

EFEITO DA FERMENTAÇÃO CONTROLADA NOS COMPOSTOS FENÓLICOS DE CAFÉ ARÁBICA DE ALTITUDE

Krisley Camila Moraes Lopes, Bárbara Oliveira Moura dos Santos, Maria Clara Castro Bonze, Bruno Henrique Brasilino, Raquel Sueleni Cardoso Mariano, João Bastista Esteves Pelúzio, Tercio da Silva de Souza

¹Instituto Federal do Espírito Santo, Rodovia BR 482 (Alegre X Cachoeiro) KM 47, Distrito de Rive, Alegre – Espírito Santo, CEP: 29520-000, Brasil, morais.camila.lopes@gmail.com, bsbiologa@gmail.com, mariacastrobonze@gmail.com, brunobrasilino02@gmail.com, raquelmariano465@gmail.com, jbpeluzio@ifes.edu.br, tssouza@ifes.edu.br.

Resumo

Este trabalho avaliou a influência da fermentação controlada na concentração de compostos fenólicos totais (FNT) em grãos de *Coffea arabica* cultivados em altitude. Frutos maduros da cultivar Catuaí Vermelho foram fermentados por períodos de 0 a 144 horas e analisados pelo método de Folin-Ciocalteu, com resultados expressos em mg de ácido gálico por 100g de amostra. Observou-se incremento dos fenólicos ao longo do processo, partindo de 26,84 mg AG/100g no tempo 0h, alcançando 33,54 mg AG/100g em 72h e atingindo 37,54 mg AG/100g em 144h. O aumento até 72h favoreceu maior equilíbrio químico e complexidade sensorial, correlacionando-se positivamente com corpo e percepção de doçura da bebida. Entretanto, tempos prolongados intensificaram a adstringência, comprometendo a harmonia sensorial. Conclui-se que 72 horas representam o ponto ótimo de fermentação para maximizar a qualidade química e sensorial do café, reforçando a importância do controle pós-colheita como estratégia para agregar valor e diferenciação aos cafés especiais.

Palavras-chave: *Coffea arabica*; compostos fenólicos; fermentação natural; qualidade sensorial; cafés especiais.

Área do Conhecimento: Ciências Agrárias

Introdução

Os cafés especiais distinguem-se pela elevada qualidade dos grãos, caracterizados pela ausência de defeitos, uniformidade de torra e perfis sensoriais marcantes (Bressani, 2015). Para assegurar esse padrão, é necessário cuidado em todas as etapas produtivas, sobretudo na pós-colheita. Nesse contexto, a fermentação controlada tem se consolidado como uma prática relevante, aplicada tanto no processamento seco quanto no úmido. Durante o processo, a ação de microrganismos sobre a mucilagem do pergamimho promove a degradação de componentes, modificando compostos químicos e voláteis do café e contribuindo de forma positiva para suas características sensoriais (Rodrigues et al., 2020).

A fermentação pode ser um modo interessante de estratégia para a produção de cafés com perfis sensoriais diferenciados. Este termo foi designado para classificar os cafés que possuem um alto padrão de qualidade, a partir de parâmetros técnicos metrificados oficialmente por um Q-Grader (Arabica Quality Grader) certificado pelo Coffee Quality Institute (CQI) (Pereira et al., 2020).

A fermentação de maneira induzida permite que diversos processos bioquímicos ocorram na presença de leveduras e bactérias, em que enzimas existentes na mucilagem degradem lipídios, proteínas, ácidos e açúcares, que se convertem em ácidos, álcoois, ésteres e cetonas. E isso permite que haja potencialização na qualidade da bebida e no aroma do café, desenvolvendo assim perfis sensoriais diversificados e até mesmos exóticos, como foi analisado em análises sensoriais, e tudo isso amplia o valor e a qualidade do produto final (Silva, 2014).

A literatura abordando sobre a presença dos microrganismos na produção cafeeira é bem desenvolvida, como em trabalhos de Compri *et al.* (2016), tornando positivo, visto que há pouco tempo a presença desses organismos eram vistos somente como algo negativo e que não poderia ocorrer nas avaliações, e atualmente, devido a esse desenvolvimento percebe-se o quanto isso também se torna algo buscado e apreciado em análises sensoriais.

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

Os sólidos solúveis formam um índice que avalia a concentração de sólidos com ocorrência na amostra de café. Um maior índice de quantidade de sólidos solúveis é apreciado, seja do ponto de vista de rendimento industrial, seja pela contribuição em garantir o corpo da bebida, proporcionando uma obtenção de uma boa bebida (Lopes, 2000). Para Pimenta, 1995 & Prete, 1992 “Os teores de sólidos solúveis para *C. arábica* L. variam de 24 a 31% para o grão cru com teor de umidade entre 11 e 13%”.

Polifenóis ou compostos fenólicos, atuam na ação protetora, antioxidante dos aldeídos afirma Stefanello (2019). No café, esses componentes contribuem de modo amplamente significativo para o sabor e o aroma (Pimenta, 2003). Os polifenóis garantem a adstringência da bebida do café e algumas pesquisas apontam que sua maior concentração ocorre em cafés de pior qualidade. E isso se relacionada ao estágio de maturação dos frutos colhidos, como com a presença de grãos defeituosos e ao ataque de microrganismos (Lopes, 2000). Em decorrência de qualquer condição adversa aos grãos, como colheita inadequada e dificuldades no processamento e no armazenamento, as enzimas polifenoloxidasas atuam sobre os polifenóis diminuindo sua ação antioxidante sobre os aldeídos, possibilitando a oxidação desses grãos, interferindo no sabor e aroma desses grãos após a torra (Stefanello, 2019).

Os principais compostos fenólicos não voláteis identificados nos grãos de café crus são os ácidos clorogênicos, que são relevantes na avaliação sensorial da bebida do café, pois são precursores dos compostos fenólicos voláteis que se encontram na formação do aroma (Nogueira; Trugo, 2003) e na adstringência do café torrado (De Maria et al., 2004). Estes se concentram na variação de 5,5 a 8,0% sendo observados para café arábica, porém, apresentam uma relação inversa com a qualidade do café, ou seja, os maiores teores de ácidos clorogênicos totais podem ser observados em cafés de qualidade inferior (Silva et al, 2009).

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de diferentes tempos de fermentação controlada sobre a concentração de compostos fenólicos totais em grãos de *Coffea arabica* cultivados em altitude, buscando identificar condições que favoreçam o equilíbrio químico e sensorial da bebida.

Metodologia

O presente trabalho foi desenvolvido em dois ambientes, sendo eles divididos entre o ambiente “A” e ambiente “B”.

A – A coleta de dados desta pesquisa foi realizada no Sítio Santa Rita, localizado no município de Espera Feliz, Minas Gerais. O clima da região é do tipo Cwb, segundo a classificação de Köppen, caracterizado pelo inverno seco e verão chuvoso. Foi selecionado um talhão para colheita das amostras, os frutos utilizados foram de café arábica, da cultivar “Catuaí Vermelho”. A altitude do talhão varia de 1.030 a 1.070 m, com topografia acidentada e face soalheira, a área do talhão selecionado abrange 1,68 ha e possui 3.733 plantas em um espaçamento de 3 x 1,5 m, com idade de 23 anos após recape.

B – As análises físico-químicas dessa pesquisa foram realizadas no Laboratório de Química Aplicada do Instituto Federal do Espírito Santo – campus de Alegre, localizado no Distrito de Rive, Alegre – ES, onde as amostras foram devidamente identificadas e separadas para a realização das metodologias estabelecidas.

A coleta das amostras foi manual e seletiva de frutos maduros. A colheita foi realizada em um único dia, com recata manual, resultando em um lote composto apenas por frutos maduros, posteriormente, o lote foi homogeneizado e separado em sete frações de 50 L cada. Cada fração foi submetida a um período de fermentação, que variou de 0 a 144 h, com intervalos de 24 h.

Com exceção da fração 0 h, que não foi fermentada, as demais amostras foram acondicionadas em tambores plásticos de 50 L, sem adição de água, apenas úmidos da lavagem. Ao término de cada tempo de fermentação, as frações foram colocadas para secar em terreiro suspenso.

Os tambores utilizados foram inicialmente limpos, identificados e perfurados na parte inferior (3 furos com 5 mm de diâmetro) para realizar a drenagem da água residual do processo de lavagem e do líquido proveniente da fermentação. Os tambores foram colocados no mesmo ambiente, sob telhado e sobre área cimentada, não exposto a chuva.

O tambor com a fração de 144 h de fermentação recebeu um termômetro digital que foi inserido na massa de grãos, a 20 cm da superfície do café, registrando a temperatura a cada 10 minutos. A cada dia, também foram registradas as temperaturas máximas e mínimas do ambiente.

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

A seca dos grãos foi realizada na sede do Sítio, em terreiro suspenso, com cobertura plástica alta transparente, a 1,2 m do chão. A movimentação foi constante durante a seca, com instrumentos independentes entre os tratamentos, com cinco revolvimentos ao dia em cada amostra, em camadas que variaram de 2 a 8 cm, do início ao final da secagem, até atingir entre 11 a 11,8% de umidade, mediante utilização de determinador portátil de umidade.

De cada tratamento, foram coletadas três amostras, repetições, de igual volume, visando atender as análises, com folga para possíveis reavaliações.

Após a secagem, cada lote de café em coco foi acondicionado em sacos plásticos próprios e armazenados em tulha por aproximadamente 60 dias. A umidade dos lotes foi acompanhada durante o armazenamento.

O beneficiamento do café se deu ao término do armazenamento, utilizando máquina apropriada para este fim, com rigorosa limpeza entre um lote e outro.

De cada tempo de fermentação, retirou-se, após homogeneização, uma amostra de 1,5 kg de café descascado, que foi dividida em três parcelas cada, compondo um experimento com três repetições em um total de 21 parcelas. Após uma rigorosa codificação, as amostras passaram por análise física e separação por peneiras, utilizando apenas grãos de tamanho 16 e acima, de acordo com o Protocolo de Classificação Oficial Brasileira de Café (COB), Instrução Normativa nº 08, de 11 de junho de 2003, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (Brasil, 2023) aos 80 dias após aplicação dos tratamentos.

Compostos fenólicos totais (FNT)

A quantificação de compostos fenólicos totais foi realizada utilizando o método espectrofotômetro de Folin-Ciocalteu descrito por Singleton; Orthofer; Lamuela-Raventós, (1999) com adaptações. Inicialmente um extrato foi obtido a partir da dissolução de 0,200 g de amostra triturada em 4 mL de solução HCl (2,0 mol L⁻¹) por 30 minutos, a 95°C em banho-maria Kacil BM 02, repouso em ambiente protegido da luz por 24 horas e filtrado em papel de filtro qualitativo. A quantificação foi realizada a partir de uma alíquota de 50 µL do extrato, 3 mL de água deionizada, 250 µL do reativo Folin-Ciocalteu 50% v v⁻¹, repouso por 5 minutos, 750 µL de carbonato sódico a 20% m v⁻¹ e 950 µL de água deionizada, repouso por 2 horas. A absorbância foi medida a 756 nm, em espectrofotômetro da AGILENT CARY60 UV-VIS, comparado com curva de calibração de ácido gálico (0,5 – 50,0 g L⁻¹), $\hat{Y} = 0,7697x + 0,0419$, $R^2 = 0,999$ (Baptista et al., 2022). O teor de FNT foi calculado pela Equação e os resultados expressos em miligramas de ácido gálico (AG) por grama de amostra.

$$\text{FNT (mg AG 100g}^{-1}\text{)} = 100 * [\text{C(g L}^{-1}\text{)} * \text{fd (1)} * \text{Ve (L)} (0,004) / \text{mamostra (g)}]$$

Sendo: FNT o teor de compostos fenólicos totais presente nos grãos de café, C = concentração (g L⁻¹) de FNT obtida a partir da leitura da absorbância das amostras, Ve = Volume do extrator (L), fd = fator diluição da amostra, m = massa da amostra utilizada.

Análise estatística

O experimento foi composto por sete tratamentos, correspondentes aos tempos de fermentação (0, 24, 48, 72, 96, 120 e 144 horas), com três repetições, totalizando 21 parcelas experimentais. A variável química foi submetida ao teste de regressão, utilizando o software Rbio (Bhering; Teodoro, 2021).

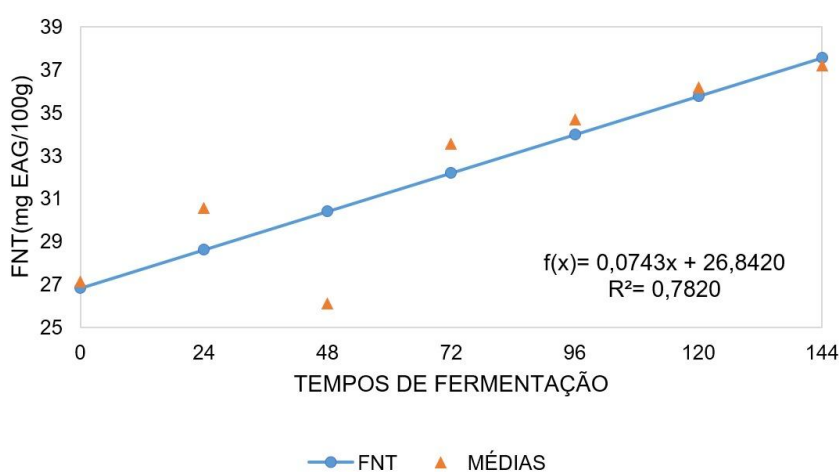
Resultados

A análise dos dados permite observar que a fermentação desempenha um papel essencial na modulação das características químicas. Associando a estabilização da variável de fenólicos totais (FNT) (33,54 mg AG/100 g⁻¹), observa-se que esse cenário favorece um perfil sensorial mais agradável, equilibrando acidez, corpo e sabores. De acordo com Silva *et al.* (2021), períodos de fermentação intermediários, como 48 a 72 horas, otimizam a qualidade sensorial por preservar compostos voláteis e açúcares, enquanto minimizam adstringência e amargor, concordando com Pereira *et al.* (2020), que afirma que fermentações mais longas, tendem a intensificar compostos, resultando em sabores menos equilibrados.

A Ciência do NANO e seu impacto transformador no MACRO

Os resultados apresentados, refletem uma interação eficiente entre microrganismos e compostos presentes na mucilagem, criando condições favoráveis para o desenvolvimento de características sensoriais desejáveis. Estudos prévios apontam que o tempo de fermentação exerce papel crucial na definição da qualidade final do café, destacando 72 horas como um período estratégico para o desenvolvimento de perfis sensoriais superiores (Lacerda et al., 2020; Silva et al., 2014; Pereira et al., 2020). Tais achados solidificam a literatura existente, que identifica o controle do tempo de fermentação como um fator determinante na produção de cafés especiais de alta qualidade (Pimenta e Vilela, 2003; Neto et al., 2017; Martinez et al., 2017).

Figura 1 – Dinâmica dos Fenólicos Totais com relação ao Tempo de Fermentação



Fonte: a autora (2025).

A combinação de fatores químicos, como a estabilização de FNT observado na Figura 1, culminam em um perfil sensorial complexo, caracterizado por altas notas sensoriais, comprovado nos estudos parelos de Lacerda *et al.* Observa-se acréscimo no teor de FNT, o que torna evidenciado quando comparamos os resultados do café in natura (tempo 0 h) e a amostra com 144 h de fermentação, onde encontramos 26,84 mg AG/100g e 37,54 mg AG/100g, respectivamente, esses resultados evidenciam a influência do processo fermentativo no aumento do teor de fenólicos, como afirmado por Garcia & Bianchi (2015), esse aumento constatado é uma interessante alternativa de aproveitamento, levando em consideração que os fenólicos possuem propriedades antioxidantes e benéficas a saúde humana. Farah e Donangelo (2006), afirmam que níveis mais baixos de fenólicos em café arábica explicam a superioridade na qualidade da bebida quando comparados a café conilon, essa diferença pode ser considerada como um dos fatores responsáveis pela diferença de sabor entre as espécies.

Os compostos fenólicos, desempenham um papel essencial no sabor e aroma do café, sendo responsáveis pela adstringência da bebida (Araújo et al., 2021). Segundo Pimenta e Vilela (2003), os frutos de café apresentam um alto teor desses compostos fenólicos, com destaque para o ácido clorogênico, que contribui significativamente para as características sensoriais do produto final.

Adicionalmente, foi identificada maior acidez nas bebidas, um atributo associado às altas concentrações dos compostos fenólicos totais (FNT) correlacionou-se positivamente com a complexidade sensorial das amostras. O balanço entre os açúcares e os compostos fenólicos mostrou-se determinante para a melhor percepção de doçura e corpo da bebida.

Conclusão

O processo fermentativo modificou de forma expressiva a concentração de compostos fenólicos totais nos grãos de café arábica, sendo o período de 72 horas o mais indicado para obtenção de bebidas equilibradas e com maior complexidade sensorial. Esse resultado evidencia que a fermentação

controlada é uma ferramenta estratégica para agregar valor aos cafés especiais, permitindo modular compostos bioativos relevantes tanto para a qualidade da bebida quanto para seus potenciais benefícios à saúde.

Referências

ARAÚJO, L.F. et al. **Análise físico-química de alimentos**. [s.l.]: Pantanal Editora, 2021.

BAPTISTA, Julcinara Oliveira et al. Jaboticaba genotypes: analysis of fruits, seeds, and artisanal wine. **Australian Journal of Crop Science**, v. 16, n. 8, p. 1038-i, 2022. DOI: <https://doi.org/10.21475/ajcs.22.16.08.p3461>

BHERING, L. L.; TEODORO, P. E. **Estatística Experimental no Rbio**. 1.ed., Curitiba, PR, Brasil. Brazil Publishing, 2021. Disponível em: <https://biometria.ufv.br/apresentacao/> . Acesso em: 8 jan. 2025.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 8, de 11 de junho de 2003**. Aprova o Regulamento Técnico de Identidade e de Qualidade para a Classificação do Café Beneficiado Grão Cru. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, 13 jun. 2003.

BRESSANI, E. (2015). **Guia do barista: da origem do café ao espresso perfeito**. São Paulo: Café Editora.

COMPRI, L. et al. Diversidade de microrganismos em frutos do cafeeiro cultivados nas proximidades do Lago de Furnas. **Coffee Science**, Lavras, v. 11, n. 2, 2016.

DE MARIA, C.A.B.; MOREIRA, R.F.A. Métodos para análise de ácido clorogênico. **Química Nova**, v. 27, n. 4, p. 586-592, 2004.

FARAH, A. et al. Correlation between cup quality and chemical attributes of Brazilian coffee. **Food Chemistry**, v. 98, n. 2, p. 373-380, 2006.

GARCÍA, L. R. P., BIANCHI, V. L. D. **Efeito da fermentação fúngica no teor de compostos fenólicos em casca de café robusta**. Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 36, n. 2, p. 777-786, mar./abr. 2015.

LACERDA, J.M.B. et al. Efeito da fermentação natural em café arábica. **Revista Internacional de Ciências**, v. 6, n. 3, p. 99-111, 2020. DOI: 10.36524/ric.v6i3.808.

LOPES, L. M .V. **Avaliação da Qualidade de grãos crus e torrados de cultivares de cafeeiro (Coffea arabica L.)**. Larvas: UFLA, 2000. 95 p. (Dissertação em Ciência dos Alimentos).

MARTINEZ, S.J. et al. Different inoculation methods for semi-dry processed coffee using yeasts as starter cultures. **Food Res. Int.** 102, 333–340. 2017. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2017.09.096>.

NETO, D.P.C. et al. diversity and physicochemical characteristics associated with coffee bean fermentation from the Brazilian Cerrado Mineiro region. **Fermentation** 3. 2017. <https://doi.org/10.3390/fermentation3010011>.

NOGUEIRA, M; TRUGO, L. Distribuição de isômeros de ácido clorogênico e teores de cafeína e trigonelina em cafés solúveis brasileiros. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 2, p. 296-9, 2003.

PEREIRA, G. V. M. et al. **Lactic acid bacteria: what coffee industry should know? Current Opinion in Food Science**, [S. l.], v. 31, p. 1-8, 2020.

PIMENTA, C. J. **Qualidade de café**. 3. ed. Lavras: Editora UFLA, 200308

PIMENTA, C. **Qualidade de Café (Coffea arabica L.) originados de frutos colhidos de quatro estádios de maturação**. Lavras: UFLA, 1995, 94p. (Dissertação- Mestrado em Ciência e dos Alimentos), Universidade Federal de Lavras, 1995.

PIMENTA, C. J; VILELA, E.R. Efeito do tipo e época de colheita na qualidade do café (Coffea arabica L.). Acta Scientiarum: **Agronomy**, p. 131–136, 2003.

PRETE, C.E.C., ABRAHÃO, J. T. M. Condutividade elétrica do exsudado de grãos de café (Coffea arabica L.) e sua relação com a qualidade da bebida. **Proceedings**. Londrina: IAPAR; IRD; Curitiba : UFPR,. (513p. : il.), p. 463-471, 2000.

RODRIGUES, G.Z; CUNHA, L.T; ALMEIDA, G.R.R. Desenvolvimento e validação da fermentação controlada de frutos do café no pós-colheita em diferentes tempos. **Revista Agroveterinária do Sul de Minas**, v. 2, n. 1, p. 45-52, 2020.

SILVA, C. F. **Microbial activity during coffee fermentation**. In: Cocoa and Coffee Fermentations. [S. l.: s. n.], 2014.

SILVA, M. C. S. et al. **Microrganismos na fermentação induzida do café**: Cartilha 2. Luzerna: Editora Ad Verbum, 2021. 20 p. il. 23 cm. (Série Fermentação do Café e Pós- colheita). ISBN 978-65-87362-10-6.

SILVA, M. et al. Caracterização química e sensorial de cafés da chapada de minas, visando determinar a qualidade final do café de alguns municípios produtores. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, Edição Especial, p. 1782 -1787, 2009.

SINGLETON, Vernon L.; ORTHOFER, Rudolf; LAMUELA-RAVENTÓS, Rosa M. [14] Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin- ciocalteu reagent. In: Methods in enzymology. **Academic press**, 1999. p. 152-178. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](https://doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1)

STEFANELLO, N. et al. **Coffee, caffeine, chlorogenic acid, and the purinergic system**. Food and chemical toxicology : an international journal published for the British Industrial Biological Research Association vol. 123 (2019): 298-313. doi:10.1016/j.fct.2018.10.005.