



INFLUÊNCIA DO PERFIL DE TORRA NOS COMPOSTOS BIOATIVOS DO CAFÉ

GIULIA DAOUD BIANCHINI DOS SANTOS

LAVRAS - MG

2023

GIULIA DAOUD BIANCHINI DOS SANTOS

INFLUÊNCIA DO PERFIL DE TORRA NOS COMPOSTOS BIOATIVOS DO CAFÉ

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do curso de Nutrição, para obtenção do título de Bacharel.

Prof.: Dr (a). Andrezza Fernanda Santiago

Orientador(a)

Dr (a). Cláudia Mendes Santos

Co-orientador(a)

LAVRAS - MG

2023

RESUMO

O câncer é uma doença que acomete milhares de pessoas por ano em todo o mundo, sem distinção de gênero, idade e classe social. Entretanto, cerca de 30% e 50% dos casos de câncer poderiam ser prevenidos através da mudança de hábitos de vida e alimentares. No contexto alimentar e nutricional, o café tem se destacado como um alimento com potencial antioxidante auxiliando na quimioprevenção. Contudo, trata-se de um assunto controverso, já que é uma bebida complexa, diversa e determinada por diferentes aspectos, sendo o perfil de torrefação grande influenciador de alterações físico-químicas dos grãos de café. Diante disso, a proposta deste trabalho é realizar uma revisão de literatura a fim de compreender a influência da torrefação nas características antioxidantes e, conseqüentemente, quimiopreventivas de grãos de café.

Palavras-chave: Câncer. Café. Compostos bioativos. Quimioprevenção.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	4
2	METODOLOGIA.....	6
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	9
3.1	ATIVIDADE ANTIOXIDANTE.....	11
3.2	CAFEÍNA	13
3.3	FENÓLICOS TOTAIS.....	15
3.4	ÁCIDO CLOROGÊNICO E DERIVADOS	17
3.5	PRODUTOS DA REAÇÃO DE MAILLARD.....	18
3.6	VIABILIDADE CELULAR E TESTE ANTIMUTAGÊNICO	21
3.7	LIMITAÇÕES DO ESTUDO.....	21
3.7.1	DIVERSIDADE DE MÉTODOS DE TORREFAÇÃO NOS ESTUDOS.....	21
3.7.2	GRÃOS DE DIFERENTES REGIÕES	22
3.7.3	DIVERGÊNCIA NOS MÉTODOS DE EXTRAÇÃO.....	22
4	CONCLUSÕES	23
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24
	ANEXO A	29

1 INTRODUÇÃO

O câncer é uma doença antiga, descrita em múmias há mais de 3 mil anos antes de Cristo, e, até os dias atuais, segue sendo de grande preocupação para a população mundial (THULER, 2018). Segundo dados da OMS, a incidência de câncer é maior a cada ano, e, mais de 9 milhões de indivíduos foram a óbito no ano de 2020 em decorrência dessa enfermidade. No Brasil, estima-se 704 mil novos casos de câncer por ano entre 2023 e 2025. Dentre eles, quase metade desses casos estarão incidentes na região Sudeste, com aproximadamente 304 mil casos, por conseguinte as regiões Norte e Sul do país serão as de maiores incidências, por volta de 153 mil e 129 mil casos, respectivamente (SANTOS et al., 2023).

O câncer é uma doença crônica e multifatorial que acomete pessoas de diferentes idades, gêneros e classes sociais e é a segunda principal causa de morte no mundo (WHO, 2023). Por ser uma doença com elevada incidência, prevalência e mortalidade, trata-se de um problema de saúde pública, os quais diversos fatores estão envolvidos na forma e no tempo de evolução da neoplasia, como a velocidade do crescimento tumoral, fatores ambientais e localização do tumor, o que torna imprescindível o conhecimento sobre sua evolução, para que possa ser identificada e/ou prevenida antes do desenvolvimento da doença (THULER, 2018).

A carcinogênese é consequência de um longo período de exposição a agentes que causam inflamações ao organismo, havendo assim um desequilíbrio entre espécies reativas de oxigênio (ROS) e as substâncias antioxidantes presentes no corpo que são capazes de combatê-las, esse desbalanço é chamado de “Estresse Oxidativo”. A consequência desse contato com carcinógenos é o dano ao material genético das células, que é o ponto inicial para o desenvolvimento de neoplasias (FIGUEIREDO, 2019)

São inúmeros os fatores que, quando em contato com o organismo de forma crônica, podem favorecer a carcinogênese. O consumo de produtos ultraprocessados ricos em nitrosaminas e aditivos alimentares, tabagismo, ingestão excessiva de álcool, exposição aos raios UV e obesidade, são exemplos de agentes carcinogênicos que tem em comum o estímulo a inflamação no organismo e, com isso, podem vir a causar câncer (THULER, 2018).

Por outro lado, é possível adotar hábitos coadjuvantes na prevenção desta doença, como o consumo regular de alimentos ricos em compostos bioativos, vitaminas, minerais e fibras e a prática regular de atividade física, visto que são atitudes auxiliadoras na redução da

inflamação, estimulando o combate às espécies reativas de oxigênio e assim, impedindo o estresse oxidativo (MINISTÉRIO DA SAÚDE, 2020).

Neste contexto, há cada vez mais consenso entre os profissionais da área da saúde que hábitos de vida saudáveis são essenciais, não só na prevenção ao câncer, como também de outras condições crônicas não transmissíveis.

Na área de alimentação e nutrição, uma bebida popularmente conhecida e consumida mundialmente tem se destacado como um grande aliado no auxílio à prevenção de condições crônicas não transmissíveis, o café. Diversos estudos demonstram que esse alimento contém inúmeros compostos bioativos (PAUWELS; VOLTERRANI, 2021) porém, trata-se de um assunto controverso, já que é uma bebida complexa, diversa e determinada por diferentes aspectos, como perfil de torra, método de extração, qualidade do café (tradicional, gourmet ou especial) e ingestão diária (GIULIA ANGELONI *et al.*, 2019).

Dentre os inúmeros fatores supracitados, o perfil de torra possui grande influência nas características sensoriais, nutricionais e funcionais do café, uma vez que durante o processo de torrefação, inúmeras reações químicas ocorrem nos grãos de café, alterando sua composição (SANTOSO *et al.*, 2021). Sendo assim, é um fator importante de ser analisado quando o assunto é saudabilidade.

No entanto, a influência da torrefação na atividade quimiopreventiva do café ainda é um tema pouco explorado pela literatura científica. Diante disso, faz-se necessário uma revisão bibliográfica para se ter conhecimento das publicações referentes a influência desse fator no produto final (bebida na xícara) e se, de fato, esses compostos bioativos têm influência na quimioprevenção.

2 METODOLOGIA

Para a realização desse trabalho foi realizada uma revisão bibliográfica narrativa. Primeiramente, definiu-se os descritores que mais se encaixavam no objetivo da pesquisa, por conseguinte houve a inserção de critérios de inclusão e exclusão, a fim de realizar uma análise mais rigorosa dos artigos apresentados nas bases de dados eletrônicas e, por fim, foi feita a leitura e análise dos artigos selecionados.

O descritor “*Coffee Roast*” foi empregado em todas as pesquisas, juntamente de três outros - “*Anticancer*” ou “*Bioactive Compounds*” ou “*Phytochemicals*”, e, para uni-los, recorreu-se ao operador booleano “AND”. O Portal de Periódicos CAPES, a biblioteca eletrônica Pubmed e a “Medical Literature Analysis and Retrieval System Online” (MedLine), foram as bases de dados eletrônicas utilizadas na pesquisa.

Os artigos incluídos na pesquisa datavam de um período de até 20 anos (entre 2003 e 2023), deveriam apresentar o perfil de torra de grãos do tipo Arábica e idioma em inglês. Foram excluídos os artigos sem acesso aberto, em idioma que não fosse o inglês, que analisavam outros tipos de grãos que não fosse o Arábica e que apresentavam apenas um perfil de torra, ou não especificavam os graus de torrefação. Os critérios de inclusão e exclusão estão evidenciados no Quadro 1.

Quadro 1 – Critérios de Inclusão e Exclusão

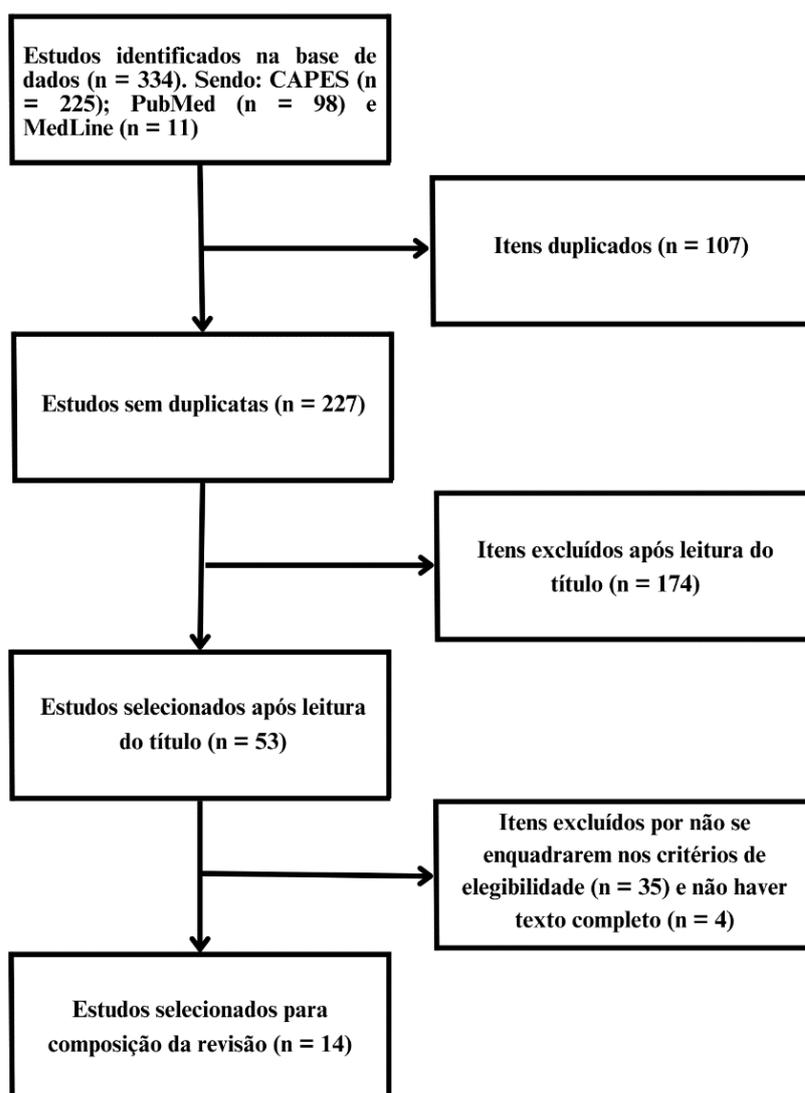
Critérios de Inclusão	Critérios de Exclusão
Publicados entre 2003 e 2023	Outro idioma que não fosse o inglês
Idioma: Inglês	Presença de apenas um perfil de torra
Presença do perfil de torra	Não especificação do grau de torrefação
Pesquisa com grãos do tipo Arábica	Análise de outros tipos de grão de café que não fosse o Arábica

Fonte: Do autor (2023)

A busca inicial pelos artigos resultou em trezentos e trinta e quatro (334) publicações com os descritores utilizados (CAPES = 225; Pubmed = 98; Medline = 11), entretanto cento e

sete (107) eram artigos duplicados. Após essa etapa, procedeu-se à leitura dos títulos dos artigos remanescentes com o objetivo de identificar e excluir aqueles que abordavam aspectos do café não diretamente pertinentes a esta pesquisa, tais como o teor de compostos nas folhas do cafeeiro ou a análise dos compostos do café para fins de aditivos alimentares. Após leitura do título dos artigos restantes (n = 227), cinquenta e três (53) publicações foram selecionadas para análise mais criteriosa, dentre elas, trinta e cinco (35) não se enquadraram nos critérios de elegibilidade e quatro não haviam o texto na íntegra. Ao final da seleção, quatorze (14) artigos foram designados para compor essa revisão. A figura 1 apresenta o fluxograma da pesquisa.

Figura 1 - Fluxograma da seleção dos artigos



Fonte: Do autor (2023)

Foi feita a leitura crítica, síntese e interpretação das pesquisas e, para melhor análise dos estudos, as principais informações presentes nos mesmos foram explicitadas em um quadro (ANEXO A) que contém: autores, ano, objetivo do estudo, compostos analisados e suas respectivas metodologias de análise, perfil de torra, região dos grãos pesquisados e resultados principais.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O café é uma bebida que tem suscitado amplo debate quanto aos seus impactos na saúde humana. Ao longo dos anos, inúmeros estudos têm sido conduzidos para uma compreensão mais abrangente da influência dessa bebida e de seus compostos na saúde das pessoas. Nesse contexto, um tema de considerável discussão se relaciona às mudanças físico-químicas que ocorrem nos grãos de café durante o processo de torrefação e como essas transformações afetam as suas propriedades sensoriais, nutricionais e funcionais (NIGRA; TEODORO; GIL, 2021).

Os cafés com perfis de torra mais claros ou médios têm emergido como métodos preferenciais para extrair café de qualidade superior. Em contraste, torras mais escuras parecem camuflar imperfeições que se tornam inaparentes quando o café é excessivamente torrado, resultando em um sabor comprometido, além de diminuir o teor de compostos nutricionais e funcionais, podendo até estar ligado a efeitos prejudiciais à saúde. No entanto, é um assunto ainda muito controverso, devido à multiplicidade de variáveis que podem alterar as características do produto final (SANTOSO *et al.*, 2021).

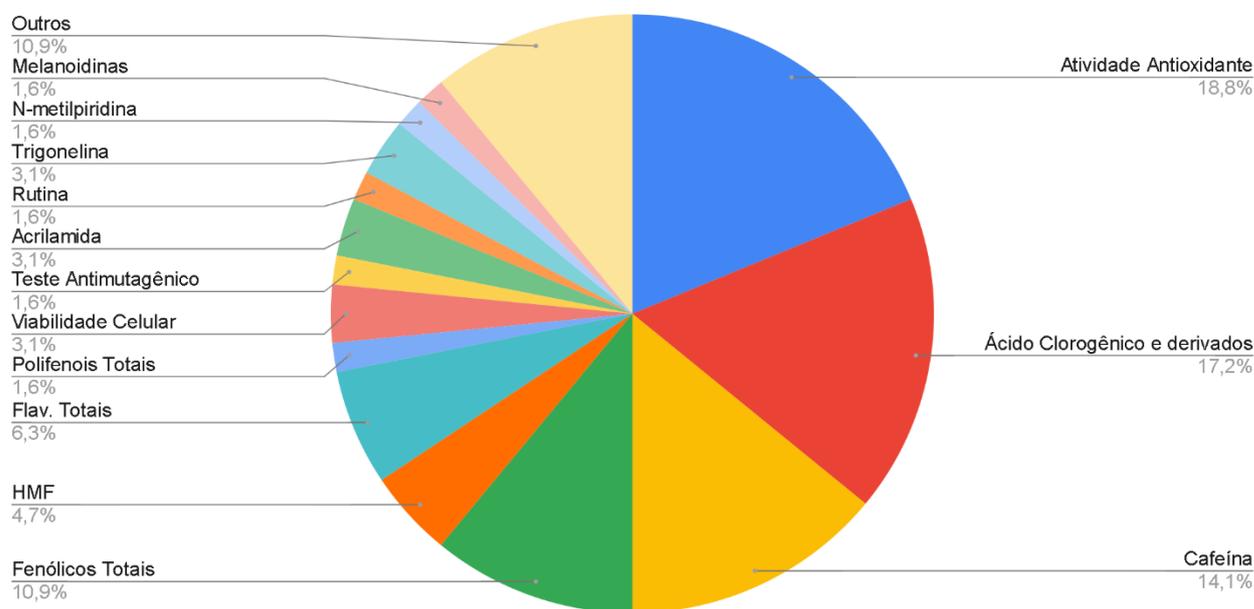
Durante a composição dessa revisão, observou-se uma notável diversidade na escolha de compostos analisados nos artigos abordados. Dos 14 artigos examinados, a seleção variou consideravelmente, evidenciando a complexidade e o escopo abrangente dos estudos relacionados ao café torrado. Em particular, 12 estudos analisaram a atividade antioxidante das amostras, enfatizando o papel vital dessa avaliação na qualidade e nos benefícios potenciais do café. Onze artigos exploraram o teor de ácido clorogênico e seus derivados, ampliando a compreensão sobre esses compostos bioativos e sua relação com diferentes graus de torrefação. Nove estudos concentraram-se nas quantidades de cafeína e sete analisaram o conteúdo de fenólicos totais, destacando a importância desses compostos na determinação das propriedades sensoriais e de saúde do café.

Ademais, quatro artigos abordaram as concentrações de Flavonoides Totais, três artigos analisaram o teor de Hidroximetilfurfural (HMF), evidenciando a diversidade de tópicos de interesse dentro dessa área de pesquisa. Dois estudos exploraram concentrações de trigonelina e a influência da viabilidade celular das amostras na proliferação de células

cancerosas, ampliando as investigações para além dos aspectos convencionais de composição química. Além dessas análises recorrentes, alguns artigos também exploraram aspectos adicionais, como teste antimutagênico das amostras, teor de acrilamida, teor de rutina, teor de melanoidinas, índice de escurecimento, parâmetros de termoestabilidade, dureza/fraturabilidade dos grãos, fibra dietética, teor de taninos, proantocianidinas, flavan-3-ol, furfural e conteúdo de flavonol.

Os estudos analisados partiram de análises laboratoriais para investigar os compostos presentes no café e os efeitos dos diferentes graus de torrefação nos mesmos. As análises mais frequentes foram: atividade antioxidante, ácido clorogênico e derivados, cafeína e fenólicos totais (fig.2). Além dessas análises, apenas três artigos analisaram os aspectos inibitórios dos cafés e/ou seus compostos em células cancerosas. De maneira geral, os resultados obtidos a partir da revisão sugerem tendências e variações nos efeitos desses compostos de acordo com os diferentes graus de torrefação e serão discutidos a seguir.

Figura 2 – Análises conduzidas nos artigos que compõem a revisão, destacando as principais abordagens.



Fonte: Do autor (2023)

3.1 Atividade Antioxidante

A atividade antioxidante é uma abordagem comum para avaliar a capacidade antioxidante de substâncias ou compostos, oferecendo uma estimativa das propriedades redutoras de espécies reativas (DAI; MUMPER, 2010). No entanto, a aplicabilidade direta desses resultados à prática clínica deve ser feita com cautela, especialmente no contexto do café como uma substância consumida e absorvida pelo organismo. Embora a atividade antioxidante possa fornecer uma indicação valiosa das propriedades antioxidantes de um café, a tradução direta dessa atividade para benefícios à saúde é complexa devido às interações bioquímicas e dinâmicas que ocorrem durante a absorção e o metabolismo no corpo (ROMUALDO *et al.*, 2019).

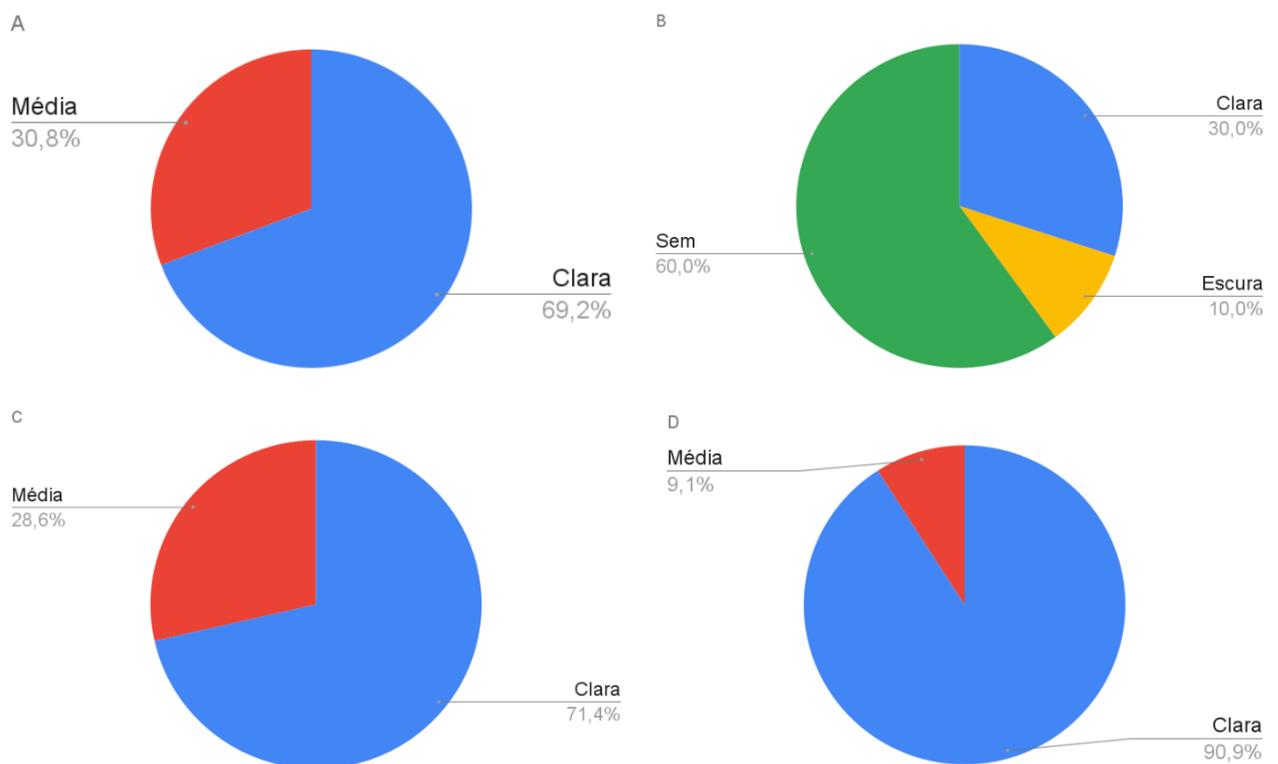
De acordo com os estudos analisados a atividade antioxidante varia com a temperatura e o tempo de torrefação, sendo mais significativa a 180°C com 30 minutos e, cafés com torras mais claras apresentam maior atividade antioxidante (GRZELCZYK *et al.*, 2022; MEHAYA; MOHAMMAD, 2020; MOJICA *et al.*, 2018; MONTENEGRO *et al.*, 2021; ODŽAKOVIĆ *et al.*, 2016; YILDIRIM *et al.*, 2022). Em adição, grãos submetidos a torras rápidas à temperatura elevada apresentam maior potencial antioxidante, porém, quando submetidos a temperaturas muito elevadas há a tendência de sofrer oxidação dos compostos presentes no grão (OPITZ *et al.*, 2017).

Outro fator relevante é o tempo de torra. Priftis *et al.* (2018) notaram que um menor tempo de torra resultou em maior potencial redutor, com exceção para a capacidade de sequestro de radicais hidroxilas, os grãos torrados apresentaram pouca atividade contra esses radicais, independente da variedade. Além disso, foi relatado um pico na atividade antioxidante durante o período intermediário de torra (entre 5 e 13 minutos), assim como o destaque do potencial antioxidante das torras médias. Além da sua forte correlação com o conteúdo de polifenóis, com destaque para o ácido monoclorogênico, que mostrou possuir maior capacidade antioxidante quando comparado com o ácido diclorogênico e a cafeína (GÓRECKI; HALLMANN, 2020; GRZELCZYK *et al.*, 2022; MESTANZA; MORI-CULQUI; CHAVEZ, 2023; ODŽAKOVIĆ *et al.*, 2016). Outro estudo identificou que torras intensas afetaram negativamente tanto a atividade antioxidante quanto a cafeína (HEČIMOVIĆ *et al.*, 2011). Por fim, Vignoli *et al.* (2014) observaram uma atividade antioxidante relativamente estável ou

ligeiramente reduzida com o aumento da intensidade da torrefação, mas com resultados variados devido a diferentes metodologias de análise.

Em relação à atividade antioxidante, os artigos que analisaram esse fator (n=12) mostraram um quadro complexo. 69,2% desses artigos sugerem que a torrefação clara é mais favorável para a atividade antioxidante, enquanto os outros 30,8% afirmam que a torra média oferece esse benefício (Fig. 3A). É notável que nenhum dos estudos suporta a ideia de que a torra escura seja mais eficaz em termos de atividade antioxidante, fato esse que também foi notado para os demais compostos, com exceção da cafeína.

Figura 3 - Comparação das torrefações de café em quatro aspectos críticos - (A) atividade antioxidante, (B) teor de cafeína, (C) compostos fenólicos totais e (D) ácido clorogênico e derivados.



Fonte: Do autor (2023)

A maior parte dos estudos que investigaram a atividade antioxidante, também examinaram os teores de ácidos clorogênico e seus derivados. Consistentemente, os níveis de torrefação mais claros foram associados à composição química mais vantajosa dos grãos. Isso sugere uma possível correlação entre a atividade antioxidante e os teores de ácido clorogênico

e seus derivados nas torrefações. No entanto, é importante observar que o estudo conduzido por Paur et al. (2010) destacou que apenas concentrações muito superiores de ácido cafeico (derivado do ácido clorogênico) em relação às encontradas em uma xícara típica de café demonstraram efeitos na inibição do NF-kB, um fator de transcrição essencial na regulação da resposta imunológica e inflamatória do corpo. Portanto, a relação entre os compostos do café, sua atividade antioxidante e seus efeitos sobre a resposta imunológica e inflamatória é complexa e merece uma investigação adicional para uma compreensão abrangente.

Além disso, essa divergência nas conclusões sobre a atividade antioxidante dos diferentes graus de torrefação pode ser atribuída a diferenças metodológicas, incluindo as técnicas de análise antioxidante empregadas (Quadro 2) e a variação natural na composição das amostras de café (ALI *et al.*, 2022).

Quadro 2 – Metodologias utilizadas para análise da Atividade Antioxidante

Artigos	FRAP	DPPH	ABTS	ORAC	FOLIN-CIOCALTEU	Potencial redutor; sequestro de radicais ânions superóxidos e hidroxilas	Equivalente de rutina e ácido cafeico
1	1	1	1		0	0	0
2	1	1	1	1	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	1	0	0	0
5	0	0	1	1	1	0	0
6	0	0	0	0	0	1	0
7	0	1	0	0	0	0	0
8	0	1	0	0	0	0	0
9	0	0	0	0	0	0	1
10	0	0	1	0	0	0	0
11	1	0	1	0	0	0	0
12	0	0	0	0	0	0	0
13	1	0	1	0	1	0	0
14	0	1	1	0	0	0	0
	4	5	7	3	2	1	1

Fonte: Do autor (2023)

3.2 Cafeína

No Brasil, o café lidera como a principal fonte de consumo diário de cafeína no país (MENDES *et al.*, 2020). A cafeína é um alcaloide que age como inseticida natural, e está

presente em diversas vegetações (MEJIA; RAMIREZ-MARES, 2014), fato que acarreta na alteração da sua quantidade no alimento, dependendo do modo de cultivo, região e espécie da planta. Quanto ao seu efeito quimioprotetor, estudos mostraram que, a depender da sua concentração, essa substância é capaz de atuar de diferentes formas contra células cancerosas, como: impedir a proliferação de células mutadas, induzir à apoptose, causar danos mitocondriais e promover a parada do ciclo celular (ANN M. BODE; ZIGANG DONG, 2007; HASHIMOTO *et al.*, 2004; JUN-ICHI OKANO *et al.*, 2008; ROSSI *et al.*, 2014).

No entanto, é importante estar ciente dos potenciais efeitos adversos causados pelo consumo excessivo dessa substância. Quando ingerida em quantidades exageradas, a cafeína pode desencadear uma série de sintomas, incluindo náuseas, hipertensão, ansiedade e cefaleia, sendo crucial notar que a intensidade desses sintomas pode variar consideravelmente de acordo com a idade, gênero e peso do indivíduo (MEJIA; RAMIREZ-MARES, 2014). Portanto, mesmo sendo uma substância que oferece benefícios à saúde, é fundamental praticar um consumo consciente de alimentos que contenham esse composto bioativo.

Além disso, vale ressaltar que o método de extração utilizado para o preparo do café exerce um impacto significativo no teor de cafeína da bebida (GÓRECKI; HALLMANN, 2020). Consequentemente, isso afeta diretamente a quantidade dessa substância que será efetivamente ingerida.

Os estudos que compuseram essa revisão e que abordaram o teor de cafeína no café submetido a diferentes níveis de torrefação revelam uma série de resultados variados. De maneira geral, a maior parte dos estudos não encontrou mudanças significativas no teor de cafeína durante a torrefação (GRZELCZYK *et al.*, 2022; LANG *et al.*, 2013; MONTENEGRO *et al.*, 2021; PRIFTIS *et al.*, 2018; VIGNOLI *et al.*, 2014). Alguns deles concordaram que há uma diminuição na quantidade de cafeína à medida que a intensidade da torra aumenta (GÓRECKI; HALLMANN, 2020; HEČIMOVIĆ *et al.*, 2011; KRÓL *et al.*, 2020). Todavia, Mehaya *et al.* (2020) observaram que períodos mais longos de torrefação resultaram em maiores teores de cafeína, destacando também a resistência da cafeína ao calor em comparação com os ácidos clorogênicos.

Na composição desse trabalho, nove artigos analisaram a cafeína e foi observado uma distribuição diversificada de conclusões. 60% dos estudos não encontraram diferenças significativas no teor de cafeína entre os diferentes graus de torrefação. Contrariamente, 30% dos artigos sugerem que a torra clara resulta em um teor de cafeína mais alto, enquanto 10% indicam que a torra escura pode levar a um teor mais elevado dessa substância (fig. 3B). A

maior parte dos artigos concluiu que se trata de um composto termoestável, fato que está alinhado com outros estudos que também concluíram que a cafeína é um composto mais termoestável (RODRIGUEZ; GUZMAN; HERNANDEZ, 2020; YEISON FERNANDO BARRIOS-RODRÍGUEZ *et al.*, 2023).

Em geral, a tendência aponta para a estabilidade da cafeína durante o processo de torrefação, concordando com estudos anteriores que também concluíram que a cafeína é um composto termoestável e, portanto, seu teor não sofre alterações significativas durante a torrefação.

3.3 Fenólicos Totais

Os compostos fenólicos representam uma classe ampla de substâncias provenientes do metabolismo secundário de plantas, cuja função principal é a de proteção das mesmas contra patógenos, parasitas, predadores e até mesmo da radiação ultravioleta (DAI; MUMPER, 2010). Nos alimentos, são responsáveis por conferir características sensoriais, tais como aroma, sabor e cor, além de apresentarem ação funcional (RAFAELA CORRÊA PEREIRA; MICHEL CARDOSO DE ANGELIS-PEREIRA, 2014). Porém, muitos pontos devem ser levados em consideração ao caracterizar um composto como funcional e que de fato auxilia na prevenção de condições crônicas não transmissíveis, como por exemplo: a quantidade e forma de preparo desses alimentos e sua biodisponibilidade, nem sempre o composto que está em maior quantidade na planta, será mais absorvido pelo organismo (RAFAELA CORRÊA PEREIRA; MICHEL CARDOSO DE ANGELIS-PEREIRA, 2014).

No que concerne às propriedades antioxidantes dos compostos fenólicos, é possível mencionar sua capacidade para neutralizar espécies reativas de oxigênio e nitrogênio e seu papel na inibição da formação dessas espécies radiculares. Além disso, esses compostos desempenham um papel na regulação e proteção do sistema antioxidante endógeno (COTELLE N., 2001). No entanto, é fundamental ressaltar que, em certas circunstâncias, esses compostos fenólicos podem exibir um comportamento contrário, atuando como agentes pró-oxidantes. Isso ocorre especialmente em condições de pH mais alcalino e quando se trata de compostos fenólicos com menor peso molecular, como o ácido gálico. Nessas situações, esses compostos podem apresentar um potencial pró-oxidante significativo (ANN E. HAGERMAN *et al.*, 1998; SHAHIDI; WANASUNDARA, 1992). Isso destaca a complexidade intrínseca das ações

antioxidantes e a necessidade de uma abordagem criteriosa ao avaliar a atividade antioxidante, considerando também as condições específicas em que ela ocorre.

Quanto ao efeito da torrefação no teor de compostos fenólicos presentes nos grãos de café, os estudos observaram que quanto maior o tempo e a temperatura de torrefação, menor a quantidade de compostos fenólicos encontrados nos grãos (HEČIMOVIĆ *et al.*, 2011; MEHAYA; MOHAMMAD, 2020; PRIFTIS *et al.*, 2018; ODŽAKOVIĆ *et al.*, 2016). Também houve a identificação de que períodos intermediários de torrefação, entre 5 e 13 minutos, apresentam maior teor de compostos fenólicos (MESTANZA; MORI-CULQUI; CHAVEZ, 2023). Além disso, Mojica *et al.* (2018) constataram que a torra clara resultou em maior teor de compostos fenólicos, assim como os estudos de Król *et al.* (2020), que investigaram tanto grãos frescos quanto armazenados ao longo de 12 meses, destacando que os grãos frescos apresentaram maiores teores de compostos fenólicos na torra clara, com redução à medida que a torrefação avançava. Já nos grãos armazenados, o comportamento foi diferente, com a torra clara ainda apresentando maior teor, seguida pela torra média e depois pela torra escura. Outros estudos também concluíram que os maiores teores de fenólicos totais estão em torrefações medianas (GÓRECKI; HALLMANN, 2020; HEČIMOVIĆ *et al.*, 2011).

No tocante aos fenólicos totais, os resultados da revisão indicam que a torrefação clara é associada a 71,4% dos teores mais elevados, enquanto a torra média é responsável por 28,6% dos casos em que foram relatados maiores teores desses compostos (fig. 3C). Essa distribuição sugere uma tendência em direção à torra clara como aquela que preserva ou gera fenólicos totais em maior quantidade. Logo, de acordo com os resultados obtidos, pode ser considerada a torrefação com maiores potenciais quimiopreventivos.

No entanto, é importante destacar algumas limitações que foram observadas nos estudos relacionadas ao meio de cultivo dos grãos. Por exemplo, de acordo com os resultados descritos por Król *et al.* (2020) e Górecki e Hallman (2020), a adoção de práticas de cultivo orgânico demonstrou causar um aumento significativo nos teores de compostos fenólicos nas plantas de café em comparação com os métodos de cultivo convencionais. Isso sugere que o ambiente de cultivo desempenha um papel fundamental na composição química do café e em seus atributos antioxidantes.

Além disso, Król *et al.* (2020) também observou que o processo de armazenamento dos grãos de café pode levar a uma redução substancial nos teores de compostos antioxidantes presentes na bebida final. Essa descoberta ressalta a complexidade envolvida na análise da verdadeira composição funcional do café, uma vez que vários fatores, como o método de cultivo

e o armazenamento, podem influenciar significativamente a concentração desses compostos benéficos na bebida.

3.4 Ácido Clorogênico e derivados

O ácido clorogênico e seus derivados são compostos fenólicos pertencentes à classe de ácidos fenólicos. No ano de 2022, Gupta et al. conduziram uma revisão sistemática que abordou os efeitos do ácido clorogênico em diversos tipos de câncer, incluindo mama, próstata, cólon, hepático, leucemia e pulmonar. Os resultados dessa análise destacaram propriedades anticancerígenas do ácido clorogênico, como a indução de morte celular programada, redução da viabilidade de células mutadas, inibição da migração celular, além da supressão da formação de colônias, proliferação e metástase. Esses achados sugerem um potencial terapêutico significativo do ácido clorogênico no combate ao câncer.

Para uma análise mais completa das implicações do ácido clorogênico, é fundamental considerar que as concentrações de ácido clorogênico absorvidas são relativamente baixas para conferir uma ação antioxidante significativa (CLIFFORD, 2004; KUHNERT, 2013) Feng et al. (2005) demonstrou que a influência quimioprotetora do ácido clorogênico não está diretamente relacionada à sua capacidade antioxidante intrínseca, mas sim à sua capacidade de modular a expressão gênica. Esse mecanismo sugere que o ácido clorogênico atua como um modulador da expressão de genes envolvidos na síntese de enzimas do sistema antioxidante endógeno, e destaca a complexidade dos mecanismos envolvidos nas interações do ácido clorogênico com o organismo.

A avaliação das concentrações de ácido clorogênico e seus derivados presentes em grãos de café sujeitos a vários graus de torrefação indicou que o ácido clorogênico possui maiores concentrações nas torrefações claras e que seu teor reduz à medida que a intensidade da torra aumenta (GRZELCZYK *et al.*, 2022; HEČIMOVIĆ *et al.*, 2011; KRÓL *et al.*, 2020; MOJICA *et al.*, 2018; MONTENEGRO *et al.*, 2021; OPITZ *et al.*, 2017).

Em contrapartida, houveram constatações de maiores tendências de ácido clorogênico e derivados em torrefações medianas. Também foi constatado que esse perfil de torra preservou concentrações mais elevadas desses compostos quando os grãos foram armazenados por um ano (GÓRECKI; HALLMANN, 2020; KRÓL *et al.*, 2020). Além disso, ao analisar alguns derivados específicos, Priftis et al. (2018) mencionaram a formação de lactonas derivadas do

ácido clorogênico durante o processo de torrefação; Yildirim et al. (2022) analisaram o teor de ácido cafeico e concluíram que uma maior temperatura de torra reduziu o conteúdo desse composto. Ademais, Vignoli et al. (2014) reportaram que o processo de torrefação reduziu drasticamente as concentrações de 5-CQA (ácido 5-cafeoilquínico) com aproximadamente 90% do seu teor sendo perdido.

Dos artigos presentes nessa revisão, a maior parte deles (90,9%) identificou maiores concentrações nas torras claras. Em contrapartida, 9,1% dos estudos sugerem que a torra média pode também resultar em teores significativos de ácido clorogênico e seus derivados (fig.3D). Isso pode ser justificado pela maior suscetibilidade à degradação dos mesmos em condições de torrefação prolongada e temperaturas elevadas (DIVIŠ; POŘÍ-ZKA; KŘÍ-KALA, 2019; KAMIYAMA *et al.*, 2015; MEHAYA; MOHAMMAD, 2020). De acordo com as informações coletadas, torrefações de níveis mais claros demonstram maior propensão a exibir quantidades ampliadas dessa classe de compostos fenólicos, o que, por conseguinte, sugere uma maior potencialidade para exercer um impacto significativo na prevenção ao câncer.

A maior parte dos estudos identificou teores mais elevados em torras claras, mas a torra média também pode contribuir. Essas descobertas realçam o potencial do café como fonte de compostos fenólicos na prevenção ao câncer, ressaltando a necessidade de pesquisas adicionais para entender melhor essa relação entre concentração, torrefação, ingestão e efeitos anticancerígenos.

3.5 Produtos da Reação de Maillard

A reação de Maillard representa um complexo processo físico-químico pelo qual certos alimentos atravessam quando expostos a temperaturas superiores a 120°C (MARIA ALESSIA SCHOUTEN; SILVIA TAPPI; SANTINA ROMANI, 2020). Esse fenômeno culmina em significativas modificações das propriedades sensoriais e nutricionais, além de gerar a formação de novos compostos, muitas vezes indesejados, denominados de ‘produtos da Reação de Maillard’ (FRANCISQUINI *et al.*, 2017).

Um composto de destaque nessa discussão é a melanoidina. Wang et al. (2011), em sua abrangente revisão da literatura sobre as propriedades biológicas das melanoidinas relacionadas à saúde humana, destacaram que, apesar de apresentarem efeitos citotóxicos em doses elevadas, estudos diversos ressaltaram suas notáveis capacidades antioxidantes. Essa

capacidade antioxidante é atribuída à capacidade das melanoidinas de quelar metais e neutralizar radicais livres. No entanto, é importante notar que a relação entre a atividade antioxidante das melanoidinas e a intensidade de sua cor ou grau de aquecimento pode variar. Além disso, outras substâncias que não estão covalentemente ligadas às melanoidinas também podem contribuir para essa atividade antioxidante, tornando a compreensão completa desse composto um desafio que envolve múltiplos fatores a serem considerados.

A análise da produção de melanoidinas e sua relação com o processo de torrefação foi uma abordagem adotada por apenas dois dos artigos incluídos nesta revisão (OPITZ *et al.*, 2017; VIGNOLI *et al.*, 2014). Esses estudos revelaram um achado interessante: à medida que o processo de torrefação se intensifica, as concentrações de melanoidinas também aumentam. Isso inicialmente sugeriria uma possível correlação positiva entre o aumento da torrefação e o aumento da atividade antioxidante desses compostos. No entanto, os resultados desses estudos não confirmaram essa hipótese. Pelo contrário, eles indicaram que a atividade antioxidante dos cafés reduziu com o aumento da torrefação, o que pode indicar que outros compostos gerados no processo de torrefação, que são considerados citotóxicos, provavelmente estão desempenhando um papel na redução da atividade antioxidante à medida que a torrefação se aprofunda. A acrilamida e a 5-hidroxiacetilfurfural (HMF), foram dois desses compostos que foram analisados por alguns artigos (GRZELCZYK *et al.*, 2022; MEHAYA; MOHAMMAD, 2020; VIGNOLI *et al.*, 2014) e que são considerados citotóxicos.

A acrilamida é uma substância que apresenta a capacidade de se ligar à proteínas, incluindo o DNA e RNA, podendo assim ocasionar mutações nessas moléculas (CAPUANO; FOGLIANO, 2011; HADI ATABATI *et al.*, 2020; ŞENGÜL; GELEN; YILDIRIM, 2021; SHIPP *et al.*, 2006). Apesar disso, Basaran *et al.* (2023) realizaram uma extensa revisão sistemática a fim de compreender melhor a relação do consumo de acrilamida com o desenvolvimento de câncer e o estudo observou que, embora alguns estudos tenham indicado preocupações, a evidência atual não é conclusiva o suficiente para estabelecer diretrizes definitivas. Porém, trata-se de um composto identificado, desde 1994 pela Agência Internacional de Pesquisa sobre o Câncer, como possivelmente carcinogênico para humanos. Logo, seu teor em alimentos deve ser analisado com cautela e deve ser levado em consideração quando se trata da análise alimentos com possível ação quimiopreventiva.

Quanto ao efeito do grau de torrefação no teor de acrilamida, Mojica *et al.* (2018) revelou uma relação complexa entre esse composto e o crescimento celular, com efeitos distintos dependendo da concentração e do tipo de acrilamida, bem como das linhagens

celulares específicas em estudo, em concentrações maiores que as presentes no café, a acrilamida inibiu o crescimento celular, porém em menores concentrações ela apresentou o efeito contrário. Ademais, Grzelczyk et al. (2022) indicou que essa substância estava mais presente em torras claras, destacando a complexidade da relação entre a torrefação, a atividade antioxidante e a concentração de acrilamida.

No que diz respeito ao 5-Hydroxymethylfurfural (HMF), composto que também se origina da Reação de Maillard, e, de forma semelhante à acrilamida, tem sido objeto de divergências significativas na literatura quanto ao potencial risco que pode representar para a saúde humana. Alguns estudos apontam preocupações relacionadas à genotoxicidade desse composto, enquanto outros não conseguiram estabelecer uma relação clara nesse sentido (CAPUANO; FOGLIANO, 2011). Diante dessa incerteza, é essencial considerar os níveis de HMF ao avaliar alimentos com propriedades funcionais. Isso se torna particularmente importante, uma vez que há a possibilidade de riscos potenciais associados ao consumo desse composto, e a determinação de seus teores em alimentos desempenha um papel crucial na garantia da segurança alimentar e na avaliação de seus impactos na saúde. No contexto dos estudos desta revisão, é relevante notar que apenas três deles abordaram especificamente o HMF.

Torrefações mais claras apresentaram níveis mais elevados desse composto; quanto à relação tempo/temperatura, observou-se que temperaturas de torrefação mais baixas, como 160°C, e um tempo de torrefação mais prolongado resultou em níveis mais elevados de HMF no grão de café. Por outro lado, temperaturas de torrefação mais elevadas, como 180°C e 220°C, levaram a concentrações mais altas de HMF em tempos de torrefação entre 20 e 30 minutos (GRZELCZYK *et al.*, 2022; MEHAYA; MOHAMMAD, 2020). Além disso, observou-se que o processo de torrefação inicialmente aumentou as concentrações de HMF, mas posteriormente ocorreu uma redução drástica, com uma diminuição de 100% no teor desse composto nas torras mais escuras (VIGNOLI *et al.*, 2014).

Esses resultados ressaltam a influência significativa das condições de torrefação, como temperatura e tempo, sobre os teores de HMF nos alimentos, particularmente no café. Portanto, a escolha dessas variáveis durante o processo de preparação de alimentos desempenha um papel fundamental na regulação dos níveis de HMF e, por conseguinte, na qualidade e segurança dos produtos finais.

Curiosamente, os resultados desta revisão revelaram uma notável divergência em relação à presença de compostos citotóxicos provenientes da Reação de Maillard e à

atividade antioxidante dos grãos de café. Esta discrepância é atribuída, em parte, à escassez de estudos abrangentes que investigaram esses compostos em profundidade. A limitação de dados e evidências disponíveis sobre esse tópico específico impossibilitou a formulação de conclusões definitivas.

3.6. Viabilidade celular e Teste antimutagênico

Dos artigos que investigaram a correlação entre o grau de torrefação e potenciais ações anticarcinogênicas - inibição da viabilidade celular de células cancerosas (um total de 2 artigos) e teste antimutagênico (um único artigo) - houve um consenso notável. Essa concordância apontou para o fato de que torras mais claras demonstraram um maior potencial antimutagênico quando comparadas às amostras submetidas a tempos e temperaturas de torrefação mais elevados (MOJICA *et al.*, 2018; PRIFTIS *et al.*, 2018).

Com esse achado, pode-se notar que haja uma relação entre o teor de compostos fenólicos, ácidos clorogênico e atividade antioxidante com o potencial antimutagênico dos grãos, porém é crucial analisar os resultados do presente estudo com cautela, uma vez que a influência desses compostos no grão de café é influenciada por inúmeros fatores, alguns já citados anteriormente, e que serão discutidos com maior propriedade a seguir.

3.7. Limitações do Estudo

3.7.1. Diversidade de Métodos de Torrefação nos Estudos

A divergência e falta de padronização dos perfis de torrefação nos estudos foi o principal fator limitante do presente estudo. Cada pesquisa empregou sua própria metodologia para definir os níveis de torrefação, classificando-os como claro, médio ou escuro. Além disso, a escolha de diferentes tipos de torradores de café, variando de industriais a escalas laboratoriais, e em alguns casos, a omissão das informações sobre o equipamento utilizado, contribuiu para a dificuldade em comparar os resultados entre os estudos. Uma abordagem para mitigar essa falta de padronização poderia envolver o uso de uma escala colorimétrica; no

entanto, poucos artigos adotaram esse método, tornando a interpretação dos resultados ainda mais complexa.

3.7.2. Grãos de diferentes regiões

É importante destacar a significativa variação nas regiões de cultivo dos grãos de café abordadas nos estudos, um fato que já foi mencionado anteriormente como um elemento capaz de influenciar a composição química dos grãos. Essa diversidade regional, por sua vez, adiciona um desafio adicional à interpretação dos resultados.

3.7.3. Divergência nos Métodos de Extração

Outro aspecto que careceu de padronização foi o método de extração dos compostos do café, o que poderia resultar em disparidades nas concentrações das substâncias. Em última análise, ao interpretar os resultados, é fundamental considerar a biodisponibilidade da bebida.

4 CONCLUSÕES

Em síntese, a avaliação abrangente dos 14 artigos científicos desvenda uma intrincada relação entre o grau de torrefação do café e os compostos bioativos, incluindo atividade antioxidante, cafeína, ácido clorogênico e fenólicos totais. De modo geral, as pesquisas examinadas indicaram uma tendência em que as torrefações mais claras apresentam uma melhor preservação dos compostos bioativos nos grãos. Além disso, temperaturas mais baixas (entre 160°C e 180°C) e tempos de torrefação mais curtos (aproximadamente 12 minutos) demonstraram ser mais eficazes nessa conservação. Entretanto, deve-se abordar essa tendência com cautela, pois os artigos analisados destacaram inúmeras limitações a serem consideradas. Ademais, o aparecimento de conclusões divergentes nos estudos sublinha a necessidade de uma padronização metodológica mais rigorosa para obter uma visão mais nítida e confiável das interações entre a torrefação e as características dos compostos no café.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALI, A.; ZAHID, H. F.; COTTRELL, J. J.; DUNSHEA, F. R. A Comparative Study for Nutritional and Phytochemical Profiling of *Coffea arabica* (C. arabica) from Different Origins and Their Antioxidant Potential and Molecular Docking. **Molecules (Basel, Switzerland)**, Basel, v. 27, n. 16, p. 5126, 2022. <https://doi.org/10.3390/molecules27165126>.
- ANN E. HAGERMAN; KEN M. RIEDL; G. ALEXANDER JONES; KARA N. SOVIC; NICOLE T. RITCHARD; PAUL W. HARTZFELD; THOMAS L. RIECHEL. High Molecular Weight Plant Polyphenolics (Tannins) as Biological Antioxidants | Journal of Agricultural and Food Chemistry. 1998. Disponível em: <https://pubs-acsc-org.ez26.periodicos.capes.gov.br/doi/full/10.1021/jf970975b>. Acesso em: 18 set. 2023.
- ANN M. BODE; ZIGANG DONG. The enigmatic effects of caffeine in cell cycle and cancer. **Cancer Letters**, v. 247, n. 1, p. 26–39, 8 mar. 2007. <https://doi.org/10.1016/j.canlet.2006.03.032>.
- BAŞARAN, B.; ÇUVALCI, B.; KABAN, G. Dietary Acrylamide Exposure and Cancer Risk: A Systematic Approach to Human Epidemiological Studies. **Foods**, v. 12, n. 2, p. 346, 11 jan. 2023. <https://doi.org/10.3390/foods12020346>.
- CAPUANO, E.; FOGLIANO, V. Acrylamide and 5-hydroxymethylfurfural (HMF): A review on metabolism, toxicity, occurrence in food and mitigation strategies. **LWT - Food Science and Technology**, v. 44, n. 4, p. 793–810, 1 maio 2011. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2010.11.002>.
- CLIFFORD, M. N. Diet-derived phenols in plasma and tissues and their implications for health. **Planta Medica**, v. 70, n. 12, p. 1103–1114, dez. 2004. <https://doi.org/10.1055/s-2004-835835>.
- COTELLE N. Role of Flavonoids in Oxidative Stress: Ingenta Connect. 2001. Disponível em: <https://www-ingentaconnect-com.ez26.periodicos.capes.gov.br/content/ben/ctmc/2001/00000001/00000006/art00010;jse-ssionid=1hou8ll8i9ud6.x-ic-live-01>. Acesso em: 18 set. 2023.
- DAI, J.; MUMPER, R. J. Plant Phenolics: Extraction, Analysis and Their Antioxidant and Anticancer Properties. **Molecules**, v. 15, n. 10, p. 7313–7352, out. 2010. <https://doi.org/10.3390/molecules15107313>.
- DIVIŠ, P.; POŘÍ-ZKA, J.; KŘÍ-KALA, J. The effect of coffee beans roasting on its chemical composition. **Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences**, v. 13, n. 1, p. 344–350, 28 maio 2019. <https://doi.org/10.5219/1062>.
- FENG, R.; LU, Y.; BOWMAN, L. L.; QIAN, Y.; CASTRANOVA, V.; DING, M. Inhibition of activator protein-1, NF-kappaB, and MAPKs and induction of phase 2 detoxifying enzyme activity by chlorogenic acid. **The Journal of Biological Chemistry**, v. 280, n. 30, p. 27888–27895, 29 jul. 2005. <https://doi.org/10.1074/jbc.M503347200>.
- FIGUEIREDO, C. R. L. V. O intrigante paradoxo da inflamação associada ao câncer: uma atualização. **Jornal Brasileiro de Patologia e Medicina Laboratorial**, v. 55, p. 321–332, 1 ago. 2019. <https://doi.org/10.5935/1676-2444.20190029>.
- FRANCISQUINI, J. D.; MARTINS, E.; SILVA, P. H. F.; SCHUCK, P.; PERRONE, Í. T.; CARVALHO, A. F. REAÇÃO DE MAILLARD: UMA REVISÃO. **Revista do Instituto de**

Laticínios Cândido Tostes, v. 72, n. 1, p. 48, 21 nov. 2017. <https://doi.org/10.14295/2238-6416.v72i1.541>.

GIULIA ANGELONI; L. GUERRINI; P MASELLA; M. BELLUMORI; S. DALUIO; A. PARENTI; MARZIA INNOCENTI. What kind of coffee do you drink? An investigation on effects of eight different extraction methods. **Food Research International**, v. 116, p. 1327–1335, 1 fev. 2019. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2018.10.022>.

GÓRECKI, M.; HALLMANN, E. The Antioxidant Content of Coffee and Its In Vitro Activity as an Effect of Its Production Method and Roasting and Brewing Time. **Antioxidants**, Switzerland, v. 9, n. 4, p. 308, 2020. <https://doi.org/10.3390/antiox9040308>.

GRZELCZYK, J.; FIURASEK, P.; KAKKAR, A.; BUDRYN, G. Evaluation of the thermal stability of bioactive compounds in coffee beans and their fractions modified in the roasting process. **Food Chemistry**, v. 387, p. 132888, 1 set. 2022. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.132888>.

HASHIMOTO, T.; HE, Z.; MA, W.-Y.; SCHMID, P. C.; BODE, A. M.; YANG, C. S.; DONG, Z. Caffeine Inhibits Cell Proliferation by G0/G1 Phase Arrest in JB6 Cells. **Cancer Research**, v. 64, n. 9, p. 3344–3349, 3 maio 2004. <https://doi.org/10.1158/0008-5472.CAN-03-3453>.

HEČIMOVIĆ, I.; BELŠČAK-CVITANOVIĆ, A.; HORŽIĆ, D.; KOMES, D. Comparative study of polyphenols and caffeine in different coffee varieties affected by the degree of roasting. **Food chemistry**, OXFORD, v. 129, n. 3, p. 991–1000, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.05.059>.

KAMIYAMA, M.; MOON, J.-K.; JANG, H. W.; SHIBAMOTO, T. Role of Degradation Products of Chlorogenic Acid in the Antioxidant Activity of Roasted Coffee. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 63, n. 7, p. 1996–2005, 25 fev. 2015. <https://doi.org/10.1021/jf5060563>.

KRÓL, K.; GANTNER, M.; TATARAK, A.; HALLMANN, E. The content of polyphenols in coffee beans as roasting, origin and storage effect. **European food research & technology**, Berlin/Heidelberg, v. 246, n. 1, p. 33–39, 2020. <https://doi.org/10.1007/s00217-019-03388-9>.

KUHNERT, N. One size does not fit all--bacterial cell death by antibiotics cannot be explained by the action of reactive oxygen species. **Angewandte Chemie (International Ed. in English)**, v. 52, n. 42, p. 10946–10948, 11 out. 2013. <https://doi.org/10.1002/anie.201304548>.

MARIA ALESSIA SCHOUTEN; SILVIA TAPPI; SANTINA ROMANI. Acrylamide in coffee: formation and possible mitigation strategies – a review: *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*: Vol 60, No 22. jan. 2020. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/10408398.2019.1708264>. Acesso em: 3 set. 2023.

MEHAYA, F. M.; MOHAMMAD, A. A. Thermostability of bioactive compounds during roasting process of coffee beans. **Heliyon**, v. 6, n. 11, p. e05508, nov. 2020. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e05508>.

MEJIA, E. G. D.; RAMIREZ-MARES, M. V. Impact of caffeine and coffee on our health. **Trends in Endocrinology & Metabolism**, v. 25, n. 10, p. 489–492, out. 2014. <https://doi.org/10.1016/j.tem.2014.07.003>.

MENDES, G. F.; REIS, C. E. G.; NAKANO, E. Y.; DA COSTA, T. H. M.; SAUNDERS, B.; ZANDONADI, R. P. Translation and Validation of the Caffeine Expectancy Questionnaire in Brazil (CaffEQ-BR). **Nutrients**, v. 12, n. 8, p. 2248, 28 jul. 2020. <https://doi.org/10.3390/nu12082248>.

MESTANZA, M.; MORI-CULQUI, P. L.; CHAVEZ, S. G. Changes of polyphenols and antioxidants of arabica coffee varieties during roasting. **Frontiers in nutrition (Lausanne)**, Switzerland, v. 10, p. 1078701–1078701, 2023. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1078701>.

MINISTÉRIO DA SAÚDE. Dieta, nutrição, atividade física e câncer: uma perspectiva global - um resumo do terceiro relatório de especialistas com uma perspectiva brasileira. 16 out. 2020. **INCA - Instituto Nacional de Câncer**. Disponível em: <https://www.inca.gov.br/publicacoes/relatorios/dieta-nutricao-atividade-fisica-e-cancer-uma-perspectiva-global-um-resumo-do>. Acesso em: 4 maio 2023.

MOJICA, B. E.; FONG, L. E.; BIJU, D.; MUHARRAM, A.; DAVIS, I. M.; VELA, K. O.; RIOS, D.; OSORIO-CAMACENA, E.; KAUR, B.; ROJAS, S. M.; FORESTER, S. C. The Impact of the Roast Levels of Coffee Extracts on their Potential Anticancer Activities. **Journal of Food Science**, v. 83, n. 4, p. 1125–1130, abr. 2018. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.14102>.

MONTENEGRO, J.; DOS SANTOS, L. S.; DE SOUZA, R. G. G.; LIMA, L. G. B.; MATTOS, D. S.; VIANA, B. P. P. B.; DA FONSECA BASTOS, A. C. S.; MUZZI, L.; CONTE-JÚNIOR, C. A.; GIMBA, E. R. P.; FREITAS-SILVA, O.; TEODORO, A. J. Bioactive compounds, antioxidant activity and antiproliferative effects in prostate cancer cells of green and roasted coffee extracts obtained by microwave-assisted extraction (MAE). **Food Research International (Ottawa, Ont.)**, v. 140, p. 110014, fev. 2021. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.110014>.

NIGRA, A. D.; TEODORO, A. J.; GIL, G. A. A Decade of Research on Coffee as an Anticarcinogenic Beverage. **Oxidative medicine and cellular longevity**, United States, v. 2021, p. 4420479–18, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/4420479>.

OPITZ, S. E. W.; GOODMAN, B. A.; KELLER, M.; SMRKE, S.; WELLINGER, M.; SCHENKER, S.; YERETZIAN, C. Understanding the Effects of Roasting on Antioxidant Components of Coffee Brews by Coupling On-line ABTS Assay to High Performance Size Exclusion Chromatography. **Phytochemical analysis: PCA**, v. 28, n. 2, p. 106–114, mar. 2017. <https://doi.org/10.1002/pca.2661>.

PAUR, I.; BALSTAD, T. R.; BLOMHOFF, R. Degree of roasting is the main determinant of the effects of coffee on NF- κ B and EpRE. **Free radical biology & medicine**, NEW YORK, v. 48, n. 9, p. 1218–1227, 2010. <https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2010.02.005>.

PAUWELS, E. K. J.; VOLTERRANI, D. Coffee Consumption and Cancer Risk: An Assessment of the Health Implications Based on Recent Knowledge. **Medical Principles and Practice**, v. 30, n. 5, p. 401–411, 24 mar. 2021. <https://doi.org/10.1159/000516067>.

PRIFTIS, A.; MITSIOU, D.; HALABALAKI, M.; NTASI, G.; STAGOS, D.; SKALTSOUNIS, L. A.; KOURETAS, D. Roasting has a distinct effect on the antimutagenic activity of coffee varieties. **Mutation Research. Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis**, v. 829–830, p. 33–42, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.mrgentox.2018.03.003>.

RAFAELA CORRÊA PEREIRA; MICHEL CARDOSO DE ANGELIS-PEREIRA. **COMPOSTOS FENÓLICOS NA SAÚDE HUMANA: DO ALIMENTO AO ORGANISMO**. [S. l.]: Editora UFLA, 2014.

RODRIGUEZ, Y. F. B.; GUZMAN, N. G.; HERNANDEZ, J. G. EFFECT OF THE POSTHARVEST PROCESSING METHOD ON THE BIOCHEMICAL COMPOSITION AND SENSORY ANALYSIS OF ARABICA COFFEE. **Engenharia Agrícola**, v. 40, p. 177–183, 22 abr. 2020. <https://doi.org/10.1590/1809-4430-Eng.Agric.v40n2p177-183/2020>.

ROMUALDO, G. R.; ROCHA, A. B.; VINKEN, M.; COGLIATI, B.; MORENO, F. S.; CHAVES, M. A. G.; BARBISAN, L. F. Drinking for protection? Epidemiological and experimental evidence on the beneficial effects of coffee or major coffee compounds against gastrointestinal and liver carcinogenesis. **Food research international**, Canada, v. 123, p. 567–589, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2019.05.029>.

SANTOS, M. de O.; LIMA, F. C. da S. de; MARTINS, L. F. L.; OLIVEIRA, J. F. P.; ALMEIDA, L. M. de; CANCELA, M. de C. Estimativa de Incidência de Câncer no Brasil, 2023-2025. **Revista Brasileira de Cancerologia**, v. 69, n. 1, p. e-213700, 6 fev. 2023. <https://doi.org/10.32635/2176-9745.RBC.2023v69n1.3700>.

SANTOSO I; MUSTANIROH S A; CHOIRUN A. Methods for quality coffee roasting degree evaluation: a literature review on risk perspective - IOPscience. 2021. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/924/1/012058>. Acesso em: 19 set. 2023.

SHAHIDI, F.; WANASUNDARA, P. K. Phenolic antioxidants. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 32, n. 1, p. 67–103, 1992. <https://doi.org/10.1080/10408399209527581>.

SHIPP, A.; LAWRENCE, G.; GENTRY, R.; MCDONALD, T.; BARTOW, H.; BOUNDS, J.; MACDONALD, N.; CLEWELL, H.; ALLEN, B.; VAN LANDINGHAM, C. Acrylamide: Review of Toxicity Data and Dose-Response Analyses for Cancer and Noncancer Effects. **Critical Reviews in Toxicology**, v. 36, n. 6–7, p. 481–608, jan. 2006. <https://doi.org/10.1080/10408440600851377>.

THULER, L. C. S. ABC do Câncer - Abordagens Básicas para o Controle do Câncer. 2018. .

VIGNOLI, J. A.; VIEGAS, M. C.; BASSOLI, D. G.; BENASSI, M. de T. Roasting process affects differently the bioactive compounds and the antioxidant activity of arabica and robusta coffees. **Food research international**, AMSTERDAM, v. 61, p. 279–285, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.06.006>.

WANG, H.-Y.; QIAN, H.; YAO, W.-R. Melanoidins produced by the Maillard reaction: Structure and biological activity. **Food Chemistry**, v. 128, n. 3, p. 573–584, out. 2011. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.03.075>.

WHO. Cancer. 2023. Disponível em: <https://www.who.int/health-topics/cancer>. Acesso em: 4 maio 2023.

YEISON FERNANDO BARRIOS-RODRÍGUEZ; NELSON GUTIÉRREZ-GUZMÁN; CLAUDIA MILENA AMOROCHO-CRUZ; FRANCO PEDRESCHI; MARÍA SALOMÉ MARIOTTI CELIS. Integrated effect of yeast inoculation and roasting process conditions on the neo formed contaminants and bioactive compounds of Colombian roasted coffee (*Coffea arabica*). **Food Research International**, v. 164, p. 112380, 1 fev. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2022.112380>.

YILDIRIM, S.; GOK, I.; DEMIR, E.; TOKUSOGLU, O. Use of electrochemical techniques for determining the effect of brewing techniques (espresso, Turkish and filter coffee) and

roasting levels on total antioxidant capacity of coffee beverage. **Journal of food processing and preservation**, v. 46, n. 7, p. n/a, 2022. <https://doi.org/10.1111/jfpp.16626>.

ANEXO A

Estudo	Objetivo	Metodologia				
		Grão	Torrefação	Extração	Compostos analisados	Resultados Principais
Mehaya et al. - 2020	Estudar o efeito da torra no perfil de compostos fenólicos, cafeína, hidroximetilfurfural (HMF), índice de escurecimento e capacidade antioxidante a fim de otimizar o processo de torrefação.	Etiópia	160°C, 180°C e 220°C por 10, 20, 30 e 40 min em cada temperatura a fim de atingir os 3 níveis básicos de torrefação: claro, médio e escuro. Os atributos de cores foram medidos a partir da escala de cor CIE (comissão Internacional de Iluminação).	Água quente a 75°C, proporção de 1:20 e homogeneização em banho ultrassônico por 5 minutos. Centrifugação e filtragem com filtro de papel.	HMF (CLAE)	160°C: T40 > T30 > T20 > T10 = grão verde 180°C e 220°C: T20 > T30 > T40 > T10
					Cafeína (CLAE)	160°C: T40 > T20 > T30 > T10 > grão verde 180°C e 220°C: T40 > T30 > T30 > T20 > T10 > grão verde
					Compostos fenólicos (CLAE e Folin-Ciocalteu)	+ tempo/temperatura: - compostos fenólicos totais
					Atividade antioxidante (radical DPPH e ABTS e potencial de capacidade de redução férrica - FRAP)	160°C: Grão verde > T40 > T30 > T20 > T10 180°C: Grão verde > T30 > T20 > T40 > T10 220°C: Grão verde > T10 > T20 > T30 > T40
					índices de escurecimento (espectrofotômetro UV-vis)	+ Tempo/temperatura: + escurecimento

					parâmetros de termoestabilidade das amostras.	Termoestabilidade da cafeína > ácido clorogênico e ácido cafeico
						Melhores parâmetros de torrefação: 180°C por 20 min ou 220°C por 10 min
Montenegro et al. - 2020	Analisar o efeito dos compostos bioativos presentes no café com o câncer de próstata.	Brasil		Grãos moídos foram diluídos em dois solventes (água destilada e etanol 50%) em uma proporção de 8:1 líquido-sólido e a extração foi feita em microondas por 40 segundos, potência 240W a 50°C e depois foi centrifugado para separação da parte sólida da líquida. Procedimento realizado 2 vezes.	Atividade Antioxidante (DPPH, ABTS, FRAP - potência antioxidante de redução férrica, Folin-Ciocalteu, ORAC - Capacidade de absorção de radicais de oxigênio, CLAE)	Grão verde = clara > média > escura
					ORAC apresentou resultados diferentes: grão verde > média > clara > escura	
					Cafeína (CLAE)	Sem mudanças significativas durante a torra
			Clara: 230°C por 12min		Ácido Clorogênico (CLAE)	Grão verde > clara > média > escura
			Média: 240°C por 14min		Ácido cafeico (CLAE)	Clara > grão verde > média > escura
			Escura: 245°C por 15min		Viabilidade celular (ensaio MTT)	Grãos verdes e torra clara são mais prováveis de apresentar efeitos na redução das células cancerosas
		Torra clara se mostrou mais eficaz contra as linhas				

						<p>celulares do câncer de próstata</p> <p>Café apresentou maiores efeitos em células do câncer de próstata que são mais agressivas (metástase) do que em células menos agressivas.</p> <p>Compostos formados durante a torrefação, como a acrilamida, são responsáveis por causar efeitos citotóxicos em células saudáveis.</p>
Król et al. - 2019	Determinar o total de compostos bioativos de café arábicas do Brasil de produção orgânico e convencional, sob diferentes graus de torrefação.	Brasil		Infusão por 6 minutos em água quente e deionizada, proporção de 1:100 (café: água). Depois, filtragem com filtro de papel.	Polifenóis totais (CLAE)	Grãos frescos: Clara > escura > média
						Grãos armazenados: Clara > média > escura
			Clara: 190°C por 25min		Ácidos Fenólicos (CLAE)	Grãos frescos: Clara > média > escura
			Média: 220°C por 25min			Grãos armazenados: média > clara > escura
			Escura: 250°C por 25min			Maior tempo de torra: - ácido clorogênico e + ácido cafeico e ácido salicílico
	Flavonoides Totais (CLAE)	Armazenado: clara > média > escura				

						Fresco: Escura > Média > Clara
					Cafeína (CLAE)	Fresco e armazenado: Clara > Média > Escura
Mojica et al. - 2018	Comparar o efeito de diferentes torras de café na atividade inibidora do crescimento das linhagens das células cancerosas: HT-29 (côlon) e SCC-25 (oral).	Colômbia	Canela: 437°F (aprox. 225°C) por 13:20min	Extração por filtração durante 5 minutos, proporção de 59ml de café para 355ml de água quente e purificada	Ensaio de Viabilidade celular (ensaio MTT)	Torras mais claras (canela) apresentaram maior potencial de inibição de crescimento das células cancerígenas, assim como maior quantidade de compostos fenólicos, ácido gálico e cafeico.
			"City roasted": 443°F (aprox. 228,33°C) por 13:52 min			Torras mais escuras tem menor potencial antiproliferativo.
			"Full City roasted": 455°F (aprox. 255°) por 14:32 min		Acrilamida	Acrilamida apresentou uma relação complexa com o crescimento celular. Houveram efeitos distintos dependendo do tipo e da concentração desse composto, bem como das linhagens celulares.
					Polifenóis Totais (Folin-Ciocalteu)	Ácido gálico e cafeico: Sem diferenças significativas

						Ácido clorogênico: Maior quantidade na torra clara
						Atividade Antioxidante (ORAC)
			"Full City Plus": 463°F (aprox. 293,4°C) por 15:04min			Compostos Fenólicos (CLAE)
						Canela > outros (não apresentam diferenças significativas)
						Canela > "Full City Plus" e grão verde > "City" e "Full City"
Opitz et al. - 2016	Investigar a capacidade antioxidante de cafés arábicas e robustas submetidos a diferentes condições de torrefação.	Costa Rica	4 Relações de tempo: temperatura listados abaixo:	Infusão por 4 minutos em água quente, na Prensa Francesa; proporção de 12g : 200ml (café: água). Depois, filtragem do líquido.	Atividade Antioxidante (acoplamento do ensaio ABTS com a cromatografia por exclusão de tamanho de alta performance; Folin-Ciocalteu e ORAC)	Clara > Média > Escura
			Rápido: 5:11min a 199°C (clara); 5:14min a 208° (média) e 05:32min a 217°C (escura)			Torras mais rápidas e em maiores temperaturas resultaram em cafés com maior potencial antioxidante e com menor degradação dos compostos bioativos, porém temperaturas muito elevadas tendem a oxidar os compostos
			Médio-rápido: 7:54min a 212°C (clara); 8:23min a			Grau de torrefação (claro, médio e escuro) apresentou maior impacto do que o perfil de torrefação (rápido, médio-rápido, médio-devagar e devagar)
					Ácido Clorogênico (CLAE, acoplada à	+ tempo de torra e - temperatura: menor

			220°C (média) e 8:26 a 227°C (escura)		Espectrometria de Massas)	quantidade ácido clorogênico
			Médio-devagar: 10:55min a 231°C (clara); 11:32 a 222°C (média) e 12:03 a 226°C (escura)			Clara: ++ ác. clorogênico e + melanoidinas
			Devagar: 14:58min a 213°C (clara); 17:00min a 222°C (média) e 17:54min a 230°C (escura)			Escura: + ác. clorogênico e ++ melanoidinas
Priftis et al. - 2018	Análise do potencial antimutagênico de 3 variedades de café, sendo o Café Arábica (Brasil e descafeinado) e Coffea canéfora (Robusta) usando 'Ames Test'	Brasil	Torrado a 215°C em 4 tempos diferentes de torra (4 min, 5 min, 6 min e 7 min)	Cafés foram moídos por almofariz e pilão e suas soluções foram preparadas em proporções de 10% peso/volume	Análise da composição qualitativa dos extratos de café (UHPLC-HRMS/MS - Cromatografia Líquida de Ultra Alta Eficiência - Espectrometria de Massa de Alta Resolução/Espectrometria de Massa)	+ tempo de torra: - quantidade de compostos
						Formação de lactonas derivadas do ácido clorogênico através do processo de torrefação
						Cafeína: sem alterações
						- Tempo de torra: + potencial redutor
					Ensaio de sequestro de radicais hidroxilas	os grãos torrados apresentaram pouca atividade contra os radicais

						hidroxila, independente da variedade.
					Potencial redutor	- tempo de torra: + potencial redutor
					Teste Antimutagênico (" <i>Ames Test</i> ")	- tempo de torra: + potencial antimutagênico
						Observou-se correlação entre o teor de compostos fenólicos dos grãos e sua atividade redutora, assim como do potencial redutor e redução dos radicais superóxidos com a ação antimutagênica.
Mestanza et al. - 2023	Analisar a cinética dos polifenóis e antioxidantes durante o processo de torrefação de três variedades de café arábica.	Peru	O processo de torrefação foi conduzido a uma temperatura constante de 170°C, com a coleta de amostras realizada desde o primeiro minuto até o vigésimo primeiro minuto, em intervalos de 2 minutos.	Infusão em água quente (90°C) por 5 min; proporção de 10g : 180 ml (café: água). Depois, filtragem com filtro de papel.	Atividade Antioxidante (DPPH; ABTS)	Período intermediário (5 min - 13min) > Final (15min - 21 min) > Início da torra (1 min - 3 min)
					Fenólicos Totais (Folin-Ciocalteu e CLAE)	Período intermediário (5 min - 13min) > Início da torra (1 min - 3 min) > Final (15min - 21 min)
					Dureza/fraturabilidade dos grãos (texturômetro)	+ tempo de torra : - dureza dos grãos
Grzelczyk et al. - 2022	Avaliar o comportamento térmico dos extratos	Brasil		Extratos obtidos pela fervura do café sob pressão,	Ácido Clorogênico e frações (cromatografia por partição centrífuga)	Grão verde > Clara > escura

	de café (Arábica e Robusta) verde e torrados de forma clara e escura e suas frações			proporção: 1:5,75 (p/p), temperatura do solvente de 110°C por 10 min. Esperou-se reduzir a temperatura até 40°C e depois foi filtrado sob bomba de vácuo.	Cafeína	Sem diferenças
			Clara: 180°C por 6 min		Acrilamida (cromatografia por partição centrífuga)	Clara > escura
					5-Hidroximetilfurfural (cromatografia por partição centrífuga)	Arábica: Clara > escura
			Escura: 230°C por 6 min		Atividade Antioxidante (DPPH) do grão e suas frações - ácido monoclorogênico, ácido diclorogênico e cafeína	Ácido monoclorogênico > ácido diclorogênico > cafeína
						Clara > escura
					Fibra dietética das frações	Arábica: verde > escura > clara
Yildirim et al. - 2021	Determinar a capacidade antioxidante como equivalentes de ácido cafeico e rutina, em três métodos de extração diferentes (café turco, filtrado e espresso) e três graus de torrefação distintos (claro, média e escuro). Investigar o efeito desses fatores no	Blend de cafés da Colômbia, Costa Rica e Guatemala, classificados como cafés Gourmet	Clara: 180°C / Agtron: 105	Café Turco: Infusão em temperatura ambiente de café:água destilada (7g:80ml), aquecimento até 92-95°C	Ácido cafeico (voltametria cíclica - CV; voltametria de pulso diferencial com stripping - DPSV e voltametria de onda quadrada com stripping - SWSV)	+ temperatura de torra: - conteúdo de ácido cafeico
			Média: 205°C / Agtron 85	Espresso: extração por pressão (9 bar), proporção de 7g:35ml - água	Rutina (CV; DPSV e SWSV)	Comportamentos semelhante ao ácido cafeico

	conteúdo de compostos bioativos (ácido cafeico e rutina) e atividade antioxidante total da bebida.			destilada à 90-95°C		
			Escura: 210°C / Agtron 50	Filtrado: filtração com água purificada a 95-97°C, proporção de 7g:125ml	Atividade Antioxidante (equivalente de rutina e ácido cafeico)	Atividade antioxidante: Maior em torras claras
Górecki e Hallmann - 2020	Determinar quais os níveis de torrefação e extração de grãos de café Arábica, cultivados de forma orgânica e convencional, obtêm o melhor perfil antioxidante no café.	Peru		Infusão em água quente e deionizada em dois tempos diferentes - 3min e 6min - depois o extrato foi filtrado.	Cafeína (CLAE)	>tempo de torra: - cafeína
			Clara: 186,5°C por 7:15 min		Compostos polifenóis (CLAE)	Média > escura > clara
			Média: 186,5°C por 8:25 min		Flavonoides totais (CLAE)	Flavonoides totais: Clara > média > escura
			Escura: 186,5°C por 14:02 min		Atividade Antioxidante (ABTS)	Torra média: > atividade antioxidante, Polifenóis Totais e ácidos fenólicos
						Forte correlação entre atividade antioxidante e conteúdo de polifenóis
Hecimovic et al. - 2011	Determinar o teor de cafeína e polifenóis, assim como a capacidade antioxidante de quatro variedades de café, torradas em três graus diferentes (clara, média e			Método de infusão de 2g de café para 20ml de água deionizada (1:10) a 100°C por 15 minutos e mexendo ocasionalmente.	Compostos Fenólicos Totais: Espectrofotometria UV/VIS	Ciocolatato: > Torra média
					Flavonoides Totais: Precipitação com formaldeído	Minas: > Torra clara
					Atividade Antioxidante: Ensaio do poder redutor	Ciocolatato: > Torra média
						Minas: > Torra escura
		Minas	Clara: 162°C por 10 min			Processos de torrefação mais intensos causam

	escura), além dos grãos verdes de cada uma.			Depois, houve centrifugação da mistura e utilizou-se o sobrenadante para análise.	férico (FRAP); ensaio de sequestro de radicais livres (ABTS)	redução da capacidade antioxidante	
			Média: 181°C por 10 min				Cafeína: Isolamento da cafeína com clorofórmio; percentual de cafeína usando a solução de acetato de chumbo; micrométodo para a determinação da cafeína e CLAE (cromatografia líquida de alta eficiência)
		Escura: 195°C por 10 min	Achocolatado		Clara: 145°C por 10 min	+ intensidade da torra: - concentração de cafeína	
		Média: 167°C por 10 min					
		Escura: 195°C por 10 min					
						Derivados do ácido clorogênico: CLAE	> torra clara
						Outros: Flavan-3-ol; teor de taninos; quantidade de proantocianidinas	Flavan-3-ol: + grau de torrefação: + teor do composto (com exceção da variedade 'Minas' que resultou no efeito inverso)
					Proantocianidina: + grau de torrefação: + teor do composto		
					Taninos: cada grão apresentou um padrão diferente: Minas - > torra clara; Cioccolato - > torra média		

Lang et al. - 2013	Investigar a relação entre a coloração da torra com a quantidade de compostos bioativos (trigonelina; n-metilpiridina; cafeína; ácido cafeoilquínico) em um grande conjunto de cafés industrialmente torrados e desenvolver um princípio básico para a mistura (blend) de cafés arábicas e robustas a fim de obter um produto rico nos compostos analisados.	Experimento 1 - Torrador de leito fluidizado em escala laboratorial;		Percolação do pó de café, moido finamente, com água da torneira fervida (não especificou temperatura) em quatro proporções diferentes de água:café (7.5:1, 19:1, 30:1 e 50:1)	Trigonelina (HILIC-LC-MS/MS - Cromatografia Líquida por Interação Hidrofílica e Cromatografia Líquida acoplada à Espectrometria de Massas em Tandem - LC-MS/MS)	+ Escurecimento da torra: - trigonelina
		Brasil	Tempos: 2, 5 e 15 min / Temperaturas: entre 200°C e 290°C		N-metilpiridina (HILIC-LC-MS/MS)	+ Escurecimento da torra: + N-metilpiridina
		Experimento 2 - Torradores industriais			Cafeína (CLAE-DAD - Cromatografia Líquida de Alta Eficiência com Detector de Arranjo de Diodos)	Sem alterações
		Brasil, Guatemala e Colômbia	Tempos: entre 5 e 20 min/Temperaturas: entre 200°C e 330°C		Ácidos cafeoilquínicos (CLAE-DAD)	+ Escurecimento da torra: - ác. cafeoilquínicos
						+ T°C/ - Tempo: Menor degradação dos compostos
Vignoli et al. - 2013	Monitorar o potencial antioxidante dos compostos: ácido 5-cafeoilquínico, cafeína, trigonelina e	Brasil	Variação da temperatura: 215°C a 225°C	50ml de água a 95°C, com agitação por 5 minutos e depois filtração com filtro de papel. A	Atividade antioxidante (ABTS; FRAP; Folin-Ciocalteu)	Manteve-se estável ou reduziu ligeiramente com a intensidade da torrefação (as metodologias de análise apresentaram resultados diferentes entre si)

produtos da Reação de Maillard (melanoidinas, furfural e hidroximetilfurfural) durante o processo de torrefação e estimar a atividade antioxidante correspondente dos produtos, através de diferentes metodologias.		Variação do tempo: 7 a 10 minutos	concentração utilizada variou de acordo com cada método.	5-CQA (CLAE)	Processo de torrefação reduziu drasticamente suas concentrações (aproximadamente 90% do seu teor é perdido)
				Cafeína (CLAE)	Reduções não significativas causadas pela torrefação
				Trigonelina (CLAE)	Processo de torrefação reduziu suas concentrações
				Furfural (CLAE)	Processo de torrefação reduziu suas concentrações
				Hidroximetilfurfural (HMF) (CLAE)	Processo de torrefação primeiramente aumentou suas concentrações e depois as reduziu drasticamente (redução de 100% de seu teor na torra mais escura)
				Melanoidinas (Processo de separação da membrana de diálise)	Processo de torrefação aumentou suas concentrações
				Torras mais clara: próximos a 80 IR	
Torras mais escuras: Próximos a 25 IR					

Odžaković-2016	Investigar o efeito de graus de torrefação na quantidade de compostos bioativos e atividade antioxidante de duas classes de qualidade de grãos do café Arábica.	Brasil	CLARA: 167°C por 25min;	Infusão por 5 minutos em água quente (90°C) e deionizada em proporção de 0,5/100 (café/solvente)	Compostos Fenólicos: Espectrofotometria (UV-vis) e Folin-Ciocalteu	Teor de Compostos Fenólicos: grão verde>clara>média>escura
			MÉDIA: 175°C por 25 min (somente os grãos de segunda classe foram torrados nesse perfil);		Flavonoides totais: Espectrofotometria (confirmar)	Flavonoides Totais: escura>clara>média>grão verde
			ESCURA: 171°C por 26min		Conteúdo de Flavonol: Espectrofotometria (confirmar)	Flavonol: escura>média>clara>verde
					Atividade Antioxidante: Método DPPH, ABTS	Atividade Antioxidante: clara = média > escura