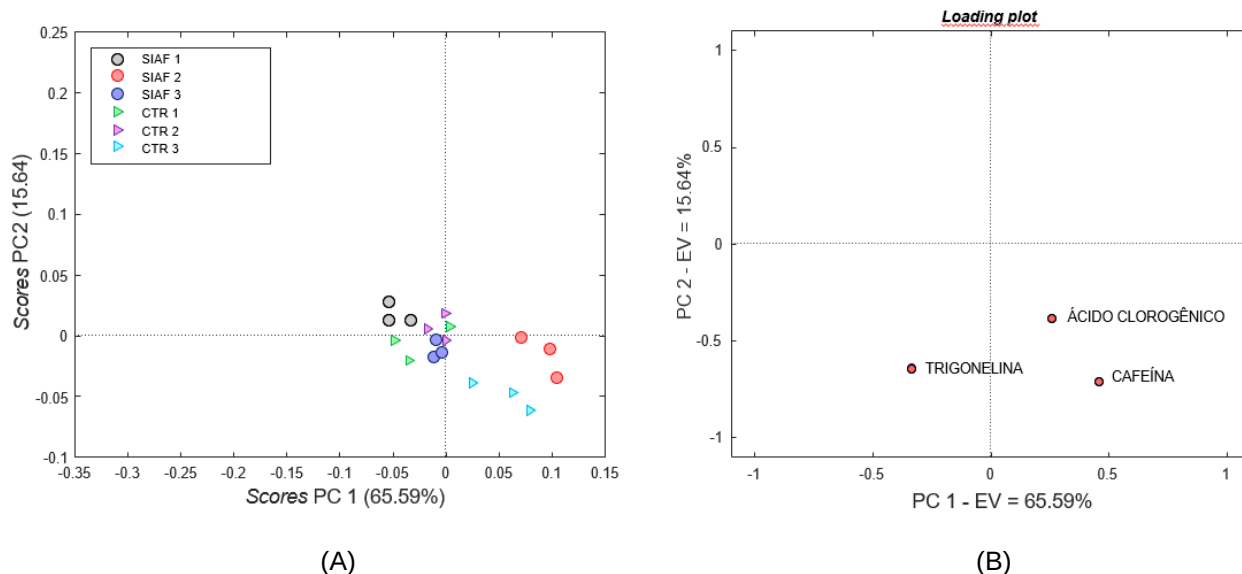


Fonte: Próprio autor.

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

A figura 2 apresenta a análise de componentes principais (PCA) das amostras CTR e SIAF para separação em função dos três compostos bioativos em estudo: Trigonelina, cafeína e ácido clorogênico.

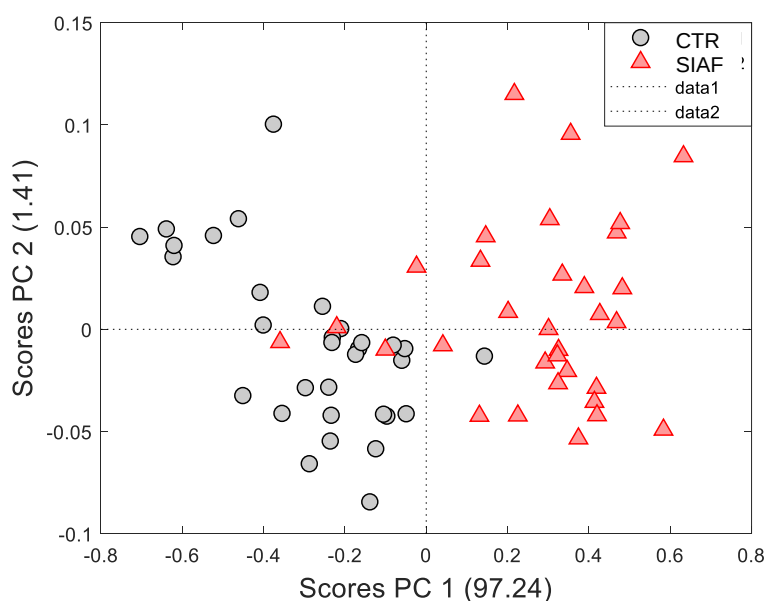
Figura 2 – (A) PCA por triplicata, (B) PCA por compostos bioativos.



Fonte: Próprio autor.

A figura 3 apresenta a PCA dos compostos voláteis nas amostras em estudo (controle e fermentadas).

Figura 3 – PCA dos compostos voláteis encontrados nas amostras de café arábica especial sem fermentação (CTR) e fermentadas (SIAF).



Fonte: Próprio autor.

Discussão

Conforme demonstrado por Braga *et al.* (2023), a fermentação em cafés especiais pode resultar na melhoria da nota sensorial, evidenciando o potencial dessa tecnologia na qualidade da bebida. Entretanto, uma vez que, os grãos que já apresentam elevada qualidade, muitos produtores podem considerar desnecessário investir em etapas adicionais, o que justifica a escassez de estudos voltados à melhoria de cafés já classificados como especiais. O presente trabalho, contudo, evidencia que a fermentação autoinduzida contribuiu positivamente para a qualidade sensorial, uma vez que os cafés fermentados atingiram *scores* superiores a 83 pontos, com notas sensoriais mais complexas, como frutas roxas, mel e erva-doce, enquanto as amostras controle apresentaram perfis mais tradicionais, como chocolate, caramelo e cereais. Esses resultados demonstram que, mesmo em cafés classificados acima de 80 pontos, podem através da fermentação potencializar suas características e gerar bebidas com maior valor agregado.

A figura 1 evidencia correlação positiva entre a fermentação e a maioria dos atributos sensoriais, com exceção do *bitter/sweet* (amargor/doçura) e *mouthfeel* (corpo) que apresentaram uma correlação fraca negativa quando correlacionados com a fermentação. Segundo Soraes e Delú Filho (2025) o tempo de fermentação influencia em diversos aspectos, inclusive nos atributos sensoriais que obtiveram uma correlação negativa, isso sugere que um controle mais rigoroso do tempo de fermentação poderia melhorar ainda mais a percepção sensorial como um todo.

A análise por HPLC, expressa na tabela 2, revelou que as amostras CTR apresentaram maior concentração média de ácido clorogênico (3,316 g/100 g) em comparação às SIAF (2,213 g/100 g), enquanto os teores de trigonelina e cafeína permaneceram estáveis. Pode-se associar esta redução a degradação enzimática e metabolismo microbiano durante a fermentação, como mostra o estudo de Zardo *et al.* (2006) que relata que a fermentação pode diminuir os níveis de ácido clorogênico. A PCA por sua vez, confirmou a separação clara entre CTR e SIAF com base nos compostos bioativos, evidenciando a influência da fermentação na composição química.

A cromatografia gasosa identificou diferenças nos perfis voláteis. Foram identificados dezenove compostos nas amostras CTR e dezessete compostos nas SIAF, pertencentes às classes dos furanos, pirazinas, fenóis, aldeídos alifáticos e heterocíclicos nitrogenados. Os compostos, heptanal, 2-etil-6-metilpirazina, hexadecametilciclooctasiloxano e dodecanol foram identificados apenas nas amostras CTR. Enquanto os compostos, acetoxiacetona e 2-acetilpirrol, foram identificados apenas nas amostras SIAF. A análise de componentes principais (PCA), expressa na figura 4, explicou 98,65% da variância total dos dados (PC1 = 97,24%; PC2 = 1,41%), permitindo a separação clara entre as amostras SIAF e controle CTR, essa distinção sugere perfis voláteis diferenciados entre os grupos.

Conclusão

Os resultados obtidos evidenciam que a fermentação autoinduzida promoveu melhorias sensoriais relevantes, observadas em *scores* mais elevados, presença de descritores mais complexos e valorizados, em contraste com os perfis tradicionais observados nas amostras controle. Apesar da correlação fraca negativa identificada nos atributos de amargor/doçura e corpo, é plausível considerar que ajustes no tempo de fermentação possam atenuar esses efeitos, maximizando os benefícios sensoriais. A análise química evidenciou as diferenças entre os tratamentos, destacando a redução do ácido clorogênico nas amostras fermentadas, além da manutenção de compostos como cafeína e trigonelina, que foram menos impactados pelo processo. A caracterização dos compostos voláteis confirmou a clara distinção entre os grupos, associando a fermentação a perfis aromáticos diferenciados. Tais fatores reforçam o potencial da fermentação como estratégia tecnológica para a produção de cafés especiais, possibilitando a geração de bebidas com maior valor agregado e aceitação no mercado consumidor global.

Referências

BRAGA, A. V. U.; MIRANDA, M. A.; AOYAMA, H.; SCHMIDT, F. L. Study on coffee quality improvement by self-induced anaerobic fermentation: microbial diversity and enzymatic activity. **Food Research International**, v. 165, p. 112528, 2023.

A Ciência do **NANO** e seu impacto transformador no **MACRO**

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Tabela de dados – Estimativas da produção e colheita. Brasília, DF, maio 2024. Disponível em: https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe/boletim-da-safra-decafe/item/download/53326_9c9241dc0724f4f97ac1f5ecae8c5597. Acesso em: 08 ago. 2025.

ELHALIS, H. et al. Coffee fermentation: Expedition from traditional to modern practices. **Trends in Food Science & Technology**, 2023. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2772502222002086>. Acesso em: 08 ago. 2025.

FRANCA, A. S. et al. A preliminary evaluation of the effect of processing temperature on coffee roasting degree assessment. **Journal of Food Engineering**, v. 92, n. 3, p. 345-352, 2009.

INCAPER. Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. Cafeicultura – Café Arábica. Vitória, ES, 2024. Disponível em: <https://incaper.es.gov.br/cafeicultura-arabica>. 08 ago. 2025.

PINHEIRO, C. A. Análises físico-químicas e avaliação da qualidade de *Coffea canephora* Pierre & Froener cultivados no Espírito Santo. 2018. 108 f. Dissertação (Magister Scientiae em Agroquímica) – **Universidade Federal do Espírito Santo**, Alegre, 2018.

SCA - Specialty Coffee Association. **SCA Coffee Standards: Protocols for Cupping and Scoring.** Specialty Coffee Association. Disponível em: <https://sca.coffee>. Acesso em: 08 ago. 2025.

SEPÚLVEDA, W. S. et al. Consumers' preference for the origin and quality attributes associated with production of specialty coffees: Results from a cross-cultural study. **Food Research International**, v. 89, p. 997–1003, 1 nov. 2016. Trabalho apresentado no *CoCoTea 2015 – Third International Congress on Cocoa, Coffee and Tea*.

SILVA, L. C. F. et al. Enhancing sensory quality of coffee: The impact of fermentation techniques on *Coffea arabica* cv. Catiguá MG2. **Foods**, v. 13, n. 5, p. 653, 21 fev. 2024.

SORAES, Y. S.; DELÚ FILHO, N. Efeitos do tempo de fermentação na qualidade da bebida do café. **Agrovetsul Minas**, v. 12, n. 1, p. 160–170, 2025. Disponível em: <https://www.periodicos.unis.edu.br/agrovetsulminas/article/download/1023/727>. Acesso em: 08 ago. 2025.

YEOH, L.; NG, K. S. Future prospects of spent coffee ground valorisation using a biorefinery approach. **Resources, Conservation and Recycling**, v. 179, p. 106123, 1 abr. 2022.

ZARDO, D. M. et al. Efeito do processamento no teor de compostos fenólicos e na atividade antioxidante em fermentados de maçã. **Ciências Exatas e da Terra, Ciências Agrárias e Engenharias**, Ponta Grossa, v. 12, n. 1, p. 35-42, abr. 2006. Disponível em: https://ri.uepg.br/riuepg/bitstream/handle/123456789/249/ARTIGO_EfeitoProcessamentoTeor.pdf. Acesso em: 08 ago. 2025.

Agradecimentos

Gostaria de expressar minha profunda gratidão à nossa orientadora, Vanessa Moreira Osório, pelo apoio e orientações ao longo deste trabalho. Agradeço também ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo suporte financeiro, que tornou possível a realização desta pesquisa, sem o incentivo e a colaboração de ambos, este estudo não teria sido possível. E ao *Coffee Designer Group* do IFES Campus Venda Nova do Imigrante pelo excelentíssimo trabalho prestado na análise sensorial dos cafés.