



CARACTERIZAÇÃO CENTESIMAL E FÍSICO-QUÍMICA DE GRÃOS CRUS E TORRADOS DE (*Coffea arabica* var. *typica*) PROVENIENTES DE TRIUNFO-PE

CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA Y CENTESIMAL DE GRANOS CRUDOS Y TOSTADOS DE (*Coffea arabica* var. *typica*) PROVENIENTES DE TRIUNFO-PE

PHYSICOCHEMICAL AND PROXIMATE CHARACTERIZATION OF GREEN AND ROASTED (*Coffea arabica* var. *typica*) BEANS FROM TRIUNFO, PERNAMBUCO, BRAZIL

Apresentação: Comunicação Oral

Camila Correia Andrade¹; Jade Cecília de Souza Américo²; Isabel Cristina Freitas Feitosa³; Wanessa Braz da Silva⁴; Suzana Pedroza da Silva⁵

DOI: <https://doi.org/10.31692/VIIICIAGRO.0167>

RESUMO

O café constitui uma das principais *commodities* agrícolas do mundo, apresentando elevada importância econômica para o Brasil e destacando-se pela influência de suas características físico-químicas e composição química na qualidade da bebida. A composição dos grãos pode variar em função da cultivar, das condições de cultivo, do processamento pós-colheita e, principalmente, da torrefação, etapa responsável por promover transformações físicas e químicas que modificam os atributos tecnológicos e sensoriais do produto. Nesse contexto, o presente trabalho teve como objetivo caracterizar grãos de café cru e café torrado da espécie *Coffea arabica*, variedade *Arabica typica*, provenientes do município de Triunfo-PE, por meio da determinação da composição centesimal, dos parâmetros físico-químicos, dos teores de açúcares redutores e dos compostos fenólicos totais. As amostras foram submetidas à moagem e padronização granulométrica, sendo o café torrado previamente submetido à torrefação a 190 °C por 20 minutos. Foram determinados os teores de umidade, cinzas, proteínas, lipídios, açúcares redutores e compostos fenólicos totais, assim como atividade de água, pH, condutividade elétrica, acidez total titulável e sólidos solúveis totais, empregando metodologias reconhecidas na literatura. Os resultados demonstraram que os grãos de café cru apresentaram umidade de 7,34%, atividade de água de 0,468, pH de 6,49 e teor de compostos fenólicos totais de 124,20 mg EAG/g, enquanto os grãos torrados apresentaram umidade de 3,03%, atividade de água de 0,315, pH de 5,24 e teor de compostos fenólicos totais de 176,10 mg EAG/g. Observou-se que a torrefação reduziu os teores de umidade, atividade de água, lipídios, pH e sólidos solúveis totais, ao passo que promoveu aumento da condutividade elétrica, da acidez total titulável, dos açúcares redutores e dos compostos fenólicos totais, enquanto o teor de proteínas permaneceu praticamente inalterado. Conclui-se que a torrefação modifica a composição química e as propriedades físico-químicas dos grãos de *Coffea arabica*, contribuindo para maior estabilidade do produto e influenciando parâmetros relacionados à sua qualidade. Os resultados obtidos fornecem informações relevantes para a caracterização de cafés produzidos em Triunfo-PE e para estudos voltados ao controle de

¹ Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, camila.correiaandrade@ufape.edu.br

² Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, jade.americo@ufape.edu.br

³ Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, isabel.cristina@ufape.edu.br

⁴ Programa de Pós-graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Pernambuco, wanessa.braz09@gmail.com

⁵ Dra. em Eng. Química, Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, suzana.pedroza@ufape.edu.br

qualidade e ao processamento tecnológico da matéria-prima.

Palavras-Chave: *Coffea arabica*, café cru, café torrado, parâmetros físico-químicos, composição centesimal.

RESUMEN

El café constituye una de las principales materias primas agrícolas del mundo, con una elevada importancia económica para Brasil, destacándose por la influencia de sus características fisicoquímicas y de su composición química en la calidad de la bebida. La composición de los granos puede variar en función del cultivar, de las condiciones de cultivo, del procesamiento poscosecha y, principalmente, del tostado, etapa responsable de promover transformaciones físicas y químicas que modifican los atributos tecnológicos y sensoriales del producto. En este contexto, el presente trabajo tuvo como objetivo caracterizar granos de café verde y café tostado de la especie *Coffea arabica*, variedad *Arabica typica*, provenientes del municipio de Triunfo, Pernambuco, Brasil, mediante la determinación de la composición centesimal, los parámetros fisicoquímicos, los contenidos de azúcares reductores y los compuestos fenólicos totales. Las muestras fueron sometidas a molienda y estandarización granulométrica, siendo el café tostado previamente sometido a un proceso de tostado a 190 °C durante 20 minutos. Se determinaron los contenidos de humedad, cenizas, proteínas, lípidos, azúcares reductores y compuestos fenólicos totales, además de la actividad de agua, pH, conductividad eléctrica, acidez total titulable y sólidos solubles totales, utilizando metodologías ampliamente reconocidas en la literatura. Los resultados demostraron que los granos de café verde presentaron un contenido de humedad de 7,34 %, actividad de agua de 0,468, pH de 6,49 y contenido de compuestos fenólicos totales de 124,20 mg EAG/g, mientras que los granos de café tostado presentaron un contenido de humedad de 3,03 %, actividad de agua de 0,315, pH de 5,24 y contenido de compuestos fenólicos totales de 176,10 mg EAG/g. Se observó que el proceso de tostado redujo los contenidos de humedad, actividad de agua, lípidos, pH y sólidos solubles totales, mientras que promovió un aumento de la conductividad eléctrica, la acidez total titulable, los azúcares reductores y los compuestos fenólicos totales, mientras que el contenido de proteínas permaneció prácticamente inalterado. Se concluye que el tostado modifica la composición química y las propiedades fisicoquímicas de los granos de *Coffea arabica*, contribuyendo a una mayor estabilidad del producto e influyendo en parámetros relacionados con su calidad. Los resultados obtenidos aportan información relevante para la caracterización de los cafés producidos en Triunfo-PE y para estudios dirigidos al control de calidad y al procesamiento tecnológico de la materia prima.

Palabras Clave: *Coffea arabica*, café verde, café tostado, parámetros fisicoquímicos, composición centesimal.

ABSTRACT

Coffee is one of the world's most important agricultural commodities and plays a significant economic role in Brazil, standing out due to the influence of its physicochemical characteristics and chemical composition on beverage quality. The composition of coffee beans may vary according to the cultivar, growing conditions, post-harvest processing and, especially, roasting, which is responsible for promoting physical and chemical transformations that modify the technological and sensory attributes of the product. In this context, the present study aimed to characterize green and roasted coffee beans of the species *Coffea arabica*, *Arabica typica* variety, produced in the municipality of Triunfo, Pernambuco, Brazil, through the determination of proximate composition, physicochemical parameters, reducing sugars, and total phenolic compounds. The samples were ground and standardized by particle size, while the roasted coffee beans were previously roasted at 190 °C for 20 minutes. Moisture, ash, protein, lipid, reducing sugar, and total phenolic compound contents were determined, as well as water activity, pH, electrical conductivity, titratable acidity, and total soluble solids, using well-established methodologies reported in the literature. The results showed that green coffee beans presented a moisture content of 7.34%, water activity of 0.468, pH of 6.49, and total phenolic compounds of 124.20 mg GAE/g, whereas roasted coffee beans presented a moisture content of 3.03%, water activity of 0.315, pH of 5.24, and total phenolic compounds of 176.10 mg GAE/g. Roasting reduced moisture, water activity, lipid content, pH, and total soluble solids, while increasing electrical conductivity, titratable acidity, reducing sugars, and total phenolic compounds, whereas protein content remained practically unchanged. It was concluded that roasting modifies the chemical composition and physicochemical properties of *Coffea arabica* beans, contributing to greater product stability and influencing quality-related parameters. The findings provide relevant information for the characterization of coffee produced in Triunfo, Pernambuco, and for studies focused on quality control and the technological processing of coffee beans.

Keywords: *Coffea arabica*, green coffee, roasted coffee, physicochemical parameters, proximate composition.

INTRODUÇÃO

O café configura-se como uma das *commodities* agrícolas de maior importância no cenário mundial, com cultivo presente em mais de 80 países (Semedo *et al.*, 2018). No contexto brasileiro, a cafeicultura exerce papel expressivo na economia, impulsionada pela produção, exportação e pelo elevado consumo interno do grão. Segundo o 2º levantamento da safra brasileira de café de 2026, publicado pela Conab em maio, a produção nacional foi estimada em 66,7 milhões de sacas beneficiadas, representando crescimento de 18% em comparação à safra anterior, resultado associado ao ciclo de alta bienalidade observado na maioria das regiões produtoras (Brasil, 2026).

A qualidade do café está relacionada a diferentes fatores que envolvem a variedade cultivada, as condições edafoclimáticas, o manejo agrícola, o estágio de maturação, as práticas de pós-colheita, o armazenamento e o processamento dos grãos. Esses fatores podem influenciar a composição química da matéria-prima e, conseqüentemente, os atributos tecnológicos e sensoriais do produto final (Cortés-Macías *et al.*, 2022; Urugo *et al.*, 2024).

O café cru, corresponde ao grão não submetido à torra, enquanto o café torrado representa o produto obtido após o processamento térmico. A torra constitui uma etapa importante na cadeia produtiva, pois promove transformações físicas e químicas associadas ao desenvolvimento da cor, do aroma e do sabor característicos da bebida. Durante esse processo, ocorrem as reações de Maillard, caramelização e pirólise, as quais contribuem para a formação das características do café torrado (Zainuri *et al.*, 2023; Tarigan *et al.*, 2022).

No município de Triunfo–PE, a produção cafeeira apresenta relevância regional, tornando-se pertinente à realização de estudos voltados à caracterização dos grãos produzidos nessa localidade. Nesse sentido, a caracterização físico-química e centesimal de grãos de café em diferentes condições de processamento permite reunir informações relevantes sobre a composição, a estabilidade e o potencial tecnológico da matéria-prima. Assim, esses dados podem ser importantes para o controle de qualidade, para a compreensão das características do produto e para a valorização de cafés produzidos nessa região.

Dessa forma, o presente trabalho teve como objetivo caracterizar amostras de grãos de café cru e café torrado da espécie *Coffea arabica*, variedade *Arabica typica*, provenientes do município de Triunfo–PE, por meio da determinação da composição centesimal, dos parâmetros físico-químicos, dos açúcares redutores e dos compostos fenólicos totais.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Composição centesimal e parâmetros físico-químicos dos grãos de café

A composição dos grãos de café é influenciada por fatores genéticos, ambientais e tecnológicos. Condições de altitude, clima, solo, maturação, processamento e armazenamento podem alterar os teores de proteínas, lipídios, minerais, carboidratos e compostos bioativos, refletindo diretamente na qualidade da matéria-prima e da bebida (Zainuri *et al.*, 2023; Mengesha *et al.*, 2024; Urugo *et al.*, 2024).

A umidade e a atividade de água são parâmetros fundamentais para avaliar a estabilidade do grão durante o armazenamento. Valores reduzidos contribuem para menor disponibilidade de água livre, dificultando o desenvolvimento de microrganismos e reduzindo riscos de deterioração. Para café cru beneficiado, a legislação brasileira estabelece limite máximo de 12,5% de umidade, independentemente da classificação do produto (Brasil, 2003).

Os teores de cinzas indicam a fração mineral do grão e podem variar conforme o conteúdo mineral do solo, a maturação e as condições ambientais locais. Já proteínas e açúcares apresentam relevância tecnológica por atuarem como precursores de reações de Maillard durante a torra, contribuindo para a formação de compostos associados ao aroma e à cor do café (Zainuri *et al.*, 2023; Mengesha *et al.*, 2024).

Os lipídios são componentes importantes na matriz cafeeira, pois influenciam o corpo da bebida, a retenção de compostos aromáticos e a estabilidade do grão. Em *Coffea arabica*, a literatura reporta ampla faixa de variação lipídica, sendo esse grupo de compostos também relacionado à proteção contra processos oxidativos durante o armazenamento (Echeverri-Giraldo *et al.*, 2024; Fabella-Garcia *et al.*, 2025).

Parâmetros como pH, acidez titulável e sólidos solúveis estão relacionados à composição de ácidos orgânicos, açúcares e demais compostos solúveis presentes nos grãos. Esses indicadores podem ser afetados por genótipo, origem geográfica, pós-colheita e torra, interferindo na qualidade sensorial da bebida e na percepção de acidez (Kim *et al.*, 2024; Echeverri-Giraldo *et al.*, 2024; Yeager *et al.*, 2023).

A condutividade elétrica pode ser utilizada como indicativo de integridade celular, uma vez que o extravasamento de eletrólitos está associado a alterações na permeabilidade das membranas. Em sementes e grãos, esse parâmetro auxilia na compreensão de danos estruturais e alterações fisiológicas, podendo contribuir para a avaliação da qualidade da matéria-prima (Pompelli *et al.*, 2023).

Os compostos fenólicos do café, especialmente os ácidos clorogênicos e derivados, são relevantes por sua contribuição para a atividade antioxidante e por participarem de transformações

durante o processamento térmico. Assim, a avaliação de fenólicos totais em grãos crus e torrados pode fornecer informações importantes sobre o impacto da torra sobre compostos bioativos (Mengesha *et al.*, 2024; Urugo *et al.*, 2024).

Torrefação dos grãos de café

As etapas de cultivo, colheita, processamento e armazenamento são fundamentais para a padronização e a qualidade do café. A torrefação desempenha um papel essencial, pois promove transformações químicas responsáveis pela formação dos sabores, aromas e pigmentos característicos da bebida. Nos grãos torrados, é possível identificar e quantificar diversos compostos voláteis. Essa etapa requer rigoroso controle de tempo e temperatura, uma vez que, embora contribua significativamente para as características sensoriais do produto, também pode favorecer a formação de compostos tóxicos indesejáveis. Esses compostos são gerados a partir de precursores naturalmente presentes no grão cru, como aminoácidos, açúcares e ácidos graxos (Costa *et al.*, 2023).

A torrefação do café pode ser dividida em três partes. Na primeira etapa, é feita a secagem dos grãos, na qual eles são submetidos a altas temperaturas (150°C) para que parte do conteúdo de água seja evaporada. A segunda etapa é conhecida como pirólise (temperatura por volta de 200°C), no qual ocorre a ruptura da estrutura do grão e começa a se formar a cor marrom que contribui para a identidade comercial do grão. A última etapa é a de resfriamento, em que ocorre a interrupção do aumento de temperatura para pausar a pirólise para evitar defeitos nos grãos (Furian *et al.*, 2022).

METODOLOGIA

A pesquisa caracteriza-se como quantitativa, de caráter experimental e laboratorial, uma vez que avaliou a composição centesimal e os parâmetros físico-químicos de amostras de café cru e café torrado por meio de determinações analíticas. O campo da pesquisa compreendeu a obtenção das amostras no município de Triunfo-PE e os objetos de estudo foram amostras de grãos de café da espécie *Coffea arabica*, variedade *Arabica typica*, analisadas separadamente quanto aos seus parâmetros físico-químicos e centesimais, sem delineamento experimental voltado à comparação direta entre os materiais.

As amostras de café utilizadas neste estudo foram obtidas no município de Triunfo-PE, no Sítio Gonçalves. Foram avaliadas amostras de café cru e café torrado. Os grãos de café cru foram mantidos sem tratamento térmico prévio, enquanto os grãos destinados à amostra torrada foram submetidos à torra em torrefador a 190 °C por 20 minutos. Após essa etapa, as amostras foram moídas separadamente em triturador elétrico e padronizadas por meio de peneiramento em peneiras de *Tyler*, com granulometria de 32 *mesh* (0,5 mm). Em seguida, foram acondicionadas em recipientes adequados, devidamente identificados, e mantidas em temperatura ambiente até a realização das

análises. Para melhor identificação visual das amostras empregadas no estudo, os grãos de café cru e de café torrado são apresentados nas Figuras 01 e 02, respectivamente.

Figura 01: Grãos de café cru.



Fonte: Própria (2026).

Figura 02: Grãos de café torrado.



Fonte: Própria (2026).

Para a realização das análises de pH, condutividade elétrica, sólidos solúveis totais, acidez total titulável, açúcares redutores e compostos fenólicos totais, foram preparados extratos aquosos das amostras previamente moídas e padronizadas. Para cada extrato, utilizaram-se 5 g de amostra em 50 mL de água destilada a 90-92 °C, mantendo-se o tempo de contato de 3 minutos. Após esse período, os extratos foram filtrados em papel filtro de 0,20 mm.

As análises de composição centesimal foram realizadas conforme metodologias descritas pelo Instituto Adolfo Lutz (2008). O teor de umidade foi determinado pelo método gravimétrico, por secagem em estufa a 105 °C, até que as amostras apresentassem peso constante. O teor de cinzas foi obtido por incineração em mufla a 550 °C, até a completa queima da matéria orgânica. A extração de lipídios foi realizada em sistema *Soxhlet*, utilizando hexano como solvente. O teor de proteínas foi determinado pelo método de *Kjeldahl*, após as etapas de digestão, destilação e titulação, aplicando-se o fator de conversão 6,25.

A atividade de água das amostras foi mensurada utilizando o analisador de atividade de água. O pH foi determinado diretamente em pHmetro digital (Marconi/PA-200, Piracicaba, Brasil), enquanto a condutividade elétrica foi obtida por leitura direta em condutivímetro (Avla Científica/AC-200, Uberaba, Brasil). A acidez total titulável foi determinada por titulação com solução padronizada de hidróxido de sódio (NaOH 0,1 M), utilizando fenolftaleína como indicador, conforme metodologia do Instituto Adolfo Lutz (2008). Os sólidos solúveis totais foram determinados em refratômetro digital (Megabrix/REDI-P-101, São Paulo, Brasil), previamente calibrado com água destilada, sendo os resultados expressos em °Brix.

Os açúcares redutores foram quantificados pelo método do ácido 3,5-dinitrossalicílico (DNS), conforme Miller (1959), com leitura em espectrofotômetro UV-VIS (Bel/Wuv-M51, São Paulo, Brasil) a 540 nm. A quantificação foi realizada com base em curva analítica de glicose, com coeficiente de determinação de $R^2 = 0,9932$. Os compostos fenólicos totais foram determinados pelo método de Folin-Ciocalteu, conforme Singleton e Rossi (1965), com leitura em espectrofotômetro a 765 nm.

Todas as análises foram realizadas em triplicata, e os resultados foram expressos como média $\pm$ desvio padrão. Os resultados das análises foram submetidos à análise de variância (ANOVA), sendo consideradas estatisticamente significativas as diferenças com $p < 0,05$, para comparação das médias pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância, utilizando o Software Rstudio.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 01 estão apresentados os resultados dos parâmetros físico-químicos e da composição centesimal dos grãos de café cru e torrado, a análise do grão torrado permite verificar as principais alterações associadas ao tratamento térmico.

Tabela 01: Resultados dos parâmetros físico-químicos e centesimais dos grãos de café cru e torrado.

Parâmetros	Grão de café cru	Grão de café torrado
Umidade (%)	7,340 $\pm$ 0,047 ^a	3,030 $\pm$ 0,154 ^b
Cinzas (%) *	4,997 $\pm$ 0,059 ^a	4,490 $\pm$ 0,479 ^a
Proteína bruta (%)	14,232 $\pm$ 0,623 ^a	14,335 $\pm$ 0,576 ^a
Lipídios totais (%)	11,696 $\pm$ 0,562 ^a	9,140 $\pm$ 0,545 ^b

Açúcares redutores (mg/mL)	3,508 ± 0,067 ^b	8,091 ± 0,076 ^a
Fenólicos totais (mg EAG/g)	124,200 ± 1,912 ^b	176,099 ± 2,151 ^a
Atividade de água (Aw)	0,468 ± 0,002 ^a	0,315 ± 0,003 ^b
Condutividade elétrica (mS/cm)	2,990 ± 0,015 ^b	3,540 ± 0,010 ^a
pH	6,487 ± 0,006 ^a	5,240 ± 0,000 ^b
Acidez total titulável (%)	1,505 ± 0,000 ^b	3,511 ± 0,434 ^a
Sólidos solúveis totais (°Brix)	3,600 ± 0,000 ^a	3,100 ± 0,000 ^b

Médias seguidas por letras iguais na mesma linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5%. Resultados são apresentados como média ± desvio padrão. * Base seca. EAG = equivalentes de ácido gálico.

Fonte: Própria (2026).

As amostras ao serem submetidas a ANOVA evidenciou diferenças significativas ($p < 0,05$) para umidade, pH, condutividade elétrica, atividade de água, sólidos solúveis totais, acidez total titulável, lipídios totais, açúcares redutores e fenólicos totais. Para cinzas e proteína bruta, não foram observadas diferenças estatisticamente significativas ($p > 0,05$).

Os resultados obtidos demonstraram que os grãos de café cru apresentaram umidade de $7,34 \pm 0,047\%$, valor considerado adequado para a conservação do produto, uma vez que se encontra abaixo do limite máximo de 12,5% estabelecido pela legislação brasileira para café beneficiado (Brasil, 2003). De acordo com essa normativa, os teores de umidade não devem exceder esse valor, independentemente da classificação do produto.

A Portaria SDA N°570, recomenda que o teor de umidade para cafés torrados seja de até 5,0% (Brasil, 2022). Assim, o valor obtido, $3,030 \pm 0,154\%$, nas análises mostra que a umidade se encontra no padrão técnico recomendado. Foi visto também que o processo de torra diminuiu a umidade presente no grão, que no grão cru era de $7,34 \pm 0,047\%$. A umidade é um ponto crítico no processamento do café, pois influencia na ação microbiana e enzimática (Silva, 2022).

O teor de cinzas obtido no presente estudo ($4,997 \pm 0,059\%$ b.s.) encontra-se dentro da faixa reportada por Zainuri *et al.* (2023) para grãos crus de *Coffea arabica* (4,51–5,52%). Os autores observaram diferenças significativas no teor de cinzas entre localidades distintas, atribuindo essa variação ao conteúdo mineral do solo de plantio, além da maturação dos grãos e de fatores ambientais locais que influenciam as características do solo. O teor de cinzas encontrado foi de $4,490 \pm 0,479\%$, valor dentro dos padrões indicados pela legislação e literatura (até 5%). Esse parâmetro é um indicativo que auxilia na identificação de possíveis fraudes no café (Silva, 2022).

O teor de proteína bruta obtido no grão cru ($14,232 \pm 0,623\%$) está dentro da faixa de 13–15 g/100 g reportada por Mengesha *et al.* (2024). Essa variação é atribuída a fatores como altitude e duração do período de maturação, que modulam o acúmulo de compostos bioquímicos nos grãos. Sob a ótica tecnológica, o teor proteico é relevante, uma vez que as proteínas atuam como precursores de aroma através da reação de Maillard, desnaturando-se e fragmentando-se durante a torra para formar

compostos voláteis (Mengesha *et al.*, 2024). Os teores de proteínas entre os grãos crus e torrados não apresentaram diferença estatística, mostrando que os valores protéicos permaneceram estáveis mesmo após a torra. As proteínas são importantes precursores da reação de Maillard e influenciam na formação da cor marrom, sabor e aroma do café (Lee, Choi e Lee, 2024).

Enquanto isso, o teor de lipídios totais ($11,696 \pm 0,562\%$) mostrou-se dentro da amplitude descrita na literatura para grãos crus de *C. arabica* na faixa de 10–17% (Echeverri-Giraldo *et al.*, 2023). Essa constituição é relevante, pois os lipídios atuam na formação de aromas e sabores, conferindo corpo à bebida, e armazenam vitaminas lipossolúveis como a vitamina E, que protegem contra processos oxidativos durante o armazenamento do grão cru (Echeverri-Giraldo *et al.*, 2023). Observou-se redução após o processo de torrefação, passando de 11,696% no café cru para 9,140% no café torrado. Esse comportamento pode estar associado às alterações físico-químicas promovidas pelo aquecimento, uma vez que os lipídios presentes nos grãos podem sofrer modificações estruturais durante a torra. No entanto, o impacto da torrefação sobre a composição lipídica do café ainda não é totalmente compreendido, sendo dependente de fatores como grau de torra, temperatura, tempo de processamento e características da matéria-prima (Wang *et al.*, 2025).

Os açúcares redutores ($3,508 \pm 0,067$ mg/mL) representam importante fração de precursores das reações de Maillard, que geram a maioria dos compostos associados ao aroma do café durante a torra (Mengesha *et al.*, 2024). Os açúcares redutores tiveram um aumento significativo no café torrado ($8,091 \pm 0,076$ mg/mL). Esse comportamento pode ser atribuído à degradação térmica de carboidratos mais complexos, resultando na concentração de açúcares mais simples e detectáveis. Os açúcares presentes são usados na reação de Maillard e caramelização, favorecendo a formação de compostos responsáveis por conferir cor e aroma ao café torrado (Tarigan *et al.*, 2022).

O teor de fenólicos totais de $124,200 \pm 1,912$ mg EAG/g confirma a expressiva capacidade antioxidante dos grãos crus analisados, uma vez que os polifenóis do café contribuem para a ingestão dietética de compostos bioativos e atuam como fonte eficaz de antioxidantes (Mengesha *et al.*, 2024). Os compostos fenólicos sofreram um aumento no processo de torra do café, de $124,200 \pm 1,912$ para $176,099 \pm 2,151$ mg EAG/g. O ácido clorogênico é um principal composto fenólico degradado na torra, mas a formação de outros compostos durante o aquecimento, como o ácido cafeico e ácido gálico, contribui para o aumento do teor final de fenólicos totais (Liao *et al.*, 2022).

A atividade de água ($0,468 \pm 0,002$) manteve-se abaixo do limiar de 0,60, valor amplamente adotado na literatura como seguro para impedir o desenvolvimento de fungos filamentosos em grãos de café cru. Essa condição assegura estabilidade microbiológica e viabiliza o armazenamento prolongado do produto, minimizando riscos de deterioração fúngica e formação de micotoxinas (Abreu *et al.*, 2025). A atividade de água sofreu redução após o processo de torra, passando de 0,468

$\pm 0,002$ no café cru para $0,315 \pm 0,003$ no café torrado. A perda de água está associada ao uso de alta temperatura, que resulta na diminuição da umidade e da água livre, contribuindo para o aumento da estabilidade do grão ao longo do armazenamento (Osorio; Pabón; Gómez, 2024).

A condutividade elétrica apresentou valor médio de $2,990 \pm 0,015 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$. Esse parâmetro foi utilizado como indicador da integridade celular dos grãos, fundamentado no princípio de que o extravasamento de eletrólitos reflete alterações na permeabilidade da membrana plasmática (Pompelli *et al.*, 2023). Os valores de condutividade elétrica obtidos evidenciaram aumento após a torra, $3,540 \pm 0,001 \text{ mS} \cdot \text{cm}^{-1}$. Esse aumento pode ser justificado pelas transformações físico-químicas ocorridas devido ao processo de torrefação que favorecem a liberação de íons. Durante a torra, ocorre alteração na microestrutura do grão que aumenta a porosidade e promove a expansão de espaços internos, responsáveis pelo aumento da condutividade elétrica (Al Shemmeri *et al.*, 2024).

O pH do café cru ($6,487 \pm 0,006$) está dentro da faixa reportada para extratos de grãos não torrados (6,3–6,5) (Kim *et al.*, 2024). Esse parâmetro está relacionado à composição de ácidos orgânicos presentes nos grãos, refletindo sua qualidade e sendo influenciado pelas condições de maturação (Urugo *et al.*, 2024). A acidez total titulável foi de $1,505 \pm 0,000\%$, valor associado à presença de ácidos orgânicos, como cítrico, málico e clorogênicos, influenciados pelo genótipo e pelo processamento pós-colheita (Yeager *et al.*, 2023). Após a torra, observou-se redução do pH e aumento da acidez total titulável, resultado atribuído à formação de compostos ácidos durante a decomposição térmica dos carboidratos (Silva, 2023).

Os sólidos solúveis totais dos grãos crus foram de $3,600 \pm 0,000$ °Brix, indicando teor moderado de carboidratos hidrossolúveis compatível com maturação adequada. Em café cru, esse parâmetro reflete principalmente sacarose e precursores de aroma influenciados por genótipo e pós-colheita (Echeverri-Giraldo *et al.*, 2024). Houve uma diminuição de 0,5 no café torrado, indicando perdas de alguns compostos solúveis durante a torra, de forma que demonstrou diferença estatística entre si. Os sólidos solúveis conferem ao café uma característica sensorial denominada “corpo” (Silva, 2023).

De modo geral, a caracterização dos grãos de café cru mostrou-se fundamental para a avaliação da qualidade da matéria-prima, permitindo uma análise integrada de parâmetros que refletem sua composição e estabilidade. Os resultados obtidos evidenciam que as propriedades dos grãos estão diretamente associadas a fatores como condições de cultivo, estágio de maturação e práticas de pós-colheita, os quais influenciam significativamente o desempenho durante o processamento e o potencial de qualidade da bebida final.

A variação desses parâmetros no grão torrado indica que a torrefação interfere diretamente na composição do extrato obtido a partir dos grãos, principalmente pela formação, degradação e

liberação de compostos durante o aquecimento. A redução do pH, acompanhada pelo aumento da acidez titulável, está relacionada à presença de compostos ácidos formados ou concentrados ao longo do processo térmico, enquanto a diminuição dos sólidos solúveis totais pode estar associada à transformação de frações solúveis durante a torra. Esses comportamentos, somados ao aumento da condutividade elétrica, dos açúcares redutores e dos compostos fenólicos totais, demonstram que os parâmetros físico-químicos avaliados respondem de maneira conjunta às modificações promovidas pelo tratamento térmico, sendo importantes para interpretar as mudanças ocorridas entre os grãos crus e torrados.

CONCLUSÕES

A caracterização físico-química e centesimal dos grãos de *Coffea arabica* (variedade *Arabica typica*) provenientes do município de Triunfo–PE demonstrou que as amostras de café cru e torrado apresentaram valores compatíveis com dados reportados na literatura e, quando aplicável, com os padrões estabelecidos pela legislação vigente. O processo de torrefação promoveu alterações significativas na composição dos grãos, com redução dos teores de umidade, atividade de água, lipídios totais, pH e sólidos solúveis totais, além do aumento da acidez total titulável, condutividade elétrica, açúcares redutores e compostos fenólicos totais. Os teores de cinzas e proteína bruta não apresentaram diferenças significativas após o tratamento térmico, indicando maior estabilidade desses constituintes durante a torrefação.

Os baixos valores de umidade e atividade de água observados, principalmente no café torrado, indicam condições favoráveis à estabilidade e conservação do produto. Além disso, o aumento dos compostos fenólicos totais após a torra demonstra a influência do processamento térmico na composição química dos grãos, indicando a presença de compostos bioativos relacionados ao potencial antioxidante do café. As alterações observadas nos parâmetros físico-químicos reforçam a importância da torrefação como etapa importante na modificação das características químicas e tecnológicas dos grãos.

Dessa forma, o estudo contribui para o conhecimento da composição de cafés produzidos em Triunfo–PE, fornecendo informações relevantes para o controle de qualidade, a valorização da produção regional e o desenvolvimento de pesquisas relacionadas ao processamento e às características químicas do café.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal do Agreste de Pernambuco (UFAPE), ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia

do Estado de Pernambuco (FACEPE), pelo apoio institucional e incentivo à pesquisa. À produtora de cafés do município de Triunfo-PE, Sra. Vanda, pela disponibilidade e contribuição com a doação das amostras utilizadas neste estudo.

REFERÊNCIAS

ABREU, D. J. M.; LORENÇO, M. S.; MACHADO, G. G. L.; SILVA, J. M.; AZEVEDO, E. C.; CARVALHO, E. E. N. Influence of drying methods on the post-harvest quality of coffee: effects on physicochemical, sensory, and microbiological composition. **Foods**, v. 14, n. 9, art. 1463, 2025. DOI: 10.3390/foods14091463.

AL-SHEMMERI, M.; FRYER, P.; FARR, R.; LOPEZ-QUIROGA, E. Development of coffee bean porosity and thermophysical properties during roasting. **Journal of Food Engineering**, v. 378, art. 112096, 2024. DOI: 10.1016/j.jfoodeng.2024.112096.

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, p. 4-8, 2003.

BRASIL. MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. Instrução Normativa nº 570, de 9 de maio de 2022. Estabelece o padrão oficial de classificação do café torrado. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, p. 16, 2022.

COSTA, D. S.; ALBUQUERQUE, T. G.; COSTA, H. S.; BRAGOTTO, A. P. A. Thermal contaminants in coffee induced by roasting: a review. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 20, n. 8, art. 5586, 2023. DOI: 10.3390/ijerph20085586.

ECHEVERRI-GIRALDO, L. F.; OSORIO PÉREZ, V.; TABARES ARBOLEDA, C.; VARGAS GUTIÉRREZ, L. J.; IMBACHI QUINCHUA, L. C. Content of acidic compounds in the bean of *Coffea arabica* L., produced in the Department of Cesar (Colombia), and its relationship with the sensorial attribute of acidity. **Separations**, v. 11, n. 2, art. 52, 2024. DOI: 10.3390/separations11020052.

ESHETU, E. F.; TOLASSA, K.; MOHAMMED, A.; BERECHA, G.; GAREDEW, W. Effect of processing and drying methods on biochemical composition of coffee (*Coffea arabica* L.) varieties in Jimma Zone, Southwestern Ethiopia. **Cogent Food & Agriculture**, v. 8, n. 1, art. 2121203, 2022. DOI: 10.1080/23311932.2022.2121203.

FABELLA-GARCIA, J. M. A.; KRETZSCHMAR, T.; PATEL, P.; LIU, L. From green bean to brewed coffee: a lipidomic perspective on coffee lipid composition. **Food Chemistry**, v. 496, parte 1, art. 146606, 2025. DOI: 10.1016/j.foodchem.2025.146606.

FURLAN, M. G.; TOGNOCCHI, V. C.; OLIVEIRA, W. S.; REIS, M. G.; GARCIA, A. O. Grau de torra e densidade de cafés com diferentes pontos de torra. In: CONGRESSO INTERINSTITUCIONAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 16., 2022, on-line. **Anais do 16º Congresso Interinstitucional de Iniciação Científica**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2022. ISBN 978-65-88414-07-1.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Métodos físico-químicos para análise de alimentos. 4. ed. São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 2008.

KIM, Y. K.; LIM, J.-M.; KIM, Y. J.; KIM, W. Alterations in pH of coffee bean extract and properties of chlorogenic acid based on the roasting degree. **Foods**, v. 13, n. 11, art. 1757, 2024. DOI: 10.3390/foods13111757.

MENGESHA, D.; RETTA, N.; WOLDEMARIAM, H. W.; GETACHEW, P. Changes in biochemical composition of Ethiopian Coffee arabica with growing region and traditional roasting. **Frontiers in Nutrition**, v. 11, art. 1390515, 2024. DOI: 10.3389/fnut.2024.1390515.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylic acid reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v. 31, n. 3, p. 426-428, 1959. DOI: 10.1021/ac60147a030.

POMPELLI, M. F.; JARMA-OROZCO, A.; RODRIGUEZ-PÁEZ, L. A. Imbibition and germination of seeds with economic and ecological interest: physical and biochemical factors involved. **Sustainability**, v. 15, n. 6, art. 5394, 2023. DOI: 10.3390/su15065394.

SARMENTO, A. B. I.; PAIVA, L. C.; MARTINS, J. P.; CAMPOS, K. A.; SILVA NETO, O. G.; SANTOS, D. A. dos. Quality of *Coffea arabica* L. beans that emit fluorescence when subjected to ultraviolet light. **Research, Society and Development**, v. 12, n. 8, p. e11312842930, 2023. DOI: 10.33448/rsd-v12i8.42930.

SEMEDO, J. N.; RODRIGUES, W. P.; DUBBERSTEIN, D.; MARTINS, M. Q.; MARTINS, L. D.; PAIS, I. P.; RODRIGUES, A. P.; LEITÃO, A. E.; PARTELLI, F. L.; CAMPOSTRINI, E.; TOMAZ, M. A.; REBOREDO, F. H.; SCOTTI-CAMPOS, P.; RIBEIRO-BARROS, A. I.; LIDON, F. C.; DAMATTA, F. M.; RAMALHO, J. C. Coffee responses to drought, warming and high CO₂ in a context of future climate change scenarios. In: **Climate Change Management**. Germany: Springer, 2018. p. 465-477. DOI: 10.1007/978-3-319-72874-2_26.

SILVA, C. S.; COELHO, A. P. F.; LISBOA, C. F.; VIEIRA, G.; TELES, M. C. A. Post-harvest of coffee: factors that influence the final quality of the beverage. **Revista Engenharia na Agricultura - REVENG**, v. 30, p. 49-62, 2022. DOI: 10.13083/reveng.v30i1.12639.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, p. 144-158, 1965.

URUGO, M. M.; TOLA, Y. B.; KEBEDE, B. T.; OGAH, O.; MATTINSON, D. S. Associations of Arabica coffee cup quality with green bean geographic origin, physicochemical properties, biochemical composition, and volatile aroma compounds. **Journal of Agriculture and Food Research**, v. 18, art. 101549, 2024. DOI: 10.1016/j.jafr.2024.101549.

YEAGER, S. E.; BATALI, M. E.; GUINARD, J.-X.; RISTENPART, W. D. Acids in coffee: a review of sensory measurements and meta-analysis of chemical composition. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 63, n. 8, p. 1010-1036, 2023. DOI: 10.1080/10408398.2021.1957767.

ZAINURI; PARAMARTHA, D. N. A.; FATINAH, A.; NOFRIDA, R.; RAHAYU, N.; ANGGRAINI, I. M. D.; UTAMA, Q. D. The chemical characteristics of Arabica and Robusta green

coffee beans from Geopark Rinjani, Indonesia. **Biotropia**, v. 30, n. 3, p. 318-328, 2023. DOI: 10.11598/btb.2023.30.3.1940.

SILVA, F. N. Avaliação sensorial e físico-química de cafés arábica de torra média. 2023. Trabalho de Conclusão de Curso (Tecnologia em Alimentos) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campo Mourão, 2023.

SILVA, G. H. D. S.; DONATO, M. V. L. C.; SANTOS, W. W. V.; BARBOSA, P. T.; SILVA, S. P. da. Análise de variância na caracterização físico-química de grãos de café orgânico tipo arábica processados por via seca e via úmida. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DAS CIÊNCIAS AGRÁRIAS, 2., 2022, Recife. **Anais do II Congresso Internacional das Ciências Agrárias: tendências e estratégias para a agroindústria do futuro**. Recife: Instituto Internacional Despertando Vocações, 2022. DOI: 10.31692/IICIAGRO.0226.

LEE, S.; CHOI, E.; LEE, K.-G. Kinetic modelling of Maillard reaction products and protein content during roasting of coffee beans. **LWT**, v. 211, art. 116950, 2024. DOI: 10.1016/j.lwt.2024.116950.

WANG, X.; QUAN, C.; LIU, X.; WANG, Y.; BAI, X.; LI, Y.; LIU, X. Quantitative lipidomics reveals the effects of roasting degree on Arabica coffee beans lipid profiles. **Food Control**, v. 169, art. 111015, 2025. DOI: 10.1016/j.foodcont.2024.111015.

LIAO, Y.-C.; KIM, T.; SILVA, J. L.; HU, W.-Y.; CHEN, B.-Y. Effects of roasting degrees on phenolic compounds and antioxidant activity in coffee beans from different geographic origins. **LWT**, v. 168, art. 113965, 2022. DOI: 10.1016/j.lwt.2022.113965.

OSORIO PÉREZ, V.; PABÓN USAQUÉN, J.; GÓMEZ, C. R. Efecto del porcentaje de humedad del café en la actividad de agua. **Revista Cenicafé**, v. 75, n. 1, art. e75104, 2024. DOI: 10.38141/10778/75104.

TARIGAN, E. B.; WARDIANA, E.; HILMI, Y. S.; KOMARUDIN, N. A. The changes in chemical properties of coffee during roasting: a review. **IOP Conference Series: Earth and Environmental Science**, v. 974, n. 1, art. 012115, 2022. DOI: 10.1088/1755-1315/974/1/012115.