

Influência do grau de torra e do método de preparo na composição química e no potencial funcional do café: uma revisão integrativa

Influence of roasting degree and brewing method on the chemical composition and functional potential of coffee: an integrative review

Influencia del grado de tueste y del método de preparación en la composición química y el potencial funcional del café: una revisión integradora

DOI: 10.54901/educa.v9-299

Júlia Chaves Martins¹
Dra. Danielle Oliveira Borges²

RESUMO: O café é uma das bebidas mais consumidas no mundo e constitui importante fonte dietética de compostos bioativos, incluindo cafeína, ácidos clorogênicos, melanoidinas e diterpenos. A composição química da bebida é influenciada por diversos fatores, especialmente a espécie do grão, o grau de torra e o método de preparo, que podem modificar tanto o teor de compostos benéficos quanto a formação de substâncias potencialmente prejudiciais. O presente estudo teve como objetivo analisar, por meio de revisão integrativa da literatura, a influência dessas variáveis sobre a composição química do café e suas possíveis implicações para a saúde. Foram selecionados e analisados artigos científicos que avaliaram parâmetros físico-químicos, atividade antioxidante, compostos bioativos e contaminantes de processo, como acrilamida e furano, em diferentes condições de torra e preparo. Foram analisados 10 estudos que abordaram a influência do grau de torra e do método de preparo sobre a composição química do café. Os resultados indicam que a torra promove transformações significativas na matriz química do café, reduzindo compostos fenólicos e acrilamida, mas favorecendo a formação de melanoidinas e, em alguns casos, de furano. O método de preparo demonstrou exercer influência decisiva sobre a concentração final de compostos na bebida, especialmente na extração de antioxidantes, cafeína e diterpenos, sendo que métodos filtrados apresentaram menores teores de cafestol e kahweol. Conclui-se que a composição química do café resulta da interação entre fatores agrícolas, tecnológicos e domésticos, devendo a avaliação de seus efeitos considerar o equilíbrio entre qualidade sensorial, propriedades funcionais e segurança química.

Palavras-chave: Café; Torra; Métodos de Preparo; Compostos Bioativos; Acrilamida; Furano.

1 INTRODUÇÃO

O café é uma das bebidas mais consumidas mundialmente, apresentando elevada relevância econômica, social e cultural. Além de seu papel como estimulante amplamente difundido, o café tem despertado crescente interesse científico devido à sua complexa

¹ Graduanda em Nutrição, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Minas Gerais, Brasil.

E-mail: julia.chaves@ufu.br

² Doutora em Engenharia Química, Faculdade Católica Paulista, Marília, São Paulo, Brasil.

E-mail: danielle.borges@uca.edu.br

composição química e aos potenciais efeitos à saúde associados ao seu consumo moderado. Estudos indicam que essa bebida contém uma ampla variedade de compostos bioativos capazes de exercer efeitos antioxidantes, anti-inflamatórios e metabólicos, ao mesmo tempo em que pode apresentar substâncias potencialmente prejudiciais, formadas principalmente durante o processamento térmico dos grãos. (Michał Miłek; Młodecki; Dżugan, 2021; Santanatoglia *et al.*, 2023)

O café é obtido a partir de sementes de plantas do gênero *Coffea*, sendo as espécies *Coffea arabica* e *Coffea canephora* (robusta) as mais comercializadas. A composição química do grão varia de acordo com a espécie, influenciando diretamente o teor de cafeína, polifenóis, ácidos clorogênicos e diterpenos presentes na bebida final. Em geral, cafés da espécie *C. canephora* apresentam maiores concentrações de cafeína, enquanto cafés *C. arabica* são frequentemente associados a maior complexidade sensorial e maior potencial antioxidante, características que podem impactar tanto a aceitação do consumidor quanto os efeitos fisiológicos do consumo (Michał Miłek; Młodecki; Dżugan, 2021).

Durante o processo de torrefação, os grãos de café passam por intensas transformações químicas, decorrentes principalmente das reações e da degradação térmica de carboidratos, aminoácidos e compostos fenólicos. Essas reações são responsáveis pela formação de compostos responsáveis pelo aroma, sabor e cor característicos do café, bem como pela modulação do conteúdo de substâncias bioativas. Contudo, o mesmo processo pode levar à formação de compostos potencialmente nocivos, como a acrilamida e os furanos, cuja presença está relacionada à temperatura, ao tempo de torra e ao grau de escurecimento dos grãos (Pavesi Ariseto *et al.*, 2011; Santanatoglia *et al.*, 2023)

A acrilamida é classificada como provavelmente carcinogênica para humanos, formada a partir da reação de Maillard durante a torra do café, realizada em temperaturas entre 220 °C e 250 °C (corresponde ao estágio inicial/médio da torra onde a acrilamida atinge seu pico, e que nas torras mais escuras onde as temperaturas são mais altas e tempos maiores, ela se degrada), e tende a diminuir a concentração nos grãos de café Robusta e Arábica ao serem torrados mais escuros, isso se deve ao fato de que a acrilamida é formada no início da etapa de torra, diminuindo acentuadamente no final do ciclo devido às maiores taxas de eliminação (por perdas físicas e químicas) em comparação com formação (Summa *et al.*, 2007).

Durante a torra em altas temperaturas, especialmente em torras escuras, ocorre a degradação de compostos antioxidantes, como os ácidos clorogênicos. Assim, os ácidos clorogênicos degradados formam substâncias como quinidas responsáveis pelo sabor amargo característico do café fino e o oligômeros do catecol, que deixam um sabor amargo, adstringente

e duradouro característico do café de torra muito escura. Evidenciando assim um equilíbrio complexo entre a preservação de compostos benéficos e a redução de substâncias indesejáveis. Dessa forma, o grau de torra representa um fator determinante na composição química do café e em seu potencial impacto à saúde. (Alves *et al.*, 2011; Santanatoglia *et al.*, 2023)

Além da espécie e da torra, o método de preparo da bebida exerce influência significativa sobre a extração dos compostos presentes no café. Parâmetros como tempo de contato entre a água e o pó, temperatura, granulometria, proporção café/água e tipo de filtro afetam diretamente a concentração de cafeína, antioxidantes, diterpenos e compostos indesejáveis na bebida final. Métodos filtrados tendem a resultar em menores concentrações de diterpenos, enquanto métodos não filtrados, como prensa francesa, moka e café fervido, podem apresentar maiores teores dessas substâncias, associadas ao aumento do colesterol sérico. (Orrje *et al.*, 2025).

Estudos recentes demonstram que métodos de preparo filtrados podem proporcionar bebidas com maior atividade antioxidante e teores moderados de cafeína, enquanto variações no material do filtro e no sistema de extração também influenciam o perfil físico-químico e antioxidante do café (Michał Miłek; Młodecki; Dżugan, 2021; Wagner Vilela Santos *et al.*, 2024) . Esses achados reforçam a importância de considerar o método de preparo como um fator determinante na avaliação dos efeitos do consumo de café.

Diante da ampla diversidade de espécies de café, processos de torrefação e métodos de preparo, observa-se que o impacto do consumo dessa bebida sobre a saúde humana não pode ser avaliado de forma homogênea. Evidências da literatura indicam que o perfil químico do café se altera substancialmente desde o grão verde até a bebida pronta, variando conforme a espécie (*C. arabica* e *C. canephora*), o grau de torra e as condições de extração. Durante a torrefação, por exemplo, ocorre transformação e isomerização de ácidos clorogênicos, com formação de lactonas e outros derivados que contribuem para mudanças sensoriais e funcionais da bebida (Farah *et al.*, 2005). Em síntese, o café constitui uma matriz complexa, na qual a combinação entre matéria-prima e processamento determina a concentração final de compostos com potencial relevância para a saúde.

Além disso, o método de preparo pode modificar de maneira marcante a presença de compostos específicos na bebida, especialmente os diterpenos lipossolúveis cafestol e kahweol, conhecidos por estarem associados ao aumento de colesterol sérico quando consumidos em preparações sem filtração adequada. Estudos mostram que esses diterpenos são extraídos pela água quente, porém tendem a ser retidos por filtro de papel, o que explica por que cafés filtrados usualmente apresentam menor impacto sobre o perfil lipídico em comparação a métodos como

café “boiled”, prensa francesa e preparações similares (Urgert; Katan, 1997). Paralelamente, o processamento térmico também está relacionado à formação de compostos potencialmente indesejáveis, como a acrilamida, identificada em diversos alimentos aquecidos e associada ao aquecimento intenso de matérias-primas ricas em precursores da reação de Maillard (Tareke *et al.*, 2002), sendo o café uma das matrizes em que esse composto pode ser detectado e monitorado em função das condições de torra (Granby; Fagt, 2004).

Apesar do amplo consumo de café, ainda há lacunas quanto à compreensão integrada dos efeitos da torra e do preparo sobre compostos bioativos e contaminantes. Nesse contexto, torna-se necessário sistematizar as evidências científicas disponíveis a fim de compreender de que maneira a espécie do café, o grau de torrefação e os diferentes métodos de preparo influenciam o perfil de compostos bioativos e potencialmente tóxicos do café. Assim, o presente estudo tem como objetivo realizar uma revisão integrativa da literatura, buscando responder à seguinte questão norteadora: como a espécie do café, o grau de torra e o método de preparo interferem na composição química do café e em seus possíveis efeitos à saúde humana?

2 METODOLOGIA

2.1 Tipo de Estudo

O presente estudo caracteriza-se como uma revisão integrativa da literatura, conduzida com o objetivo de identificar, analisar e sintetizar evidências científicas acerca da composição química do café, com ênfase nos compostos benéficos e potencialmente nocivos, considerando a influência da espécie, do grau de torra e dos métodos de preparo.

2.2 Estratégia de Busca

A busca bibliográfica foi realizada nas bases de dados eletrônicas PubMed, SciELO e Google Scholar, selecionadas por sua relevância e abrangência nas áreas de Nutrição, Ciência e Tecnologia de Alimentos e Química de Alimentos. A inclusão do Google Scholar teve como objetivo ampliar a recuperação de estudos, contemplando publicações não indexadas em bases tradicionais, bem como literatura recente e de difícil rastreamento.

Foram utilizados descritores em português e inglês, combinados por meio dos operadores booleanos AND e OR, incluindo: “coffee” OR “café”, “chemical composition” OR “composição química”, “bioactive compounds” OR “compostos bioativos”, “acrylamide” OR

“acrilamida”, “antioxidant activity” OR “atividade antioxidante”, “brewing methods” OR “métodos de preparo” e “roasting” OR “torra”.

As buscas foram realizadas por meio de diferentes combinações entre os descritores, de modo a abranger estudos relacionados à composição química do café, aos compostos bioativos e potencialmente nocivos, bem como aos efeitos dos processos de torra e preparo.

2.3 Critérios de Inclusão

Foram incluídos na revisão estudos que atenderam aos seguintes critérios: artigos científicos originais publicados em periódicos revisados por pares, disponíveis na íntegra, nos idiomas português e inglês, publicados nos últimos 20 anos (2005–2025), e que abordassem a composição química do café, a presença de compostos bioativos e/ou contaminantes, bem como a influência da espécie, do grau de torra e dos métodos de preparo sobre a composição da bebida.

2.3.1 Critérios de Exclusão

Foram excluídos estudos duplicados entre as bases de dados, trabalhos que não apresentavam relação direta com o tema proposto, artigos que abordavam exclusivamente aspectos sensoriais sem análise química associada, estudos que não informavam o método de preparo e publicações com dados incompletos ou indisponíveis para análise.

2.4 Processo de Seleção dos Estudos

A seleção dos estudos foi realizada em etapas. Inicialmente, procedeu-se à leitura dos títulos e resumos para identificação dos artigos potencialmente relevantes. Em seguida, os estudos selecionados foram submetidos à leitura do texto completo, a fim de verificar o atendimento aos critérios de inclusão e exclusão estabelecidos.

Ao final do processo de triagem, 16 artigos científicos publicados em periódicos revisados por pares foram selecionados para compor a base bibliográfica desta revisão. Desses, 10 estudos atenderam integralmente aos critérios de inclusão — abordando diretamente a influência do grau de torra e/ou do método de preparo sobre a composição química do café — e foram incluídos na análise e discussão, conforme apresentado no Quadro 1. Os demais 6 artigos foram utilizados para fundamentação e contextualização teórica. Adicionalmente, 2

publicações em outros formatos (capítulo de livro e anais de congresso) foram empregadas pontualmente para embasamento conceitual.

2.5 Extração e Análise dos Dados

A extração dos dados foi realizada de forma sistematizada, por meio de uma planilha previamente estruturada, garantindo padronização das informações. Os dados foram organizados de acordo com os seguintes eixos temáticos: espécie do café, grau de torra, métodos de preparo, compostos bioativos (como cafeína, ácidos clorogênicos e compostos fenólicos) e compostos potencialmente nocivos (como acrilamida, furanos e diterpenos).

A análise dos dados foi conduzida de forma qualitativa, com abordagem descritiva e comparativa, visando identificar convergências, divergências e padrões entre os estudos selecionados.

2.6 Síntese dos Resultados

Os resultados foram sintetizados de forma qualitativa, por meio da comparação crítica entre os estudos incluídos, permitindo a discussão integrada dos efeitos da espécie, do grau de torra e dos métodos de preparo sobre a composição química do café. Essa abordagem possibilitou a identificação de tendências e lacunas na literatura.

Como limitação, destaca-se a ausência de avaliação formal da qualidade metodológica dos estudos incluídos, bem como a possibilidade de viés de seleção associado às bases de dados utilizadas.

3 DESENVOLVIMENTO

3.1 Influência do Grau de Torra na Composição Química do Café

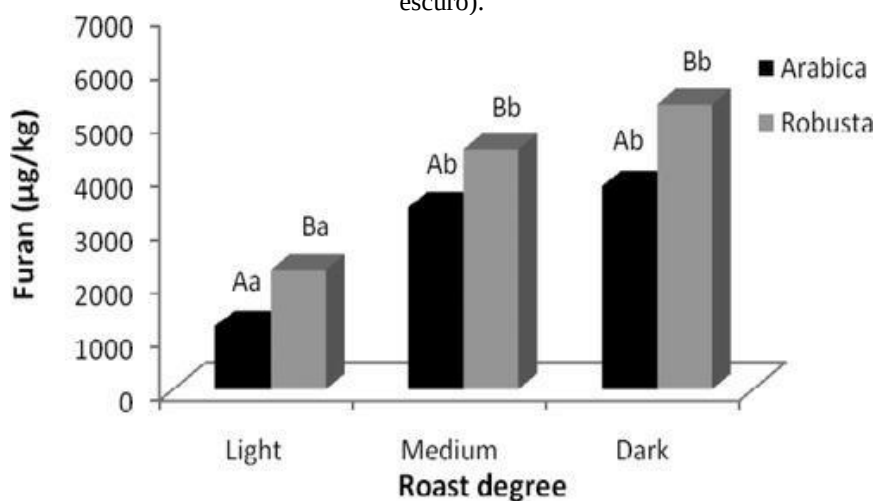
O café apresenta composição química complexa, composta por fenólicos, alcaloides, lipídios, carboidratos e diversos produtos formados durante o processamento térmico. Dentre os fatores tecnológicos, o grau de torra destaca-se como um dos principais determinantes das modificações químicas do grão, influenciando diretamente as propriedades sensoriais e funcionais da bebida.

O aumento da intensidade da torra está associado à degradação de compostos fenólicos, especialmente os ácidos clorogênicos, em decorrência de reações térmicas, ao mesmo tempo em que promove a formação de compostos derivados da reação de Maillard, como melanoidinas (Summa *et al.*, 2007; Farah *et al.*, 2005). Esses compostos desempenham papel importante na coloração, no aroma e na atividade antioxidante do café.

Durante o processo de torração, também ocorre a formação de contaminantes térmicos. A acrilamida é formada predominantemente pela reação entre asparagina e açúcares redutores em estágios iniciais da torra, apresentando concentrações mais elevadas em torras claras e redução progressiva em torras mais intensas devido à sua degradação térmica. Em contrapartida, o furano é gerado a partir da degradação térmica de carboidratos, ácido ascórbico e ácidos graxos poli-insaturados, sendo favorecido por condições térmicas mais intensas (Mottram *et al.*, 2002).

Durante o processo de torração, ocorrem diversas reações químicas responsáveis pela formação e degradação de compostos, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1. Níveis médios de furano no café torrado de acordo com a espécie e o grau de torração (claro, médio e escuro).



Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística entre espécies dentro do mesmo grau de torra.

Fonte: Pavesi Ariseto *et al.*, 2011.

O aumento do grau de torra está diretamente associado à elevação dos níveis de furano, sendo esse efeito mais pronunciado em *C. canephora*. Assim, o controle das condições térmicas de torração constitui etapa crítica para mitigação desse contaminante. De acordo com Ariseto *et al.* (2011), o furano é formado predominantemente durante o aquecimento do grão, com concentrações crescentes à medida que a intensidade térmica aumenta. Os autores ressaltam

ainda que diferenças na composição química entre as espécies contribuem para variações na formação do composto.

Além das alterações químicas, a torra promove modificações no perfil sensorial do café. Torras mais claras preservam maior quantidade de compostos fenólicos nativos, enquanto torras médias e escuras favorecem a formação de lactonas e fenóis simples, associados ao aumento da percepção de amargor (Summa *et al.*, 2007).

Apesar da redução dos compostos fenólicos originais, a atividade antioxidante total do café não apresenta diminuição proporcional, indicando que os produtos formados durante a torra, especialmente as melanoidinas, contribuem significativamente para o potencial antioxidante da bebida (Summa *et al.*, 2007; Farah *et al.*, 2005). Dessa forma, o grau de torra configura-se como um fator determinante no equilíbrio entre compostos bioativos e produtos de reação.

3.2 Efeito do Método de Preparo na Composição Química

O método de preparo exerce influência direta sobre a composição química da bebida, uma vez que determina a eficiência de extração dos compostos presentes no pó de café. Parâmetros como tempo de contato, temperatura, pressão, granulometria e tipo de filtração são determinantes na transferência de compostos bioativos e substâncias potencialmente indesejáveis para a bebida final (Santanatoglia *et al.*, 2023; Ting *et al.*, 2024).

Métodos com maior tempo de infusão, como a prensa francesa, tendem a promover maior extração global de compostos, incluindo cafeína, compostos fenólicos e frações lipídicas. Em contrapartida, métodos filtrados reduzem significativamente a presença de diterpenos lipossolúveis, como cafestol e kahweol, devido à retenção dessas substâncias no material filtrante (Urgert; Katan, 1997). As variações nas concentrações desses compostos entre diferentes métodos de preparo estão apresentadas na Tabela 1.

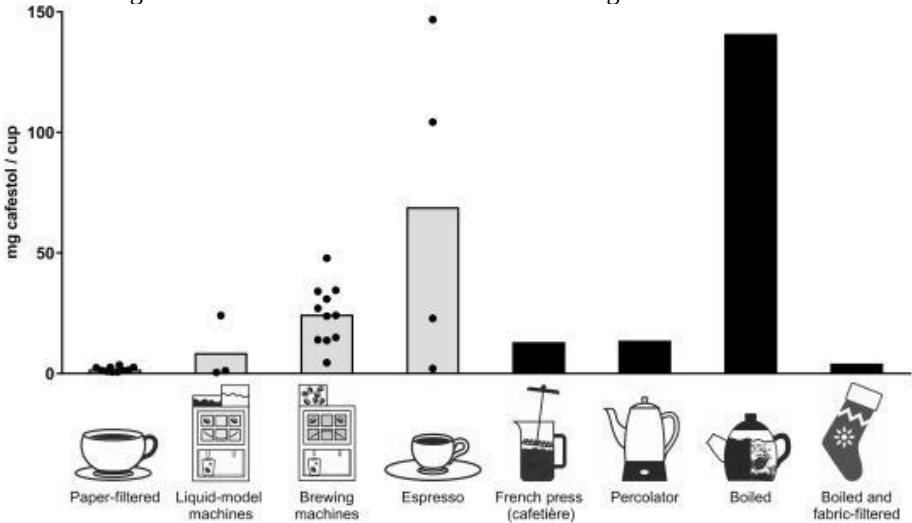
Tabela 1. Concentrações de diterpenos cafestol e kahweol em diferentes cafés (mg/L).

Tipo de café	Mediana de cafestol (amplitude)	Mediana de kahweol (amplitude)
Máquinas de infusão (n = 11)	175.7 (24.4–444.0)	141.8 (17.8–434.2)
Máquinas de modelo líquido (n = 3)	8.3 (2.4–343.4)	6.7 (1.8–288.2)
Todas as máquinas de café (n = 14) ^a	174.0 (2.4–444.0)	135.4 (1.8–434.2)
Gotejamento filtrado em papel (n = 5) ^b	11.5 (4.2–23.8)	8.2 (2.8–19.0)
Gotejamento filtrado em papel, filtros normais (n = 5)	6.1 (4.2–23.8)	4.5 (2.8–19.0)
Gotejamento filtrado em papel, filtros perfurados (aroma) (n = 5)	15.8 (8.2–17.0)	11.8 (5.5–12.9)
Espresso (n = 4)	1059.3 (35.6–2446.7)	620.8 (23.9–1964.9)
	Média de análises em duplicata	Média de análises em duplicata
Prensa francesa (cafetière)	86.8	68.7
Percolador	91.2	69.2
Café fervido	939.2	677.9
Café fervido filtrado através do tecido	28.0	21.2

Fonte: (Orrje *et al.*, 2025)

Métodos não filtrados apresentam maiores concentrações de diterpenos, como cafestol e kahweol, em comparação aos métodos filtrados (Urgert; Katan, 1997). As variações no conteúdo de cafestol entre diferentes tipos de preparo são ilustradas na Figura 2.

Figura 2. Conteúdo de cafestol de cafés investigados.



Fonte: Orrje *et al.*, 2025.

Observa-se que métodos não filtrados ou com menor retenção física, como café fervido, espresso e preparações por máquinas, apresentam maiores concentrações de cafestol por xícara, enquanto métodos filtrados em papel exibem valores significativamente menores. Assim, Orrje *et al.* (2025) demonstram que a etapa de filtração constitui o principal fator determinante para a retenção de diterpenos, uma vez que filtros de papel atuam como barreira física eficaz para compostos lipofílicos, reduzindo a transferência de cafestol para a bebida. Esses resultados

reforçam que o método de preparo pode exercer impacto mais direto sobre a ingestão desses compostos do que o próprio grau de torra.

Adicionalmente, os autores destacam elevada variabilidade intraequipamento, com diferenças expressivas entre coletas realizadas na mesma máquina em momentos distintos, possivelmente relacionadas ao estado de limpeza dos filtros metálicos, à porosidade do material e à deposição de resíduos ao longo do uso. Esses achados reforçam que, além da categoria do método de preparo, as condições operacionais do sistema de extração também devem ser consideradas como determinantes do perfil químico final da bebida.

Dessa forma, os resultados indicam que estratégias de redução da exposição a diterpenos devem priorizar métodos de preparo que utilizem filtração efetiva, especialmente filtros de papel, os quais demonstram elevada eficiência na retenção de cafestol e kahweol. Tais evidências sustentam recomendações nutricionais recentes que privilegiam o consumo de café filtrado como alternativa mais segura sob a perspectiva do risco cardiovascular, particularmente em populações com consumo habitual elevado (Orrje *et al.*, 2025).

Além das variáveis tradicionais do preparo, estudos recentes indicam que até mesmo o material do porta-filtro pode influenciar o perfil químico final da bebida. Na Tabela 2 de Santos *et al.* (2024), avalia filtros do tipo Koar® confeccionados em acrílico, cerâmica, inox e porcelana, observando diferenças significativas na extração de compostos fenólicos, açúcares redutores, cafeína e na atividade antioxidante.

Tabela 2. Parâmetros físico-químicos de bebidas de café preparadas utilizando porta-filtros Koar®

Parâmetros	Acrílico	Aço inoxidável	Cerâmica	Porcelana
AT (mL de NaOH)	0,70 ± 0,14 ^d	1,15 ± 0,01 ^b	1,02 ± 0,11 ^c	1,41 ± 0,01 ^a
pH	4,98 ± 0,04 ^a	4,99 ± 0,02 ^a	4,98 ± 0,02 ^a	4,97 ± 0,02 ^a
CE (µS/cm)	2,74 ± 0,01 ^b	2,86 ± 0,26 ^a	2,55 ± 0,01 ^c	2,86 ± 0,04 ^a
TDS (°Brix)	1,66 ± 0,03 ^a	1,56 ± 0,00 ^b	1,66 ± 0,03 ^a	1,60 ± 0,00 ^{ab}
RE (%)	21,81 ± 0,71 ^a	20,45 ± 0,21 ^b	21,76 ± 0,50 ^a	20,99 ± 0,07 ^{ab}
EA (%)	14,31 ± 0,21 ^a	13,76 ± 0,39 ^c	13,96 ± 0,13 ^{ab}	13,83 ± 0,28 ^b
AR (%)	0,90 ± 0,00 ^a	0,55 ± 0,00 ^c	0,56 ± 0,03 ^b	0,51 ± 0,07 ^d
CAF (%)	0,70 ± 0,18 ^c	0,95 ± 0,02 ^a	0,53 ± 0,06 ^d	0,83 ± 0,02 ^b

Nota do autor: Médias seguidas por letras diferentes na mesma linha diferem estatisticamente entre si ($p < 0,05$).

AT = Acidez Total Titulável; CE = Condutividade Elétrica; EA = Extrato Aquoso; TDS = Sólidos Totais Dissolvidos; RE = Rendimento de Extração; AR = Açúcares Redutores; CAF = Cafeína.

Fonte: Wagner Vilela Santos *et al.*, 2024.

Esses resultados sugerem que propriedades como condutividade térmica, molhabilidade da superfície e dinâmica de fluxo podem afetar a transferência de massa durante a percolação, alterando seletivamente a extração de diferentes frações químicas. De modo geral, materiais como acrílico e cerâmica favoreceram maiores rendimentos de extração e teores de sólidos dissolvidos, enquanto aço inoxidável e porcelana apresentaram maior teor de cafeína e maior

acidez titulável, indicando que propriedades físico-químicas do material podem direcionar seletivamente a extração de compostos específicos. Esses dados complementam os achados discutidos anteriormente, nos quais se verificou que métodos filtrados e não filtrados apresentam diferenças importantes na concentração de compostos bioativos, como diterpenos e substâncias antioxidantes. Dessa forma, percebe-se que a composição do café não depende apenas da matéria-prima ou do grau de torra, mas também das condições de preparo e dos materiais envolvidos no processo, aspectos que podem impactar tanto as propriedades sensoriais quanto os possíveis efeitos à saúde do consumidor (Santos *et al.*, 2024).

A resposta de cada composto às condições de preparo varia conforme suas características físico-químicas. A cafeína, por apresentar elevada estabilidade térmica, é pouco afetada pela torra, sendo sua concentração na bebida majoritariamente determinada pela eficiência de extração. Olechno *et al.* (2021) destacam que métodos sob pressão, como o espresso, tendem a apresentar maiores concentrações por volume, enquanto preparos com elevada proporção de café por volume de água resultam em maior ingestão por porção, mesmo quando a concentração volumétrica é inferior. Métodos com maior tempo de contato, por sua vez, podem favorecer a extração de determinados contaminantes presentes no café torrado, enquanto características operacionais e materiais envolvidos no preparo também impactam a dinâmica de extração, resultando em variações na concentração de compostos fenólicos e sólidos dissolvidos (Santanatoglia *et al.*, 2023; Ting *et al.*, 2024).

Para a fração de fibra solúvel, associada em parte às melanoidinas formadas durante a torra, Gniechwitz *et al.* (2007) demonstraram que a bebida de café pode conter quantidades relevantes desse componente, variando conforme o tipo de café, a granulometria e o método de preparo. Os autores ressaltam ainda que métodos analíticos enzimático-gravimétricos podem contabilizar melanoidinas como fibra alimentar, estabelecendo uma ligação direta entre a intensidade de torra e a interpretação nutricional da bebida.

Por fim, é importante distinguir os compostos gerados durante o processamento térmico daqueles oriundos de contaminação agrícola. Mekonen *et al.* (2015) observaram que resíduos de pesticidas presentes nos grãos verdes não foram detectados após a torra nem na bebida preparada, indicando que o processamento térmico e o preparo atuam como etapas mitigadoras para esse tipo de contaminante. Esse comportamento contrasta com compostos como acrilamida e furano, que são formados durante o aquecimento, reforçando a necessidade de abordagens diferenciadas de controle conforme a natureza química do composto-alvo.

3.3 Interação entre Torra e Preparo

O perfil químico final do café resulta da interação entre as transformações induzidas pela torra e os mecanismos de extração associados ao método de preparo. Esses fatores atuam de forma complementar, determinando simultaneamente a concentração de compostos bioativos e de contaminantes presentes na bebida, conforme sintetizado no Quadro 1.

Quadro 1. Influência do grau de torra e do método de preparo sobre compostos bioativos, contaminantes e atributos químicos do café.

Autor (ano)	Espécie / amostra	Torra	Método de preparo	Compostos analisados	Principais achados
Arisseto et al. (2011)	Arabica e Robusta	Clara a escura	Filtrado (água fervida e não fervida)	Furano	A concentração de furano aumenta com o grau de torra e é fortemente influenciada pelo preparo, sendo reduzida por volatilização quando há fervura prévia
Summa et al. (2007)	Arabica	Muito clara a escura	Extração aquosa (laboratorial)	Acrilamida; atividade antioxidante	A acrilamida diminui com o aumento da torra, enquanto a atividade antioxidante sofre alterações devido à degradação de fenólicos e formação de melanoidinas
Santanatoglia et al. (2023)	Arabica	Clara e média	Moka e V60	Acrilamida; ácidos clorogênicos ; cafeína	Métodos com maior extração, como moka, aumentam a concentração de compostos, enquanto métodos filtrados mais suaves reduzem a transferência de acrilamida
Santos et al. (2024)	Arabica (Catuaí)	Média	Koar (diferentes materiais)	Fenólicos; cafeína; atividade antioxidante	O material do porta-filtro influencia a extração, afetando seletivamente compostos fenólicos, cafeína e propriedades antioxidantes
Ting et al. (2024)	Arabica	Clara (diferentes perfis)	Cupping (SCA)	Atributos sensoriais	O perfil de torra influencia significativamente os atributos sensoriais, mesmo em amostras com coloração semelhante

Alves <i>et al.</i> (2011)	Arabica e Conilon	Média	Filtrado	Quinidas; ácidos clorogênicos ; trigonelina	A torra promove a formação de quinidas associadas ao amargor, com maior intensidade em <i>C. canephora</i>
Orrje <i>et al.</i> (2025)	Café comercial	Média a escura	Prensa francesa filtrado	Cafestol; kahweol	Métodos não filtrados aumentam a extração de diterpenos, enquanto filtros de papel reduzem significativamente sua concentração
Milek <i>et al.</i> (2021)	Arabica e Robusta	Não informado	Dripper	Cafeína; compostos fenólicos	O método de preparo influencia o equilíbrio entre cafeína e compostos antioxidantes na bebida
Gniechwitz <i>et al.</i> (2007)	Arabica e Robusta	Média	Espresso e moka	Fibra solúvel; melanoidinas	O café contribui como fonte de fibra solúvel, associada principalmente às melanoidinas formadas durante a torra
Mekonen <i>et al.</i> (2015)	Café comercial	Média	Preparo tradicional	Resíduos de pesticidas	O processamento térmico e o preparo reduzem significativamente resíduos de pesticidas, aumentando a segurança do consumo

Fonte: Elaborado pelo autor

Torras mais claras tendem a preservar maiores concentrações de compostos fenólicos, porém apresentam níveis mais elevados de acrilamida. Por outro lado, torras mais intensas promovem a degradação desse contaminante, ao mesmo tempo em que favorecem a formação de melanoidinas e outros produtos da reação de Maillard (Summa *et al.*, 2007; Mottram *et al.*, 2002). Esse comportamento evidencia a existência de compensações tecnológicas no processamento do café.

Paralelamente, o método de preparo modula a transferência desses compostos para a bebida. Técnicas com maior tempo de contato favorecem a extração global, enquanto a filtração reduz significativamente a presença de diterpenos (Urgert; Katan, 1997; Santanatoglia *et al.*, 2023). Assim, diferentes combinações entre torra e preparo resultam em perfis químicos distintos, mesmo a partir de uma mesma matéria-prima.

No caso de compostos voláteis, como o furano, o método de preparo exerce papel relevante na concentração final na bebida, uma vez que processos que favorecem sua volatilização podem reduzir sua presença (Mesías; Morales, 2015; Guenther *et al.*, 2007). Essas variações são evidenciadas na Figura 3, que demonstra a influência conjunta do grau de torra e das condições de preparo sobre os níveis desse composto.

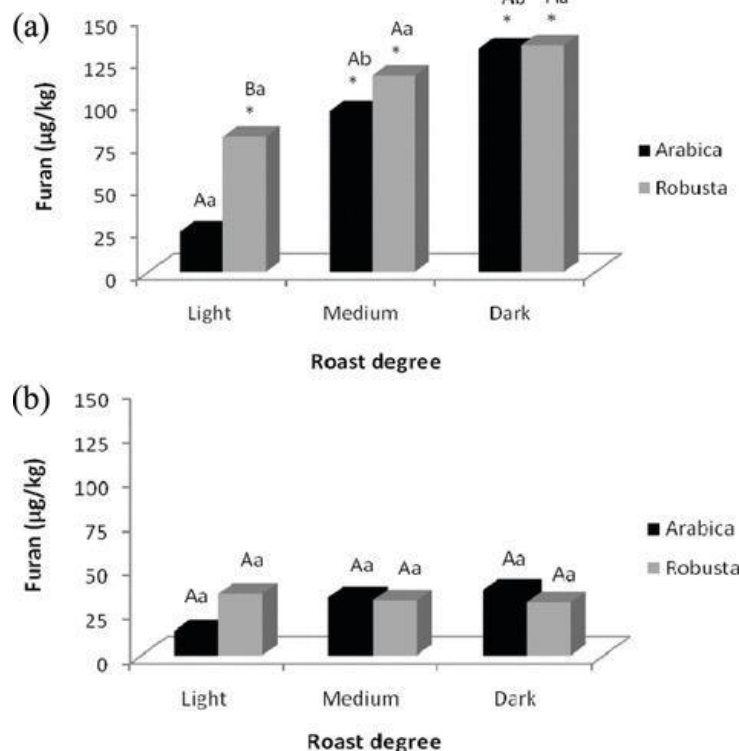
De forma particularmente expressiva, o café fervido apresentou concentrações médias de 939,2 mg/L de cafestol e 677,9 mg/L de kahweol, enquanto a simples passagem dessa mesma bebida por um filtro de tecido reduziu os teores para 28,0 mg/L e 21,2 mg/L, respectivamente, evidenciando o papel crítico da barreira física de filtração na retenção desses compostos. Esse efeito é coerente com a afinidade dos diterpenos por partículas sólidas e frações lipídicas do café, que são eficientemente retidas por materiais filtrantes, mesmo quando não se trata de filtros de papel convencionais.

Além disso, métodos como prensa francesa e percolador apresentaram concentrações intermediárias de diterpenos, com valores próximos de 90 mg/L para cafestol e 70 mg/L para kahweol, sugerindo que sistemas de extração sem filtração fina permitem a passagem parcial dessas frações lipofílicas para a bebida final. Em contrapartida, amostras de espresso demonstraram elevada variabilidade, com concentrações máximas superiores a 2.400 mg/L de cafestol, o que indica que fatores adicionais, como pressão, moagem, compactação do pó e desenho do porta-filtro, também exercem influência significativa sobre a transferência desses compostos (Orrje *et al.*, 2025).

Essas diferenças entre métodos tornam-se ainda mais evidentes quando os dados são analisados por porção consumida, conforme ilustrado na Figura 3, na qual se observa que cafés de máquinas e métodos não filtrados apresentam maior carga absoluta de cafestol por xícara em comparação aos métodos filtrados. Tal aspecto é particularmente relevante do ponto de vista da saúde pública, considerando o consumo frequente de café em ambientes ocupacionais, onde máquinas automáticas são amplamente utilizadas.

De forma integrada, os estudos analisados demonstram que a qualidade funcional e a segurança química do café dependem da interação entre processamento industrial e práticas domésticas de preparo. Enquanto a torra define a matriz química de partida, o método de preparo modula decisivamente a transferência dos compostos para a bebida, influenciando a exposição do consumidor tanto a substâncias benéficas quanto potencialmente nocivas. Dessa forma, estratégias de otimização do consumo de café devem considerar não apenas o perfil do grão, mas condições físico-operacionais do preparo, os quais representam uma etapa crítica de controle da composição química da bebida.

Figura 3. Níveis médios de furano na infusão de café de acordo com a espécie e o grau de torra: (a) café não fervido filtrado e (b) café fervido filtrado.



Letras maiúsculas diferentes indicam diferença estatística entre espécies dentro do mesmo grau de torra. Letras pequenas diferentes indicam diferenças estatísticas entre graus de torra dentro de uma mesma espécie. * Diferença estatística entre procedimentos de fabrico dentro da mesma espécie e grau de torra.

Fonte: Pavesi Ariseto *et al.*, 2011.

Dessa forma, a avaliação da qualidade do café deve considerar a interação entre variáveis tecnológicas e domésticas, evidenciando a necessidade de abordagem integrada na análise dos efeitos do consumo da bebida.

3.4 Implicações do Consumo de Café para a Saúde

Diversos estudos têm demonstrado associação entre o consumo habitual de café e a redução do risco de doenças crônicas, incluindo diabetes tipo 2, doenças cardiovasculares e distúrbios neurodegenerativos. Esses efeitos são atribuídos à presença de compostos bioativos, como ácidos clorogênicos, melanoidinas, cafeína e trigonelina, que apresentam propriedades antioxidantes e anti-inflamatórias (Farah *et al.*, 2005).

A atividade antioxidante do café resulta tanto dos compostos fenólicos preservados quanto dos produtos formados durante a torra, indicando que diferentes graus de torra podem contribuir de forma distinta para o potencial funcional da bebida (Summa *et al.*, 2007).

O método de preparo também influencia os efeitos do consumo, especialmente no que se refere à presença de diterpenos. Métodos não filtrados apresentam maiores concentrações de cafestol e kahweol, compostos associados ao aumento dos níveis séricos de colesterol, enquanto métodos filtrados reduzem significativamente sua presença (Urgert; Katan, 1997).

Apesar dos potenciais benefícios, o consumo excessivo de café pode estar associado a efeitos adversos relacionados à cafeína, incluindo distúrbios do sono, aumento da pressão arterial e sintomas de ansiedade (Olechno *et al.*, 2021).

No que se refere a compostos potencialmente tóxicos, observa-se que a acrilamida apresenta maiores concentrações em torras claras, enquanto o furano pode ser favorecido por condições térmicas mais intensas (Mottram *et al.*, 2002; Granby; Fagt, 2004; Mesías; Morales, 2015). Esses aspectos reforçam a existência de um equilíbrio entre compostos benéficos e substâncias indesejáveis.

Portanto, os impactos do consumo de café sobre a saúde devem ser interpretados por múltiplos fatores, incluindo grau de torra, método de preparo, quantidade ingerida e características individuais do consumidor. De modo geral, a literatura indica que o consumo moderado de café, inserido em um padrão alimentar equilibrado, pode contribuir positivamente para a ingestão de antioxidantes dietéticos e para a redução do risco de determinadas doenças crônicas, sem que isso elimine a necessidade de moderação e avaliação individualizada de todos os seus efeitos.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente revisão permitiu compreender que a composição química do café e seus possíveis efeitos à saúde são determinados pela interação entre a espécie do grão, o grau de torra e o método de preparo. De modo geral, cafés da espécie *C. canephora* apresentam maiores teores de cafeína, enquanto *C. arabica* tende a apresentar maior complexidade sensorial e, em muitos casos, maior teor de compostos fenólicos. O grau de torra mostrou-se um dos principais fatores de modificação da matriz química, promovendo redução de ácidos clorogênicos e outros fenólicos, ao mesmo tempo em que favorece a formação de melanoidinas e outros produtos da reação de Maillard. Já o método de preparo demonstrou exercer influência decisiva sobre a concentração final de compostos na bebida, modulando a extração de antioxidantes, cafeína, diterpenos e contaminantes de processo.

Os resultados analisados evidenciam a existência de importantes compensações tecnológicas (trade-offs) no processamento do café. A torra mais intensa, por exemplo,

contribui para a redução da acrilamida, formada predominantemente nas fases iniciais da torrefação, mas pode favorecer a formação de outros contaminantes térmicos, como o furano. Paralelamente, torras mais claras preservam maior quantidade de compostos fenólicos originais, embora apresentem níveis mais elevados de acrilamida. Dessa forma, não existe um único perfil de torra que maximize simultaneamente todos os aspectos positivos da bebida, sendo necessário considerar o equilíbrio entre qualidade sensorial, propriedades funcionais e segurança química.

Do ponto de vista prático, a literatura indica que o método de preparo constitui um fator relevante para a redução da exposição a compostos potencialmente prejudiciais. Métodos filtrados, especialmente aqueles que utilizam filtros de papel, mostraram-se mais eficazes na retenção de diterpenos como cafestol e kahweol, associados ao aumento do colesterol sérico, representando uma alternativa mais favorável sob a perspectiva do risco cardiovascular. Em contrapartida, métodos não filtrados, como prensa francesa, café fervido e algumas preparações de máquinas, tendem a apresentar maior concentração desses compostos, embora possam extrair maiores quantidades de alguns antioxidantes.

Entretanto, algumas limitações devem ser consideradas na interpretação dos resultados desta revisão. Por se tratar de uma revisão integrativa, não foi realizada meta-análise quantitativa, o que limita a comparação direta entre estudos. Além disso, observou-se elevada heterogeneidade metodológica entre os trabalhos analisados, incluindo diferenças nos protocolos de torra, condições de preparo, proporção café/água, granulometria, métodos analíticos e formas de expressar os resultados, o que dificulta a padronização das comparações.

Por fim, identificam-se lacunas importantes na literatura, especialmente relacionadas à falta de padronização experimental em estudos sobre preparo de café e à escassez de investigações que avaliem simultaneamente múltiplos fatores, como espécie, torra e método de preparo sob condições controladas. Estudos futuros que adotem protocolos padronizados e abordagens integradas poderão contribuir para uma compreensão mais precisa do impacto dessas variáveis sobre a composição química do café e seus efeitos potenciais à saúde humana.

REFERÊNCIAS

ALVES, B. H. P.; NASCIMENTO, E. A.; MORAIS, S. A. L.; CHANG, R.; AQUINO, F. J. T.; AFONSO, R. J. C. F. Análise qualitativa da variação do amargor de cafés arábicas e conilon em função da torra por CLAE/EM. In: **REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE QUÍMICA**, 34., 2011, Florianópolis, SC. Anais [...]. Florianópolis: Sociedade Brasileira de Química, 2011.

FARAH, A.; PAULIS, T.; TRUGO, L. C.; MARTIN, P. R. Effect of Roasting on the Formation of Chlorogenic Acid Lactones in Coffee. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 5, p. 1505–1513, 2005. DOI: 10.1021/jf048701t.

GNIECHWITZ, D. *et al.* Coffee Dietary Fiber Contents and Structural Characteristics As Influenced by Coffee Type and Technological and Brewing Procedures. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s. l.], v. 55, n. 26, p. 11027–11034, 1 dez. 2007. DOI: 10.1021/jf072389g.

GRANBY, Kit; FAGT, Sisse. Analysis of acrylamide in coffee and dietary exposure to acrylamide from coffee. *Analytica Chimica Acta*, Amsterdam, v. 520, n. 1-2, p. 177-182, 23 ago. 2004. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.aca.2004.05.064>

GUENTHER, H. *et al.* Acrylamide in coffee: review of progress in analysis, formation and level reduction. **Food Additives and Contaminants**, [s. l.], 24 Suppl 1, p. 60–70, 2007. DOI: 10.1080/02652030701243119.

MEKONEN, S.; AMBELU, A.; SPANOGHE, P. Effect of Household Coffee Processing on Pesticide Residues as a Means of Ensuring Consumers' Safety. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s. l.], v. 63, n. 38, p. 8568–8573, 30 set. 2015. DOI: 10.1021/acs.jafc.5b03327.

MESIAS, Marta; MORALES, Francisco J. Analysis of furan in coffee. In: PREEDY, Victor R. (ed.). *Coffee in Health and Disease Prevention*. Amsterdam: Elsevier, 2015. p. 1005-1012. DOI: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409517-5.00110-8>

MICHAŁ MIŁEK; MŁODECKI, Ł.; DŻUGAN, M. Caffeine content and antioxidant activity of various brews of specialty grade coffee. **Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria**, [s. l.], v. 20, n. 2, p. 179–188, 30 jun. 2021. DOI: 10.17306/J.AFS.0890.

MOTTRAM, Donald S.; WEDZICHA, Bronislaw L.; DODSON, Andrew T. Acrylamide is formed in the Maillard reaction. *Nature*, London, v. 419, n. 6906, p. 448-449, 2002. DOI: <https://doi.org/10.1038/419448a>

OLECHNO, E. *et al.* Influence of Various Factors on Caffeine Content in Coffee Brews. **Foods**, [s. l.], v. 10, n. 6, p. 1208, 27 maio 2021. DOI: 10.3390/foods10061208.

ORRJE, E. *et al.* Cafestol and kahweol concentrations in workplace machine coffee compared with conventional brewing methods. **Nutrition, Metabolism and Cardiovascular Diseases**, [s. l.], v. 35, n. 8, p. 103933, ago. 2025. DOI: 10.1016/j.numecd.2025.103933.

PAVESI ARISSETO, A. *et al.* Furan Levels in Coffee As Influenced by Species, Roast Degree, and Brewing Procedures. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, [s. l.], v. 59, n. 7, p. 3118–3124, 13 abr. 2011. DOI: :10.1021/jf104868g

SANTANATOGLIA, A. *et al.* Effect of Brewing Methods on Acrylamide Content and Antioxidant Activity: Studying Eight Different Filter Coffee Preparations. **Antioxidants**, [s. l.], v. 12, n. 10, p. 1888, 21 out. 2023. DOI: 10.3390/antiox12101888.

SANTOS, Wallysson Wagner Vilela; OLIVEIRA, Rodrigo Lira de; SILVA, Marcelo Edvan dos Santos; LUCENA, Rodrigo Mendonça de; SILVA, Suzana Pedroza da. Influência dos materiais dos suportes do filtro nas características físico-químicas e antioxidantes das bebidas de café. **Ciência do Café - ISSN 1984-3909**, [S. l.], v. 19, p. e192234, 2024. DOI: 10.25186/v19i.2234. Disponível em: <https://coffeescience.ufla.br/index.php/Coffeescience/article/view/2234>.

SUMMA, C. A. *et al.* Impact of the roasting degree of coffee on the in vitro radical scavenging capacity and content of acrylamide. **LWT - Food Science and Technology**, [s. l.], v. 40, n. 10, p. 1849–1854, dez. 2007. DOI: 10.1016/j.lwt.2006.11.016.

TAREKE, E.; RYDBERG, P.; KARLSSON, P.; ERIKSSON, S.; TÖRNQVIST, M. Analysis of Acrylamide, a Carcinogen Formed in Heated Foodstuffs. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 50, n. 17, p. 4998–5006, 2002. DOI: 10.1021/jf020302f.

TING, Kuan-Fu; CHEN, James C.; CHEN, Tzu-Li. Efeito da torra do café na qualidade da degustação do café. **Coffee Science - ISSN 1984-3909**, [S. l.], v. 19, p. e192174, 2024. DOI: 10.25186/v19i.2174. Disponível em: <https://coffeescience.ufla.br/index.php/Coffeescience/article/view/2174>.

URGERT, R.; KATAN, M. B. The cholesterol-raising factor from coffee beans. **Annual Review of Nutrition**, Palo Alto, v. 17, p. 305-324, 1997. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev.nutr.17.1.305>