



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS



COMPOSTOS VOLÁTEIS EM CAFÉ

PATOS DE MINAS, MG

2023



UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE ENGENHARIA QUÍMICA
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE ALIMENTOS



COMPOSTOS VOLÁTEIS EM CAFÉ

Andressa Araújo da Silva

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Engenharia de Alimentos da Faculdade de Engenharia Química da Universidade Federal de Uberlândia – *Campus* Patos de Minas como parte dos requisitos para conclusão do curso.

Orientador: Prof. Dr. Rodrigo Aparecido Moraes de Souza

PATOS DE MINAS, MG

2023

"O conhecimento torna a alma jovem e diminui a amargura da velhice."

Leonardo da Vinci

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por ter me dado oportunidade, saúde e força para superar as dificuldades e chegar até aqui.

Aos meus queridos pais, Gilberto e Marcilene, pelo amor, incentivo e apoio incondicionais.

Aos meus irmãos, Gustavo e Roberto; ao meu namorado, Hugo e as pessoas mais próximas que sempre se fizeram presentes em todos os momentos que mais precisei.

Aos meus familiares que me incentivaram nas minhas escolhas.

Aos meus amigos que apoiaram e torceram pelas minhas conquistas, além de terem proporcionado momentos únicos de distração durante esta caminhada. Principalmente à Júlia Arakaki, Mariana Martins, Lavínia Andrino e Letícia Raphaela que estiveram sempre presentes durante toda essa caminhada.

Aos meus colegas de sala e aos que deixaram o curso, mas que em algum momento fizeram parte desta etapa da minha vida, e as minhas amigas de infância Maiza Mendonça, Giovana Porto e Lorrany Gomes que mesmo longe sempre se fizeram presente em minha vida.

Aos meus professores, técnicos e demais funcionários que fizeram parte da minha formação, em especial ao meu orientador Prof. Dr. Rodrigo Aparecido Moraes de Souza. Com todo o seu apoio e conhecimento impecável, fez com que meu trabalho fosse concluído com êxito. Também à minha orientadora de pesquisa científica, Prof^a. Dr^a. Mila Gabriela dos Santos, que muito me ensinou e acrescentou ao meu conhecimento no decorrer do curso.

Enfim, a todos que diretamente ou indiretamente fizeram parte da minha formação, o meu muito obrigada.

Aos meus pais Gilberto e Marcilene,
meus irmãos Gustavo e Roberto.
A toda família e amigos, dedico.

RESUMO

A bebida produzida a partir do café torrado é apreciada por diversas pessoas, independentemente da idade ou classe social. É uma das bebidas mais consumidas no Brasil e no mundo. Devido ao fato de os consumidores preferirem alimentos de maior qualidade percebida, o consumo de cafés especiais vem aumentando a cada ano. Vale ressaltar que a qualidade desse produto pode ser influenciada por diversos fatores, desde o cultivar até o preparo da bebida, por exemplo a variedade do grão, forma de processamento, grau de torra e principalmente a presença dos compostos voláteis. Os compostos voláteis desempenham um papel crucial na qualidade do café, responsáveis pelos atributos fundamentais da bebida, o sabor e aroma. O fator mais importante na hora de decidir se o café é considerado bom para o consumidor é o sabor. No Brasil e no mundo, o café proporciona momentos únicos entre as pessoas, estando sempre presente nas mesas da maioria dos brasileiros, assim como em rodas de amigos, em momentos de uma boa conversa. Diante do exposto, o objetivo deste trabalho foi realizar uma revisão sobre café e os compostos voláteis presente no mesmo, abordando seus benefícios.

Palavras chaves: qualidade, aroma, sabor

ABSTRACT

The beverage produced from roasted coffee is appreciated by various individuals, regardless of age or social class. It is one of the most consumed beverages in Brazil and worldwide. Since consumers prefer foods of higher perceived quality, the consumption of specialty coffees has been increasing every year. It is worth noting that the quality of this product can be influenced by several factors, from the cultivar to the preparation of the beverage, such as the variety of the bean, processing method, degree of roast, and, most importantly, the presence of volatile compounds. Volatile compounds play a crucial role in the quality of coffee, being responsible for the fundamental attributes of the beverage, namely taste and aroma. The most important factor when deciding if a coffee is considered good for the consumer is its taste. In Brazil and around the world, coffee provides unique moments among people, always being present on the tables of most Brazilians, as well as in social gatherings and during engaging conversations. In light of the aforementioned, the objective of this study was to conduct a review on coffee and the volatile compounds present in it, addressing their benefits.

Key words: quality, smell, flavor.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Exemplos de compostos voláteis encontrados em alguns alimentos.....	4
Figura 2 - Desenho do fruto do café e de suas partes.....	6
Figura 3 - Planilha de avaliação de acordo com SCAA	7
Figura 4 - Correlação de acordo com SCAA.....	7
Figura 5 - Pirâmide de classificação quanto aos pontos.....	8

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Exemplos de alguns compostos voláteis presentes no café e o seu método padrão de análise	13
Tabela 2 - Estudos publicados nos últimos 5 anos, utilizando os métodos analíticos instrumentais para a determinação de diversos compostos voláteis com diferentes finalidades	18
Tabela 3 - Alguns compostos voláteis e as características aromáticas percebidas em cafés em que estão presentes	23

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	2
2.1. OBJETIVO GERAL	2
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
3. METODOLOGIA	2
4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	2
4.1. COMPOSTOS VOLÁTEIS EM ALIMENTOS	2
4.2 CAFÉ	5
4.2.1. Morfologia do café	6
4.2.2. Classificação do café	7
4.2.3. Consumo de café	9
4.3. PROCESSO PRODUTIVO	10
4.4. COMPOSTOS VOLÁTEIS PRESENTES NO CAFÉ	12
4.4.1. Análise e determinação de compostos voláteis em cafês	17
4.5. BENEFÍCIOS E MALEFÍCIOS	24
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	25
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	26

1. INTRODUÇÃO

A produção de café é considerada uma das atividades agrícolas mais importantes para o mercado nacional e internacional devido à grande crescente no consumo deste produto em diversos países. Segundo algumas pesquisas a produção mundial de café aumentou em 2019 cerca de 13,7%, correspondendo aproximadamente a 105.262 mil sacas de 60 kg do café tipo arábica. Logo, de 2020 a 2022, o aumento foi de 26%. Conseqüentemente a exportação também aumentou, e o Brasil, seguido pelo Vietnã, Indonésia e Colômbia são os países que apresentam as maiores produção e exportação de café (JANNE et al., 2023).

A qualidade do café é um critério consolidado para atingir os mercados que pagam melhor pelo valor agregado do produto, assim, no mercado cafeeiro, aquela bebida que tem qualidade e preço superior às commodities é denominado “café especial”, isso se deve ao fato desta bebida apresentar sabor e características únicas (JANNE et al., 2023).

Os grãos de café apresentam compostos bioativos. A cafeína, por ser considerado um estimulante, ou seja, ser responsável pelo efeito “despertar”, é o composto mais notado e estudado no café. A presença desse composto em grãos de café está altamente relacionada com o sabor da bebida. No entanto, apesar da existência de diversos trabalhos que trazem a identificação desse composto presente no café é necessário ainda explorar o uso potencial dos grãos de café como bebida e para formulações de alimentos funcionais (FEBRIANTO; ZHU, 2023).

A qualidade do café, assim como a composição final da bebida depende de vários fatores como a espécie de café utilizada para preparar o blend comercial, assim como o método utilizado no preparo, grau de moagem, relação entre a quantidade de pó e água, temperatura e tempo de extração. A bebida de café pode ser preparada de várias formas, nomeadamente por decocção, onde o café é fervido junto com a água (café turco), infusão, ferve-se a água em um recipiente e depois passa ela pelo pó utilizando um coador (café filtrado) e pressão (mocha). Estudos mostram também que existe bastante diferença na estabilidade dos compostos presentes e isso pode variar de acordo com a torrefação do café (ALVES et al., 2017).

A composição, aroma e sabor do café dependem de fatores intrínsecos e extrínsecos ao mesmo tempo. Algumas etapas do processo podem influenciar, e os fatores extrínsecos são as condições de cultivo, o clima, o solo, as práticas agrícolas e até mesmo as condições de armazenamento. Mudanças nas propriedades sensoriais do café podem acontecer também por fatores intrínsecos, como os aspectos genéticos, particularmente as variedades, bem como o

grau de maturação que determinam principalmente as propriedades do café verde (WU et al., 2022).

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GERAL

O presente trabalho tem como objetivo geral realizar um levantamento bibliográfico sobre os compostos voláteis presentes no café, a fim de se obter uma revisão sobre a sua importância e os benefícios destes componentes presentes no café.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Levantar dados bibliográficos sobre o histórico de produção mundial e brasileira de café;
- Estudar as formas de cultivo do café e os fatores relacionados ao cultivo que influenciam na qualidade do produto;
- Determinar quais são os compostos voláteis potencialmente presentes no café;
- Apresentar métodos analíticos capazes de identificar os compostos voláteis;
- Expor os potenciais benefícios e os malefícios dos compostos voláteis em café.

3. METODOLOGIA

Para realizar o presente trabalho, foi feita uma pesquisa bibliográfica na literatura científica, tanto nacional quanto internacional, aproveitando tudo o que foi encontrado sobre o tema proposto, realizando-se a leitura e coletando informações relevantes das citações escolhidas.

4. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

4.1. COMPOSTOS VOLÁTEIS EM ALIMENTOS

A competitividade no mercado obriga a indústria de alimentos e bebidas a oferecer novos produtos com qualidade diferenciada e garantida. Na última década, os requisitos de produção de alimentos para o consumidor tornaram-se mais sofisticados, havendo uma preferência maior por alimentos aromáticos especiais e agradáveis, ou seja, com sabores e aromas frescos, naturais. Destacando-se assim os compostos orgânicos voláteis, derivados de

plantas. Essas moléculas vegetais voláteis são essenciais para o sabor dos alimentos e recentemente foram descobertas como benéficas para a saúde humana, quando comparadas a aditivos artificiais, sendo assim são usadas como alternativas naturais aos aditivos químicos alimentares (ALVES, 2015; GONG et al., 2023).

Os aromas dos alimentos podem ser explicados pela presença de compostos voláteis, tanto naturais quanto artificiais. Assim como os aromas, os sabores naturais são amplamente favorecidos à medida que os consumidores adotam hábitos alimentares cada vez mais saudáveis, assim os aditivos de sabor são usados principalmente em produtos lácteos, bebidas, confeitaria, sorvetes e em alimentos que possuem propriedades farmacológicas, além do valor nutricional (GONG et al., 2023; MAMUSA et al., 2021).

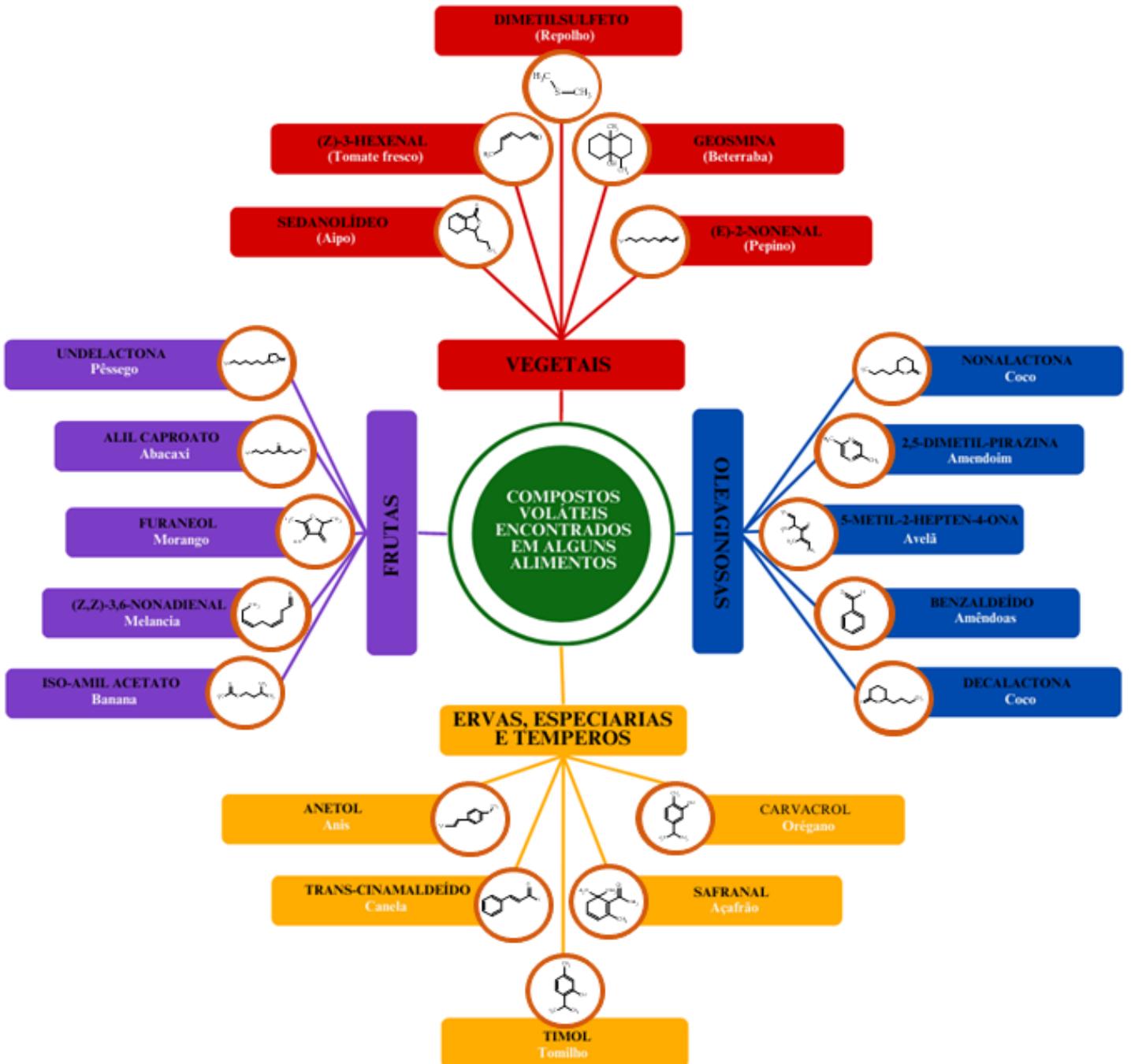
Quando se trata de alimentos, pode-se dizer que os compostos voláteis são substâncias responsáveis pelo aroma, podendo ser detectados pelo olfato. Esses compostos são facilmente perdidos ou modificados durante o processamento. Como os compostos voláteis estão diretamente relacionados com o sabor e aroma dos alimentos, estes são determinantes da qualidade e aceitabilidade dos produtos pelo consumidor (ALVES, 2015).

A combinação em concentrações adequadas dos principais voláteis promove a característica única do alimento natural, como verduras, frutas e ervas, tornando assim os compostos voláteis extremamente importantes nos alimentos e bebidas, criando assim uma identidade sensorial para o alimento, ou seja, o sabor específico. Devido a esse fator o conhecimento dos voláteis presentes nas bebidas, assim como nos alimentos, implica sempre tentar conhecer e até mesmo controlar a sua qualidade. (ALVES, 2015; JANZANTTI, 2004).

Os compostos voláteis estão presentes nos alimentos em concentrações extremamente pequenas, mas, são responsáveis pelo sabor característico de cada alimento, possuem diferentes estruturas químicas. O sabor é um importante fator na seleção e qualificação dos alimentos e bebidas, determinando assim a sua aceitação pelos consumidores (JANZANTTI, 2004).

Atributos sensoriais como aparência, aroma, consistência e sabor são fundamentais na hora da escolha de um determinado alimento. Os compostos voláteis são percebidos por meio de receptores nasais quando o alimento é saboreado e por odores exalados à distância. Presume-se que o processo olfativo seja mais sensível que o sentido do paladar. Ao contrário do sabor, milhares de compostos voláteis podem ser reconhecidos e distinguidos em maior ou menor grau por seus odores (ALVES, 2015).

Figura 1 - Exemplos de compostos voláteis encontrados em alguns alimentos



Fonte: A autora, 2023.

Devido à importância dos compostos voláteis em alimentos, a análise dos alimentos torna-se muito importante, porém depende de métodos laboratoriais que na maioria das vezes são destrutivos, os métodos padrão geralmente são demorados. (DONG et al., 2019).

Os cinco sentidos humanos são descritos pelo tato, visão, audição, paladar e olfato. O aroma é a causa de odores. E o odor pode ser considerado como resposta do sistema nervoso a compostos voláteis pelas vias aéreas após cheirar alimentos. O aroma, por outro lado, constitui a percepção de voláteis na via oral, ou seja, quando o alimento está na boca e a percepção do paladar é considerada uma reação integrada entre voláteis e não voláteis resultantes do gosto (amargo, azedo, doce, salgado, umami) e de outras sensações bucais (adstringente, picante, frescor). (FELIPE, 2017).

Conforme foi citado anteriormente o odor característico de cada produto está associado à interação simultânea de centenas de compostos voláteis. A Figura 1 apresenta alguns exemplos de compostos (FELIPE, 2017).

4.2 CAFÉ

O café é considerado uma das bebidas mais populares em todo o mundo. Podendo ser servido de várias formas, o café quente e delicioso tem uma verdadeira história por trás de cada xícara (ALVES et al., 2017).

De acordo com a Resolução – RDC N° 277, de 22 de setembro de 2005, o café torrado é definido como: endosperma (parte do grão) beneficiado do fruto maduro de espécies do gênero *Coffea*, como *Coffea arábica* L., *Coffea liberica* Hiern, *Coffea canephora* Pierre (*Coffea robusta* Linden), submetido a tratamento térmico até atingir o ponto de torra escolhido. O produto pode apresentar resquícios do endosperma (película invaginada intrínseca). Pode ser adicionado de aroma.

Ainda segundo a RDC N° 277/ 2005, o produto íntegro deve ser designado como “Café torrado em grão” e quando submetido ao processo de moagem passa a ser designado de “Café torrado e moído”, para os solúveis é denominado “Café solúvel”.

O café é uma commodity agrícola, sendo uma das de maior destaque nas transações internacionais, bem como no abastecimento doméstico em valor e quantidade. Os países desenvolvidos são os maiores clientes na compra do café, enquanto os países em desenvolvimento são os principais fornecedores (VEGRO; DE ALMEIDA, 2020).

O mercado de café mudou dramaticamente nos últimos anos. Com o aumento da procura por cafés especiais, os preços dos grãos atingiram o maior nível nos últimos 10 anos. A qualidade do grão de café é influenciada por muitos fatores, incluindo genética, processamento pós-colheita, preparo e métodos de servir (MALEŠ et al., 2022).

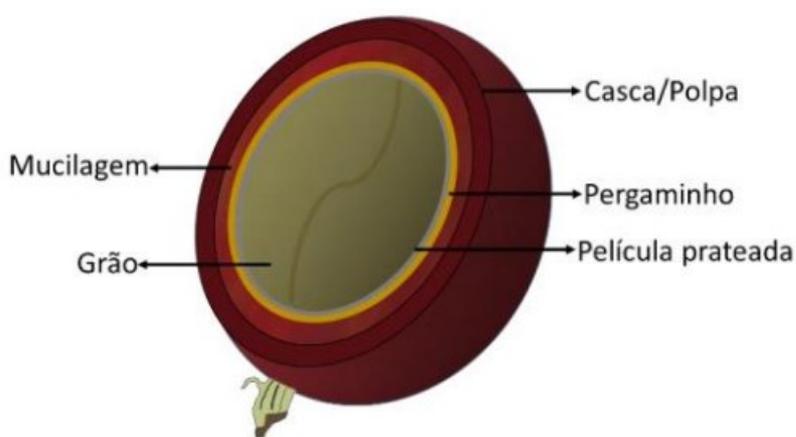
Devido aos componentes bioativos presentes no café, o seu consumo regular tem sido relacionado com o perfil de um consumidor saudável. Além dos componentes naturais presentes, no processo de torra ocorre a formação de novos compostos devido às reações térmicas, formando moléculas com numerosas atividades biológicas (DE MELO PEREIRA et al., 2020).

Além disso, o café auxilia na prevenção de doenças neurológicas como, Parkinson e Alzheimer e pode prevenir a depressão. O risco de doenças cardiovasculares também pode ser reduzido com o consumo diário de café, segundo estudos recentes (CHRYSANT, 2015; VOSKOBOINIK; KOH; KISTLER, 2019).

4.2.1. Morfologia do café

A estrutura do fruto do café é formada por pele/casca (exocarpo), polpa/mucilagem (mesocarpo), pergaminho (endocarpo) e parte do grão (endosperma) (DURÁN et al., 2017), que é representada na Figura 2.

Figura 2 - Desenho do fruto do café e de suas partes



Fonte: Durán et al (2017)

O café pertence à família *Rubiaceae* do gênero *Coffea*, incluindo *Coffea canephora*, que responde por um terço da produção mundial, e *Coffea arabica*, que responde por cerca de dois terços da produção mundial. A produção global de café é comercialmente relevante. A

cafeicultura ocorre apenas em regiões tropicais com clima quente e chuvas abundantes (FRANCA; OLIVEIRA, 2019). A altura da planta chega a 10 metros quando se trata do robusta e 6 metros no arábica, mas para facilitar na colheita a mesma é podada para cerca de 3 metros (FARAH; SANTOS, 2015).

4.2.2. Classificação do café

A qualidade dos grãos de café é determinada por suas propriedades físicas, químicas e sensoriais. Defeitos físicos nos grãos de café são decorrentes tanto de tratamentos agrícolas, quanto de processamento e armazenamento (FEBRIANTO; ZHU, 2023).

Os grãos são classificados de acordo com seu tamanho, aparência, grau de imperfeição e presença ou ausência de matéria estranha. Grãos de café de alta qualidade são aqueles com poucos defeitos e sem corpos estranhos. Vale ressaltar que grãos do mesmo tamanho são os preferidos e, suas propriedades físicas influenciam na escolha do método de processamento e nas propriedades sensoriais do produto final (FEBRIANTO; ZHU, 2023).

Por meio de análise sensorial a Specialty Coffee Association (SCA) classifica o café em categorias de qualidade. Essa avaliação é realizada por provadores treinados em laboratório credenciado. A fragrância, uniformidade, ausência de defeitos, doçura, sabor, acidez, corpo, finalização, equilíbrio e defeitos são considerados e avaliados. Para realizar essas avaliações, utiliza-se a planilha de avaliação sensorial apresentada na Figura 4 (SCA, 2009).

Figura 3 - Planilha de avaliação de acordo com SCA

AVALIAÇÃO SENSORIAL DE CAFÉ

Nome: _____
Data: _____

Qualidade do Café
85 - Excelente 75 - Muito Bom
65 - Bom 55 - Regular

Amostra No	Fragrância Aroma	Uniformidade	Ausência Defeitos	Doçura	Sabor	Acidez	Corpo	Finalização	Equilíbrio	Final	Total
	Seco Quilts Ponto de Torra	10 9 8 7 6	10 9 8 7 6	10 9 8 7 6	10 9 8 7 6	10 9 8 7 6 Intensidade Baixa Alta	10 9 8 7 6 Nível Diluído Denso	10 9 8 7 6	10 9 8 7 6	100 Defeitos (subtrair) Leve=2 Forte=4 Qtd Intensd Pontuação Final	
Notas:											

Fonte: SCA (2009)

A planilha quantifica a qualidade do café e dá uma nota de 0 a 100. A SCA também faz correlações e classifica as bebidas com base nas notas obtidas, conforme Figura 5 a seguir.

Figura 4 - Correlação de acordo com SCAA



Fonte: SCA (2009)

Como é difícil para os consumidores distinguir entre as qualidades das bebidas usando os nomes descritos pela SCA, mostrados na Figura 4, foi desenvolvida uma pirâmide, representada pela Figura 5 na qual apenas as classificações referentes à qualidade do café dependem dos pontos, valores acima de 80 são caracterizados cafés especiais, abaixo são os cafés comerciais.

Figura 5 - Pirâmide de classificação quanto aos pontos



Fonte: SCAA (2009).

A qualidade sensorial é o parâmetro mais importante dos produtos de café além de ser também um dos fatores mais relevantes no momento de determinação dos preços do café. O

café arábica é considerado de qualidade superior ao café robusta devido às suas ricas características sensoriais.

Os grãos de café arábica são caracterizados pelo sabor ácido e frutado, enquanto as o café robusta são principalmente amargos e encorpados. O sabor do café de qualidade é complexo, equilibrado e definido como “agradável”. O café de má qualidade é definido principalmente como um café achatado, desequilibrado, imperfeito e "desagradável". No entanto, a qualidade do café é altamente dependente do grau de torrefação e do mecanismo de extração (FEBRIANTO; ZHU, 2023).

4.2.3. Consumo de café

O café é consumido em quase todas as nações e produzido por cerca de 170 países, contudo percebe-se uma concentração crescente na produção em determinadas nações. Uma vez que, em 2017 aproximadamente 70% da oferta mundial vem de quatro países: Brasil (variedades Arábica e Robusta), Vietnã (principalmente robusta), Colômbia (Arábica) e Indonésia (Robusta). Todavia, segundo a OIC, para o consumo dos Estados Unidos, União Europeia, Brasil e Japão respondem por dois terços da demanda mundial de café (VEGRO; DE ALMEIDA, 2019).

Atualmente o consumo se apresenta distribuído em 34% fora do lar e com 64% concentrado nas residências. Além disso, existe uma tendência pela oferta de cafés de alta qualidade em cafeterias induzindo o aumento na demanda pela bebida. A procura por máquinas automáticas e domésticas elevou o volume de vendas em grão. Ainda, observa-se um fenômeno acelerado pelas cápsulas, que modificam os hábitos para uso no lar, pequenos comércios e outros estabelecimentos que não havia serviços de café (SEBRAE, 2020).

O tradicional café da manhã, café da tarde, lanche e inúmeras outras ocasiões de saborear o café fazem dele uma das bebidas mais consumidas no Brasil e no mundo. Alguns dados indicam que o mercado mundial de café faturou mais de 27 bilhões de reais em vendas em 2020. Isso representa um crescimento de 64% em cinco anos, trazendo assim muitas oportunidades de trabalho (SEBRAE, 2021).

Os diferenciais dos produtos premium em geral são produção refinada, seleção de grãos qualificados, origem dos grãos, produção com certificados de qualidade e maior proximidade com os cafeicultores. Além disso, o café premium difere em termos de aroma, sabor, acidez e conceito do produto final que justifica o aumento do consumo de cafés especiais.

Esse consumo cresce 15% ao ano, enquanto o consumo do café tradicional cresce 3,5% ao ano (SEBRAE, 2019).

4.3. PROCESSO PRODUTIVO

O café comercial de alta qualidade só pode ser alcançado quando praticamente todos os grãos são colhidos no estágio perfeito de maturidade. No entanto, isso aumenta significativamente o custo do processo, portanto, em uma colheita considerada “normal”, os frutos totalmente maduros são frequentemente misturados com os demais, aumentando assim o custo do processo (ALVES et al., 2017).

Os estágios de maturação do grão de café mostrados na Figura 6 incluem a floração inicial, seguida pelo estágio inicial do desenvolvimento do fruto, durante o qual o fruto se desenvolve e fica verde, posteriormente os frutos se tornam “cerejas” maduras, estágio que podem ser colhidos, se não forem colhidos os frutos secam (ALVES et al., 2017).

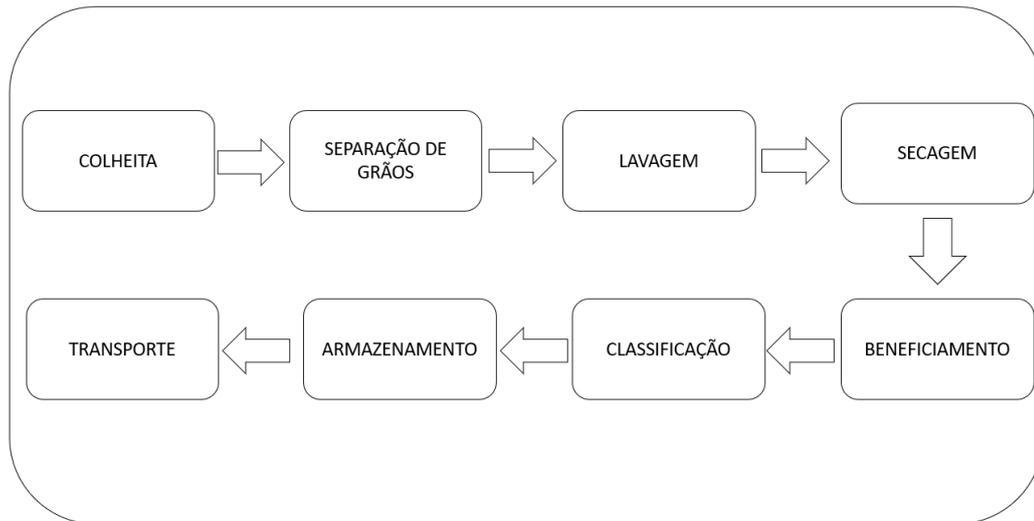
Figura 6 – Estágios de maturação do café



Fonte: Google fotos.

A Figura 7 representa um fluxograma de como é o processo produtivo do café.

Figura 6 – Fluxograma de produção agroindustrial do café



Fonte: A autora, 2023.

A primeira etapa do processamento do café consiste no recebimento e seleção dos grãos, vale ressaltar que eles passam por diversas operações pós-colheita antes de serem enviados para a indústria e antes do armazenamento. É feito isso para manter suas propriedades sensoriais e a segurança do produto. Após a colheita, os grãos são lavados, processados a seco ou úmido, separados e secos. A secagem pode ser feita naturalmente no terreiro ou artificialmente com o uso de secadores (CARNEIRO; CARNEIRO, 2021).

O processamento a seco é usado para a maioria dos cafés arábica no Brasil, Etiópia e Haiti, onde as cerejas são secas e depois descascadas mecanicamente, e para cafés Robusta na maior parte do mundo. Em geral, essa tecnologia não separa os grãos maduros e imaturos dos grãos totalmente maduros, de modo que todos compõem o lote final (ALVES et al., 2017).

Após a colheita os frutos são dispostos em camadas finas (5-10 cm) o mais rápido possível, assim é feita a mistura adequada ao longo do processo, para evitar quebra da polpa e não trazendo resultado indesejado como os chamados de “feijões fermentados” ou “feijões pretos”. A secagem pode ser feita de maneira natural, ou seja, o grão é disposto em terreiros e seca com a luz solar, ou também utilizando secadores mecânicos que são adequados para regiões em que o clima não favorece a secagem dos frutos com o sol. Após os grãos se desprenderem do endocarpo (parte interna) os mesmos podem ser descascados (ALVES et al., 2017).

O beneficiamento é feito pós-colheita consistindo na eliminação das cascas e separação dos grãos, essa etapa pode influenciar na qualidade do produto final, portanto é recomendado que ela seja feita próximo à comercialização para que não haja nenhuma alteração (BASSETTO; CAMPUS; MOURÃO, 2016).

A torrefação é a etapa em que o grão verde se transforma em grão torrado para posteriormente ser moído e chegar até a mesa do consumidor. Para a torra o grão é submetido a alta temperatura (205 a 220 °C) até que sua umidade interna chegue a 3%. Como nessa etapa utiliza-se a alta temperatura muitas propriedades podem ser modificadas, assim essa etapa se torna determinante na qualidade e característica da bebida (BASSETTO; CAMPUS; MOURÃO, 2016).

A etapa em que os grãos se transformam no pó fino que é utilizado para fazer a bebida é chamada de moagem, por fim a embalagem é utilizada para proteger e facilitar o transporte do produto até o consumidor (BASSETTO; CAMPUS; MOURÃO, 2016).

4.4. COMPOSTOS VOLÁTEIS PRESENTES NO CAFÉ

Devido à sua natureza botânica, o café apresenta uma grande variedade de compostos orgânicos que atuam como precursores dos compostos voláteis do produto final, e variam de acordo com o genótipo, o clima e métodos de cultivo (PUA et al., 2022).

As propriedades sensoriais do café variam amplamente em todo o mundo, influenciados pela genética, localização geográfica, climas únicos, diferentes práticas agrícolas e diferenças nos métodos de processamento utilizados (SUNARHARUM; WILLIAMS; SMYTH, 2014).

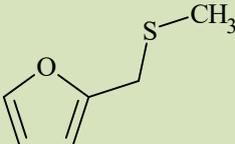
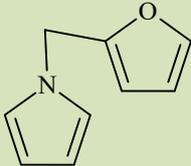
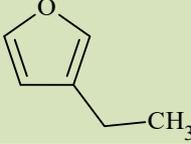
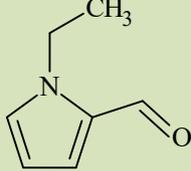
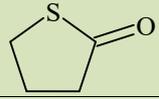
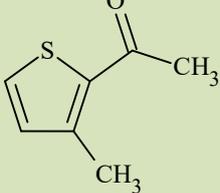
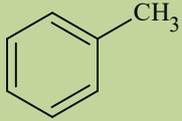
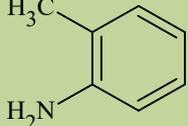
Além disso, a temperatura, atividade de água, reações enzimáticas, microbianas e outros fatores presentes na pós-colheita podem influenciar na composição volátil do produto de café. Assim como foi citado acima, várias etapas do processo de produção do café influenciam os componentes voláteis finais (PUA et al., 2022).

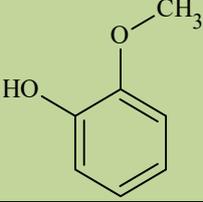
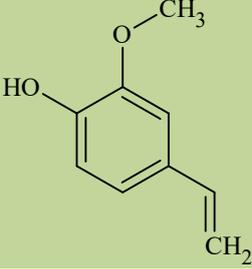
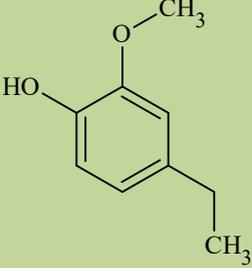
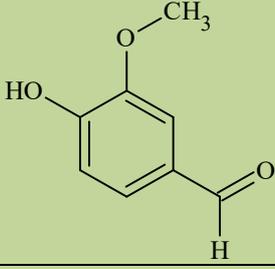
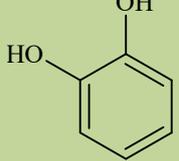
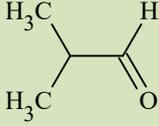
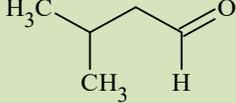
Reação de Maillard e degradação de Strecker (etapa da reação de Maillard) são exemplos de reações que podem causar transformações físicas e químicas quando os grãos verdes são sujeitos a duras condições de torrefação. Essas reações podem modificar os compostos voláteis presentes no café. A torrefação pode ser responsável pelas notas de caramelo, cacau, nozes e torradas; acidez; e amargura, sendo assim a grande responsável por grande parte do aroma e sabor característicos do café (PUA et al., 2022).

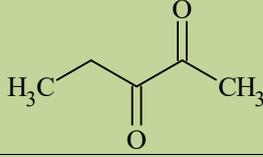
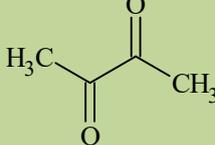
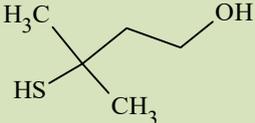
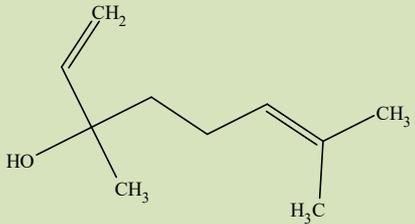
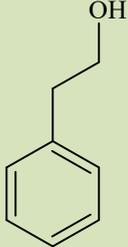
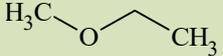
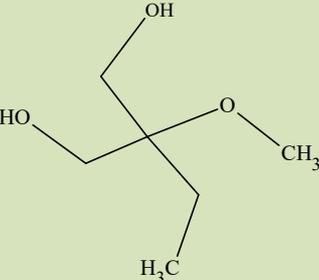
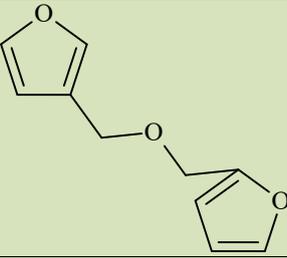
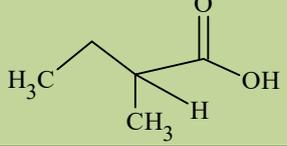
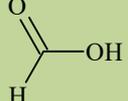
Alcaloides, ácidos clorogênicos, ácidos carboxílicos, carboidratos, lipídeos, proteínas, melanoidinas e minerais são exemplos de compostos não voláteis presentes nos grãos de café torrados que podem ser importantes para o sabor da bebida (SUNARHARUM; WILLIAMS; SMYTH, 2014).

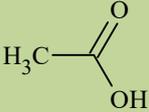
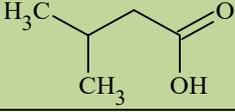
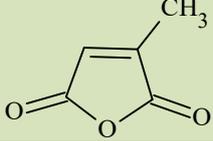
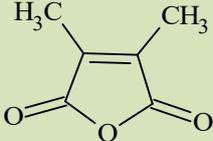
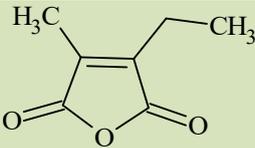
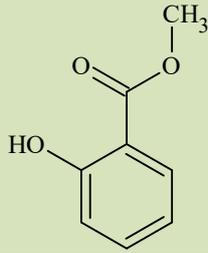
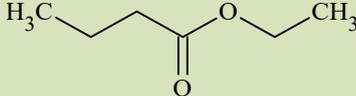
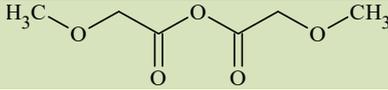
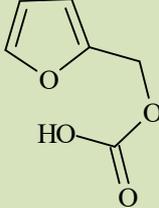
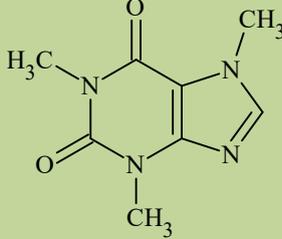
Vários compostos voláteis, representados pela Tabela 1, são identificados no café torrado por diferentes métodos, estes compostos podem trazer impactos positivos ou negativos no aroma e sabor do café (FELIPE; MOREIRA, 1999).

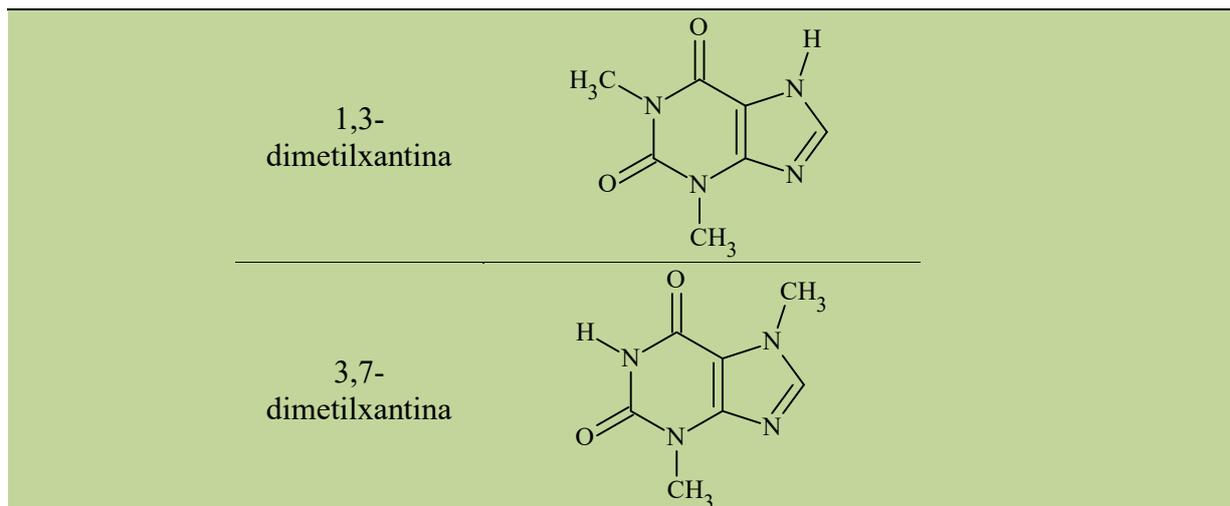
Tabela 1 - Exemplos de alguns compostos voláteis presentes no café e o seu método padrão de análise

Classe química	Nome do composto volátil	Estrutura química	Método padrão de análise de acordo com a AOAC e Instituto Adolf Lutz
Heterocíclicos	2-tiohidroximetil-furano		Cromatografia gasosa acoplada ao detector de espectroscópico de massa (CG-EM) ou cromatografia gasosa acoplada ao detector por ionização em chama (CG-DIC)
	N-furil-2-metil-pirrol		
	2-etil-furano		
	N-etil-2-formil-pirrol		
	Tiobutirrolactona		
	2-acetil-3-metil-tiofeno		
Piridinas	2-metil-piridina		Cromatografia gasosa acoplada ao detector por ionização em chama (CG-DIC)
	2,3-dimetil-piridinamida		

	3-fenil-piridina		
	2-metóxi-fenol		
	4-vinil-guaiacol		
Fenóis	4-etil-guaiacol		Cromatografia gasosa acoplada ao detector por ionização em chama (CG-DIC) ou utilizando o método de Folin-Denis (1990)
	Vanilina		
	Catecol		
Aldeídos	Metil-propanal		
	3-metil-butanal		

Cetonas	2,3-pentanodiona		Cromatografia gasosa acoplada ao detector espectroscópico de massas (CG-EM)
	2,3-butanodiona		
Álcoois e éteres	3-mercaptop-3metil-butanol		Cromatografia gasosa acoplada ao detector espectroscópico de massas (CG-EM)
	Linanol		
	2-fenil-etanol		
	Metóxi-etano		
	2-metóxi-metil-propano		
	Éter difurfurílico		
Ácidos carboxílicos	Ácido 2-metil-butírico		Cromatografia gasosa acoplada ao detector espectroscópico de massas (CG-EM)
	Ácido fórmico		

	Ácido acético		
	Ácido isovalérico		
	Anidrido metil-maleico		
	Anidrido dimetil-maleico		
	Anidrido etil-metil-maleico		
Anidridos, ésteres e lactonas	Salicilato de metila		Cromatografia de alta eficiência acoplada ao detector fotométrico UV-Vis (CLAE-UV/Vis)
	Butanoato de etila		
	Metóxi-acetato de metila		
	Acetato de furfurila		
Aminas	1,3,7-trimetilxantina		Cromatografia de alta eficiência acoplada ao detector fotométrico UV-Vis (CLAE-UV/Vis)



Fonte: A autora, 2023.

Os ácidos clorogênicos são produtos da oxidação resultante da torra, contudo eles trazem impactos negativos na bebida, contribuem com o amargor e sabores estranhos. Enquanto os carboidratos contribuem para a boa qualidade da bebida com sabor doce e as notas de caramelo que surgem das reações de Maillard (SUNARHARUM; WILLIAMS; SMYTH, 2014).

As principais classes químicas de compostos voláteis presentes em maior quantidade no café são os furanos e as pirazinas, porém compostos contendo enxofre e as pirazinas são os que mais influenciam no sabor, mas outras várias classes químicas, como hidrocarbonetos, álcoois, aldeídos, cetonas, ácidos carboxílicos, ésteres, piridinas estão presentes no produto (SUNARHARUM; WILLIAMS; SMYTH, 2014).

4.4.1. Análise e determinação de compostos voláteis em cafés

A análise dos compostos voláteis no café é uma área que vem despertando interesse em diversos segmentos da indústria cafeeira, incentivando o desenvolvimento de estudos, seja para desenvolver metodologias que utilizem dessa métrica para otimizar o processo produtivo, ou mesmo, na melhoria e aprimoramento das metodologias existentes. Na Tabela 2, são apresentados alguns dos principais estudos publicados, que buscaram aplicar ferramentas analíticas químicas instrumentais para a determinação de compostos voláteis para diversas finalidades.

De acordo com o apresentado na tabela 2, observa-se que a microextração em fase sólida, com imersão direta na amostra líquida, onde a fibra sílica, que é um fio capilar, é mantida segura dentro de uma agulha oca adaptada em um dispositivo especial chamado de suporte do

cromatógrafo gasoso, é diretamente exposta à fase vaporizada da amostra, seguida da análise utilizando a cromatografia gasosa acoplada a um detector de espectrometria de massa predomina dentre as metodologias adotadas para a análise dos compostos voláteis. Isso se deve, principalmente, por ser uma metodologia de rápida execução, que gera dados representativos e que fornece condições físicas adequadas para a análise de compostos sensíveis a bruscas alterações físico-químicas, como é o caso dos compostos voláteis (GARCÍA et al., 2021).

Tabela 2 - Estudos publicados de 2020 a 2023, utilizando os métodos analíticos instrumentais para a determinação de diversos compostos voláteis com diferentes finalidades

Compostos voláteis ou classe de compostos voláteis analisados	Especificações do café	Preparo da amostra	Método analítico	Principal objetivo do estudo	Referência
Ácido fórmico, N-metilpiridina, hidroxiacetilfurfural	<i>Coffea arabica</i> , variedade Catuí Vermelho 81, torrado	ELL	RMN	Verificar a influência do nível de torra nos compostos voláteis e na qualidade dos cafés, buscando estabelecer a relação entre a presença e quantidade de compostos voláteis com a qualidade percebida através de análises sensoriais de cafés	(DE PAULO et al., 2023)
79 compostos voláteis diversos Cafeína	<i>Coffea arabica</i> , em diferentes estágios de torra	H-SPME ELL	CG-EM UV-Vis	Verificar a influência do nível de torra na composição química do café, incluindo nos níveis de compostos voláteis	(ALAMRI; ROZAN; BAYOMY, 2022)
Ácido carboxílico, e classes de compostos voláteis, dentre elas aminas, carbonilas, compostos heterocíclicos e cetonas	<i>Coffea arabica</i> , preparado com diferentes técnicas de extração	NA	NIRS	Verificar a influência das metodologias de preparo e extração da bebida café nos compostos voláteis e na qualidade dos cafés, buscando estabelecer a relação entre a presença e quantidade de compostos voláteis com a qualidade percebida através de análises sensoriais de cafés	(PEREIRA et al., 2023)
71 compostos voláteis diversos, sendo 15 furanos, 15 pirazinas, 9 cetonas, 13 aldeídos, 3	<i>Coffea arabica</i> , da Gardelli Speciality comercialmente vendido, em diferentes níveis de torra e	SPME	CG-EM	Verificar a influência do método preparo, extração e filtragem da bebida café, na composição química e nas características físicas e funcionais do café	(SANTANATOGLIA et al., 2023)

pirróis, 4 piridinas, dentre outros	preparado com diferentes técnicas de extração				
Teobromina, teofilina e cafeína	Cafés vendidos comercialmente em São Carlos - São Paulo e em Bogotá - Colômbia	SPME	CLUE-MS/MS	Desenvolver uma nova metodologia para a extração e preparo de amostra para a análise de compostos voláteis usando a CLUE-MS/MS, usando o café como amostra de teste	(MEJÍA-CARMONA; LANÇAS, 2020)
2-metilfurano, 2,5-dimetilfurano, furfúril-metil-eter, furfúril acetato, álcool furfúrico, 2-metilbutanal, 3-metilbutanal, hexanal, 2,3-pentadiona, 2-butanona, 1-furfúrilpirról, guaiacol, 2-acetil-1-metilpirról, 2,3,5-trimetilpirazina, 2,5-dimetilpirazina, hexanal	<i>Coffea arabica</i> , preparado em processo a altas pressões para comercialização como bebida gelada pronta para consumo	H-SPME	CG-EM	Avaliar diferentes técnicas de estabilização do tempo de prateleira de bebidas preparadas a partir de café e comercializadas geladas, para essa avaliação foram observadas a composição química, principalmente os teores de compostos voláteis, o perfil sensorial e a análise microbiológica	(BELLUMORI et al., 2021)
62 compostos voláteis diversos, dentre aldeídos, álcoois, ésteres, hidrocarbonetos e ácidos orgânicos	<i>Coffea canephora</i> (café robusta), <i>Coffea arabica</i> , submetidos a diferentes processos de secagem	H-SPME	CG-EM	Verificar a alteração dos teores de compostos voláteis presentes nos grãos de café robusta submetidos ao processo de secagem em diferentes condições de tempo e temperatura	(ZHANG et al., 2022)
Piridina, 2-metiltetrahydrofuran-3-ona, 2,5 dimetil-3(2H)furanona, 5-metilfurfural, 2,5-	<i>Coffea arabica</i> produzido de maneira tradicional e preparado através da extração com filtro de papel comercial	H-SPME	GC-EM	Desenvolvimento de uma metodologia instrumental analítica capaz de prever a qualidade de cafés arábica, através da relação de índices obtidos pela análise química	(AGNOLETTI et al., 2022)

dimetil-3-etilpirazina, 2-acetil-3-metilpirazina, N-furfurilpirról, 5-hidroximetilfurfural, 4-etenil-2-metoxifenol, 1-furfuril-2-formilpirrol, 2,4-di-tert-butilfenol, 1-nonadeceno, dietil ftalato, ácido palmítico, 1-octadecanol				e a análise sensorial, dentre os indicadores, os compostos voláteis foram utilizados e obtiveram boa correlação entre a análise sensorial e a composição química para indicar cafés percebidos como de boa qualidade	
2,6-dimetilpirazina, 2-etil-3-metil-pirazina, 2-etil-2,5-dimetil-pirazina, 1-H-pirrol-2-carboxaldeído-1-metil, 1-H-pirról, 3-metil, 1-H-indole	<i>Coffea canéfora</i> fermentado através de culturas de microrganismos fermentadores diferentes	H-SPME	GC-EM	Avaliação da influência do processamento a seco, e da fermentação anaeróbica auto-induzida na qualidade de cafés, incluindo nos níveis de compostos voláteis produzidos	(CASSIMIRO et al., 2023)
2,6-dietilpirazina, 2-acetoximetilfurano	<i>Coffea arabica</i> , variação Novo Mundo fermentado através de diferentes culturas de microrganismos fermentadores	H-SPME	GC-EM	Avaliar a influência da inoculação de diferentes culturas de microrganismos fermentadores na qualidade de cafés produzidos através de processos naturais e processos pulped-naturais, ou seja, despolpados, mas ainda com a presença da mucilagem que envolve os grãos	(BRESSANI et al., 2021)
2-furilmetanol, octadecanol, 2-acetil-3-metilpirazina, 2,3-dihidro-3,5-dihidroxi-6-metil-4H-piran-4-ona, cafeína	<i>Coffea arabica</i> , fermentado através de diferentes culturas fermentadoras em meio seco	H-SPME	GC-EM	Avaliação da influência no processamento a seco e na altitude na qualidade dos cafés produzidos	(PEREIRA et al., 2020)

2-metilbutanal, 3-metilbutanal, hexanal, furfural, 2,5-dimetilfurfural, 2-metoximetilfurano, furfuril álcool, furfuril acetato, 2-etilpirazina, 2-etil-6-metilpirazina, 2,3-pentadiona, furfuril metil sulfito, 2-metoximetilfurano, 2,5-dimetilfurano	<i>Coffea arabica</i> produzido de acordo com a metodologia de produção de café expresso	H-SPME	CG-MS/MS	Avaliação da influência da metodologia de preparo de cafés do tipo expresso nas características físicas e químicas de cafés	(LOPES et al., 2021)
50 compostos voláteis diversos das classes aldeídos, pirazinas, cetonas, ácidos, furanos, álcoois, pirróis, compostos heterocíclicos, ésteres	Cafés comerciais vendidos no Reino Unido	H-SPME	CG-EM	Desenvolvimento de uma metodologia preditiva capaz de prever os níveis de compostos voláteis a partir dos níveis de torra de diferentes cafés comerciais	(CAPORASO; WHITWORTH; FISK, 2022)
Etil nanoato, 2-metilpropil benzoato, etil 3-fenilpropanoato, 3-metilbutil benzoate, etil hexadecanoato	Cafés verdes produzidos pela Cooxupé, cooperativa de produtores do estado de Minas Gerais	H-SPME	CG-EM	Caracterizar de acordo com propriedades físico-químicas e níveis de compostos voláteis uma nova bebida destilada a partir de resíduos de grãos verdes de café	(LOPES et al., 2022)
Furano, 3-metilbutanal, hexanal	<i>Coffea arabica</i> L. e <i>Coffea canéfora</i> var. tratados com diferentes condições de pós-colheita e torra	H-SPME	GC-EM	Avaliação do impacto das espécies, tratamentos pós-colheita e condições de torra na qualidade e segurança de cafés	(ACQUATICCI et al., 2023)
105 compostos voláteis diferentes, principalmente das	Cafés das variações Bourbon Amarelo e Canário Amarelo,	H-SPME	GC-EM	Avaliação de uma ampla gama de compostos voláteis produzidos durante a fermentação realizada por	(BRESSANI et al., 2020)

classes de álcoois, ácidos orgânicos e aldeídos	fermentados com diferentes culturas de microrganismos fermentadores			de culturas de microrganismos especialmente selecionados, associando esse índice com a qualidade e segurança de cafés	
53 compostos voláteis diferentes, principalmente das classes de álcoois, aldeídos, ésteres, hidrocarbonetos, cetonas, compostos heterocíclicos, fenóis, e compostos sulfúricos	Chás de folhas do <i>Coffea arabica</i> , preparado através de diferentes metodologias de extração	H-SPME	GC-EM	Avaliação dinâmica do mecanismo de influência das etapas de processamento do chá das folhas de café nos níveis de compostos voláteis	(MEI; DING; CHEN, 2023)
Dimetil disufito, 2-butanona, 2-metilfurano, metanotiol	<i>Coffea arabica</i> envasado em diferentes embalagens e armazenado em diferentes condições	H-SPME	GC-EM	Avaliação do efeito dos métodos de estocagem, considerando ambiente, embalagem e vedação das embalagens, na composição química de cafés	(SMRKE et al., 2022)

Extração Líquido-Líquido (ELL), Ressonância Magnética Nuclear (RMN), Microextração em Fase Sólida (SPME), Cromatografia Gasosa Acoplada ao Espectrômetro de massa (CG-EM), Ultravioleta Visível (UV-Vis), Espectroscopia no Infravermelho Próximo (NIRS)

Fonte: A autora, 2023

A avaliação de compostos voláteis, por ser associada com características sensoriais e com a percepção de cafés, pode ser utilizada como indicador de qualidade e da eficiência de processos produtivos de cafés, avaliando diferentes etapas como a escolha da espécie do café (ACQUATICCI et al., 2023), de metodologia para a fermentação dos grãos (BRESSANI et al., 2020, 2021; CASSIMIRO et al., 2023; JIMENEZ et al., 2023; PEREIRA et al., 2020), do processo de secagem (ZHANG et al., 2022), de torra (ALAMRI; ROZAN; BAYOMY, 2022; DE PAULO et al., 2023), e armazenamento de cafés (SMRKE et al., 2022). A forma de preparo (LOPES et al., 2021; PEREIRA et al., 2023) também é comumente avaliada com base nos teores de compostos voláteis finais na bebida, bem como no desenvolvimento de diferentes bebidas comercializadas prontas para beber (BELLUMORI et al., 2021). O desenvolvimento de novos produtos relacionados ou à base de café e seus coprodutos também é investigado e caracterizado através do uso de técnicas analíticas químicas instrumentais, como por exemplo, no desenvolvimento de chás a partir das folhas do café (MEI; DING; CHEN, 2023) e de bebidas destiladas produzidas a partir de coprodutos do grão de café (LOPES et al., 2022).

A predição de qualidade de cafés através dos níveis de compostos voláteis também foi investigada buscando associar o teor de compostos voláteis com a qualidade percebida através de análise sensorial ou com o nível de torra de cafés (CAPORASO; WHITWORTH; FISK, 2022; DA SILVA OLIVEIRA et al., 2022). Nesse sentido, compostos voláteis, como os descritos na Tabela 3, associados às características aromáticas relacionadas foram considerados para a construção e determinação dos compostos presentes.

Tabela 3 - Alguns compostos voláteis e as características aromáticas percebidas em cafés em que estão presentes

Composto volátil	Característica aromática percebida
Piridina	Caramelo, torrado, amargo
2-metiltetrahydrofuran-3-ona	Manteiga, noz, malte, caramelo
2,5-dimetil-3(2H)furanona	Caramelo, frutado, torrado
2-metiltetrahydrofuran-3-ona	Manteiga, noz, malte, caramelo
5-metilfurfural	Caramelo, picante, amadeirado
2,5-dimetil-3-etilpirazina	Fermentado
2-acetil-3-metilpirazina	Noz, amargo, amadeirado
N-furfurilpirrol	Cereal
5-hidroximetilfurfural	Manteiga, doce, herbáceo

2-etinil-2-metoxifenol	Picante, amadeirado, amargo
1-furfuril-2-metoxifenol	Doce, queimado
2,4-di-terc-butifenol	Fenólico
Ácido palmítico	Manteiga, leite
1-octadecanol	Floral

Fonte: Adaptado de AGNOLETTI *et al.*, 2022

As características sensoriais comumente associadas com compostos voláteis presentes em cafés são variáveis de grande interesse para o segmento uma vez que influenciam em como o café será percebido sensorialmente pelo consumidor, possibilitando então a segmentação dos cafés produzidos, de acordo com as características de aroma e sabor que o consumidor busca, e também com aquelas que ele considera como atributos de qualidade de um café. Por exemplo, um consumidor que associa qualidade com cafés mais encorpados e com sabor residual de torra mais proeminente, pode se interessar mais por cafés que tenham em sua composição maior teor de compostos voláteis amadeirados, doces e amanteigados, enquanto clientes que percebem cafés mais leves e frutados como cafés de alta qualidade, podem buscar por cafés que tenham em sua composição compostos voláteis que garantam essa percepção sensorial. Logo, a avaliação e a predição de aceitação sensorial através de estudos associando essas variáveis com compostos voláteis são promissores (AGNOLETTI *et al.*, 2022).

4.5. BENEFÍCIOS E MALEFÍCIOS

Um café de boa qualidade e claro, com consumo moderado, pode trazer inúmeros benefícios para os seres humanos, tais como o combate ao estresse, melhora dos níveis de atenção, diminuição da sonolência, impacto positivo para o coração, redução de problemas gástricos, benefícios para a memória entre outros. (EDUARDA *et al.*, [s.d.]).

Em contrapartida, assim como vários outros alimentos quando consumidos em excesso, o café pode trazer alguns malefícios para a saúde humana, como arritmia cardíaca, nervosismo, aumento do colesterol, entre outros. Apesar do sabor ser apreciado por muitos e o consumo ter aumentado bastante nos últimos anos, vale ressaltar a importância do consumo moderado (EDUARDA *et al.*, [s.d.]).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Considerando todos os aspectos mencionados neste trabalho, é possível notar que o café é um produto extremamente importante para a economia brasileira e do mundo, devido ao seu alto consumo e a crescente demanda por produtos de alta qualidade, em que se pode considerar os cafés especiais. Além disso, podemos afirmar que o café está presente no dia a dia da maioria dos brasileiros.

Os compostos voláteis são responsáveis pelo sabor e aroma dos alimentos, consequentemente responsáveis pela qualidade. Atualmente o consumidor não procura apenas alimentos com valores nutricionais, busca também por alimentos saborosos e com aroma apreciado, e, portanto, surge a necessidade da identificação desses compostos nos alimentos. No café não poderia ser diferente.

Foi possível observar que os compostos voláteis presentes no café podem ser representados por diversas classes químicas, como heterocíclicos, piridinas, fenóis, cetonas, aldeídos, álcool, ésteres e ácidos carboxílicos.

A identificação desses compostos é bastante difícil devido ao fato deles poderem se modificar com facilidade. Os métodos mais utilizados para identificação são a cromatografia gasosa, espectroscopia e cromatografia de alta eficiência.

Os compostos voláteis que estão presentes no café em maior quantidade são os furanos e as pirazinas, em contrapartida, mesmo eles estando presentes em maiores concentrações, compostos contendo enxofre, juntamente com as pirazinas, influenciam mais no sabor e aroma da bebida.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACQUATICCI, L. et al. Impact of coffee species, post-harvesting treatments and roasting conditions on coffee quality and safety related compounds. **Food Control**, v. 149, n. December 2022, p. 109714, 2023.

AGNOLETTI, B. Z. et al. Multivariate calibration applied to study of volatile predictors of arabica coffee quality. **Food Chemistry**, v. 367, n. January 2021, 2022.

ALAMRI, E.; ROZAN, M.; BAYOMY, H. A study of chemical Composition, Antioxidants, and volatile compounds in roasted Arabic coffee: Chemical Composition, Antioxidants and volatile compounds in Roasted Arabic Coffee. **Saudi Journal of Biological Sciences**, v. 29, n. 5, p. 3133–3139, 2022.

ALVES, O. A. P. **No Title CARACTERIZAÇÃO DE COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS EM AMOSTRAS DE TEMPEROS**. [s.l.] UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA, 2015.

ALVES, R. C. et al. **State of the art in coffee processing by-products**. [s.l.] Elsevier Inc., 2017.

BASSETTO, P.; CAMPUS, U.; MOURÃO, D. C. Processo produtivo do café torrado e moído. p. 1–8, 2016.

BELLUMORI, M. et al. Effects of different stabilization techniques on the shelf life of cold brew coffee: Chemical composition, flavor profile and microbiological analysis. **Lwt**, v. 142, n. January, p. 111043, 2021.

BRESSANI, A. P. P. et al. Organic acids produced during fermentation and sensory perception in specialty coffee using yeast starter culture. **Food Research International**, v. 128, n. May 2019, p. 108773, 2020.

BRESSANI, A. P. P. et al. Influence of yeast inoculation on the quality of fermented coffee (*Coffea arabica* var. Mundo Novo) processed by natural and pulped natural processes. **International Journal of Food Microbiology**, v. 343, n. January, 2021.

CAPORASO, N.; WHITWORTH, M. B.; FISK, I. D. Prediction of coffee aroma from single roasted coffee beans by hyperspectral imaging. **Food Chemistry**, v. 371, n. September 2021, p. 131159, 2022.

CARNEIRO, C. M.; CARNEIRO, C. M. Carla maria carneiro. 2021.

CASSIMIRO, D. M. DE J. et al. Wet fermentation of *Coffea canephora* by lactic acid bacteria and yeasts using the self-induced anaerobic fermentation (SIAF) method enhances the coffee quality. **Food Microbiology**, v. 110, n. October 2022, 2023.

CHRYSANT, S. G. Coffee Consumption and Cardiovascular Health. **American Journal of Cardiology**, v. 116, n. 5, p. 818–821, 2015.

DA SILVA OLIVEIRA, E. C. et al. Chemical and sensory discrimination of coffee: impacts of the planting altitude and fermentation. **European Food Research and Technology**, v. 248, n. 3, p. 659–669, mar. 2022.

- DE MELO PEREIRA, G. V. et al. **Chemical composition and health properties of coffee and coffee by-products**. 1. ed. [s.l.] Elsevier Inc., 2020. v. 91
- DE PAULO, E. H. et al. Study of coffee sensory attributes by ordered predictors selection applied to ¹H NMR spectroscopy. **Microchemical Journal**, v. 190, n. January, 2023.
- DONG, D. et al. Rapid and real-time analysis of volatile compounds released from food using infrared and laser spectroscopy. **TrAC - Trends in Analytical Chemistry**, v. 110, p. 410–416, 2019.
- DURÁN, C. A. A. ; et al. Café: Aspectos Gerais e seu Aproveitamento para além da Bebida. **Revista Virtual de Química**, v. 9, n. 1, p. 1–28, 2017.
- EDUARDA, M. et al. DOI: 10.31510/infa.v15i1.356. p. 285–292, [s.d.].
- FEBRIANTO, N. A.; ZHU, F. Coffee bean processing: Emerging methods and their effects on chemical, biological and sensory properties. **Food Chemistry**, v. 412, n. September 2022, p. 135489, 2023.
- FELIPE, L. ; B. J. TERPENOS, AROMAS E A QUÍMICA DOS COMPOSTOS NATURAIS. **QUÍMICA E SOCIEDADE**, v. 32, p. 120–130, 2017.
- FELIPE, R.; MOREIRA, A. Componentes voláteis do café torrado . Parte I : compostos heterocíclicos. n. June 2014, 1999.
- GARCÍA, Y. M. et al. EXTRAÇÃO E ANÁLISE DE COMPOSTOS ORGÂNICOS VOLÁTEIS POR SPME-HS E GC-MS – UM BREVE REFERENCIAL TEÓRICO. In: **Ciências Agrárias: o avanço da ciência no Brasil - Volume 1**. [s.l.] Editora Científica Digital, 2021. p. 68–83.
- GONG, X. et al. Deterioration of plant volatile organic compounds in food: Consequence, mechanism, detection, and control. **Trends in Food Science and Technology**, v. 131, n. October 2022, p. 61–76, 2023.
- JANNE, L. et al. Coffee fermentation process : A review. **Food Research International**, v. 169, n. March, p. 112793, 2023.
- JANZANTTI, N. S. **COMPOSTOS VOLÁTEIS E QUALIDADE DE SABOR DA CACHAÇA**. [s.l.] UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS, 2004.
- JIMENEZ, E. J. M. et al. Influence of anaerobic fermentation and yeast inoculation on the viability, chemical composition, and quality of coffee. **Food Bioscience**, v. 51, n. September 2022, 2023.
- LOPES, A. C. A. et al. Production and characterization of a new distilled beverage from green coffee seed residue. **Food Chemistry**, v. 377, n. July 2021, p. 131960, 2022.
- LOPES, G. R. et al. Carbohydrates as targeting compounds to produce infusions resembling espresso coffee brews using quality by design approach. **Food Chemistry**, v. 344, n. August 2020, 2021.
- MALEŠ, I. et al. The medicinal and aromatic plants as ingredients in functional beverage

production. **Journal of Functional Foods**, v. 96, n. July, 2022.

MAMUSA, M. et al. Encapsulation of volatile compounds in liquid media: Fragrances, flavors, and essential oils in commercial formulations. **Advances in Colloid and Interface Science**, v. 298, n. October, p. 102544, 2021.

MEI, S.; DING, J.; CHEN, X. Identification of differential volatile and non-volatile compounds in coffee leaves prepared from different tea processing steps using HS-SPME/GC-MS and HPLC-Orbitrap-MS/MS and investigation of the binding mechanism of key phytochemicals with olfactory an. **Food Research International**, v. 168, n. December 2022, p. 112760, 2023.

MEJÍA-CARMONA, K.; LANÇAS, F. M. Modified graphene-silica as a sorbent for in-tube solid-phase microextraction coupled to liquid chromatography-tandem mass spectrometry. Determination of xanthines in coffee beverages. **Journal of Chromatography A**, v. 1621, 2020.

PEREIRA, L. L. et al. New propositions about coffee wet processing: Chemical and sensory perspectives. **Food Chemistry**, v. 310, n. December 2019, p. 125943, 2020.

PEREIRA, L. L. et al. Impacts of brewing methods on sensory perception and organoleptic compounds of coffee. **Food Chemistry Advances**, v. 2, n. January, p. 100185, 2023.

PUA, A. et al. Recent advances in analytical strategies for coffee volatile studies : Opportunities and challenges. **Food Chemistry**, v. 388, n. April, p. 132971, 2022.

SANTANATOGLIA, A. et al. A comprehensive comparative study among the newly developed Pure Brew method and classical ones for filter coffee production. **Lwt**, v. 175, n. January, p. 114471, 2023.

SEBRAE. **ESTUDO TRAZ O PANORAMA DO MERCADO DE CAFÉS E CAFETERIAS NO BRASIL**. Disponível em: <<https://www.sebrae-sc.com.br/blog/cafe-cafeterias#:~:text=Nosso país representa 13%25 dessa,brasileiro tem ótima fama internacionalmente.>>.

SEBRAE. **No Title**. Disponível em: <<https://www.sebrae-sc.com.br/observatorio/potencial-de-mercado/video-o-mercado-de-cafes-e-cafeterias>>.

SMRKE, S. et al. Effects of different coffee storage methods on coffee freshness after opening of packages. **Food Packaging and Shelf Life**, v. 33, n. June, p. 100893, 2022.

SUNARHARUM, W. B.; WILLIAMS, D. J.; SMYTH, H. E. Complexity of coffee flavor : A compositional and sensory perspective. **FRIN**, v. 62, p. 315–325, 2014.

VEGRO, C. L. R.; DE ALMEIDA, L. F. **Global coffee market: Socio-economic and cultural dynamics**. [s.l.] Elsevier Inc., 2020.

VOSKOBOINIK, A.; KOH, Y.; KISTLER, P. M. Cardiovascular effects of caffeinated beverages. **Trends in Cardiovascular Medicine**, v. 29, n. 6, p. 345–350, 2019.

WU, H. et al. Food Bioscience Effect of processing on bioaccessibility and bioavailability of bioactive compounds in coffee beans. **Food Bioscience**, v. 46, n. August 2021, p. 101373,

2022.

ZHANG, K. et al. Identification of changes in the volatile compounds of robusta coffee beans during drying based on HS-SPME/GC-MS and E-nose analyses with the aid of chemometrics. **Lwt**, v. 161, n. January, p. 113317, 2022.