



RENAN BERTOLI DE FREITAS

**ANÁLISE SENSORIAL E QUÍMICA DE CAFÉS
FERMENTADOS SUBMETIDOS A DIFERENTES
PROCESSOS DE DESINFECÇÃO DO FRUTO**

**LAVRAS – MG
2023**

RENAN BERTOLI DE FREITAS

**ANÁLISE SENSORIAL E QUÍMICA DE CAFÉS FERMENTADOS SUBMETIDOS A
DIFERENTES PROCESSOS DE DESINFECÇÃO DO FRUTO**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós Graduação em Ciência dos Alimentos, para obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Carlos José Pimenta

Orientador

Prof. Dr. Gladyston Rodrigues Carvalho

Coorientador

LAVRAS - MG

2023

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Freitas, Renan Bertoli de.

Análise sensorial e química de cafés fermentados submetidos a diferentes processos de desinfecção do fruto / Renan Bertoli de Freitas. - 2023.

78 p. : il.

Orientador(a): Carlos José Pimenta.

Coorientador(a): Gladyston Rodrigues Carvalho.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2023.

Bibliografia.

1. Cafés especiais. 2. Fermentação. 3. Qualidade do café. I. Pimenta, Carlos José. II. Carvalho, Gladyston Rodrigues. III. Título.

RENAN BERTOLI DE FREITAS

**ANÁLISE SENSORIAL E QUÍMICA DE CAFÉS FERMENTADOS SUBMETIDOS A
DIFERENTES PROCESSOS DE DESINFECÇÃO DO FRUTO
SENSORY AND CHEMICAL ANALYSIS OF FERMENTED COFFEE SUBMITTED
TO DIFFERENT FRUIT DISINFECTION PROCESSES**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós Graduação em Ciência dos Alimentos, para obtenção do título de Mestre.

APROVADO em 14 de abril de 2023.

Dr. Gladyston Rodrigues Carvalho EPAMIG

Dr. Dalysse Toledo Castanheira UFLA

Dr. Ademilson de Oliveira Alecrim UNICERP

Prof. Dr. Carlos José Pimenta

Orientador

Prof. Dr. Gladyston Rodrigues Carvalho

Coorientador

LAVRAS - MG

2023

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me conceder o dom da vida e a capacidade de alcançar todos os meus objetivos pessoais e profissionais.

Aos meus amados pais, Luiz Carlos e Mônica, pelo constante apoio e incentivo.

A minha amada irmã Larissa e demais familiares, por acreditarem e apoiarem continuamente todos os meus sonhos. Em especial ao meu tio Dangelo (*in memoriam*) pelas oportunidades oferecidas no exterior para meu crescimento profissional e pessoal na cadeia do café, sempre acreditando no meu potencial. Jamais esquecerei, sempre serei grato.

A Gisele, pelo amor, respeito, carinho, cumplicidade e amizade em nosso relacionamento e por todo apoio na conclusão desta etapa de minha vida.

Ao professor Carlos José Pimenta, pelos ensinamentos e valores humanos transmitidos, pela minha formação, pelas oportunidades construídas, pelo compartilhamento e convívio com alegria e sabedoria.

Aos membros da banca e ao coorientador Gladyston Rodrigues Carvalho, por toda colaboração com o trabalho, compartilhamento e ensinamentos ao longo da minha carreira acadêmica e profissional.

Aos integrantes, do Laboratório DCA 2 da UFLA, Paloma e Tatiane, pela contribuição, convivência, aprendizado e amizade conquistada ao longo deste trabalho.

Aos integrantes e bolsistas do Laboratório de Qualidade de Cafés da EPAMIG (Lavras), em especial ao Denis, pela contribuição, convivência, aprendizado e amizade conquistada ao longo deste trabalho.

Aos colegas, funcionários e professores do Departamento de Ciência dos Alimentos, pela convivência diária, motivação e auxílio.

À Universidade Federal de Lavras e ao programa de Pós-graduação em Ciência dos Alimentos, por todas as oportunidades construídas e oferecidas durante o mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão de bolsas de estudo e apoios financeiros aos projetos desenvolvidos ao longo do mestrado.

À Cooperativa (COOPERBOM) em Bom Sucesso - MG, à SANCOFFEE BRASIL em Santo Antônio do Amparo e a Fazenda São João Batista (Lavras, MG), pela colaboração essencial para realização do trabalho.

RESUMO

O Brasil é o maior produtor e exportador de café do mundo. Nos últimos anos, a população passou a valorizar cafés de qualidade superior, os chamados cafés especiais, e desde então os cafeicultores buscam melhorar o produto, desde o plantio até o processamento. A fermentação do café pode auxiliar no desenvolvimento de sabor e aroma, estabelecendo mais um caminho dentro dos processamentos pós colheita para melhorar a qualidade dos cafés brasileiros. Entretanto, a presença de microrganismos indesejáveis durante o processamento e fermentação do café pode influenciar negativamente na qualidade da bebida final. O objetivo com este trabalho foi avaliar química e sensorialmente amostras de café fermentado da cultivar MGS Paraíso 2 após desinfecção dos frutos por soluções sanitizantes. O delineamento utilizado foi DIC, com seis tratamentos e cinco repetições, totalizando 30 parcelas. Os tratamentos foram compostos pela testemunha (ausência de solução desinfetante – T1), T2 com utilização de ozônio como desinfetante, T3 com hipoclorito de sódio + ácido ascórbico, T4 com ácido peracético, T5 com metabissulfito de potássio e T6 com peróxido de hidrogênio. Após o período de fermentação, secagem, descanso e beneficiamento, as amostras foram encaminhadas para as análises sensoriais e químicas. De acordo com as análises sensoriais, todos os tratamentos apresentaram nota final acima de 84 pontos e a utilização das soluções desinfetantes não influenciou na qualidade da bebida em nenhum dos tratamentos. Dentre os sabores e aromas mais citados na análise CATA, adocicado, frutado e cítrico apresentaram destaque. Soluções como hipoclorito de sódio + ácido ascórbico e peróxido de hidrogênio podem diminuir o pH e, conseqüentemente, aumentar a acidez da bebida. A utilização de ozônio permitiu a preservação de sólidos solúveis totais, apresentou baixos níveis de condutividade elétrica e lixiviação de potássio. O peróxido de hidrogênio não constitui um sanitizante adequado para desinfecção de frutos de café, pois diminui o pH da solução e provoca maiores níveis de lixiviação de potássio. Já os sanitizantes ácido peracético e metabissulfito de potássio não apresentaram diferenças em relação a testemunha em nenhum dos aspectos físico-químicos analisados, mantendo as características da bebida. Desta forma, dentre as soluções sanitizantes, apenas o ozônio obteve poder eficiente de diminuir os microrganismos.

Palavras-chave: Cafés especiais. Fermentação. Qualidade do café.

ABSTRACT

Brazil is the world's largest coffee producer and exporter. In recent years, the population has come to value higher quality coffees, the so-called specialty coffees, and since then coffee growers have sought to improve the product, from planting to processing. Coffee fermentation can help in the development of flavor and aroma, establishing one more path within post-harvest processing to improve the quality of Brazilian coffees. However, the presence of undesirable microorganisms during coffee processing and fermentation can negatively influence the quality of the final drink. The objective of this work was to chemically and sensorially evaluate samples of fermented coffee from the cultivar MGS Paraíso 2 after disinfection of the fruits by sanitizing solutions. The design used was DIC, with six treatments and five replications, totaling 30 plots. The treatments consisted of the control (absence of disinfectant solution – T1), T2 with the use of ozone as disinfectant, T3 with sodium hypochlorite + ascorbic acid, T4 with peracetic acid, T5 with potassium metabisulphite and T6 with hydrogen peroxide. After the fermentation, drying, resting and processing period, the samples were sent for sensory and chemical analyses. According to sensory analysis, all treatments had a final score above 84 points and the use of disinfectant solutions did not influence the quality of the drink in any of the treatments. Among the most cited flavors and aromas in the CATA analysis, sweet, fruity and citric stood out. Solutions such as sodium hypochlorite + ascorbic acid and hydrogen peroxide can lower the pH and, consequently, increase the acidity of the beverage. The use of ozone allowed the preservation of total soluble solids, showed low levels of electrical conductivity and potassium leaching. Hydrogen peroxide is not a suitable sanitizer for disinfecting coffee berries, as it lowers the pH of the solution and causes higher levels of potassium leaching. The peracetic acid and potassium metabisulphite sanitizers did not show differences in relation to the control in any of the physical-chemical aspects analyzed, maintaining the beverage's characteristics. Thus, among the sanitizing solutions, only ozone obtained efficient power to reduce microorganisms.

Keywords: Specialty coffees. Fermentation. Coffee quality.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Em (A), localização da fazenda São João Batista - MG onde foi realizada a colheita dos frutos de café da cultivar MGS Paraíso 2. Em (B), amostras colhidas demonstrando a seletividade dos frutos.	47
Figura 2 - Fluxograma apresentando as etapas por quais os frutos de café da cultivar MGS Paraíso 2 forma submetidos, desde a colheita até a torra.	47
Figura 3 - Frutos de café passando pelo lavador (A) e repasse na seleção dos frutos (B).	48
Figura 4 - Disposição dos tanques de desinfecção dos frutos de café, de acordo com os tratamentos e repetições.....	50
Figura 5 - Preparação dos recipientes de fermentação.	50
Figura 6 - Diagrama da preparação de leveduras utilizadas no processo fermentativo do café.	51
Figura 7 - Cafés em processo fermentativo em anaerobiose.	52
Figura 8 - Secagem dos cafés em peneiras, evidenciando a primeira camada de secagem.....	54
Figura 9 - Amostras de cafés em descanso.....	54
Figura 10 - Amostras de cafés beneficiados.....	55
Figura 11 - Valores de acidez (A) e pH (B) após análise química.	65
Figura 12 - Valores de sólidos solúveis totais (SST) após análise química.	66
Figura 13 - Valores de açúcares totais após análise química.	67
Figura 14 - Valores da atividade da enzima polifenoloxidase após análise química.	69
Figura 15 - Valores de condutividade elétrica (A) e lixiviação de potássio (B) após análise química.	70

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Detalhes dos tratamentos e soluções utilizadas para desinfecção dos frutos de café utilizando no trabalho.	49
Tabela 2 - Valores de pH obtidos antes e após processo fermentativo dos frutos de café, segundo os tratamentos realizados.....	53
Tabela 3 – Escala de intensidade dos atributos sensoriais após análise da bebida café de cada tratamento pelos três provadores treinados.	59
Tabela 4 - Dados de CATA aroma obtidos pela análise dos três provadores	60
Tabela 5 - Dados de CATA sabor obtidos pela análise dos três provadores treinados.	62
Tabela 6 - Média dos tratamentos de acordo com cada atributo avaliado.....	64

SUMÁRIO

	PRIMEIRA PARTE	11
1.	INTRODUÇÃO	11
2.	REFERÊNCIAL TEÓRICO	13
2.1.	Café: diversidade e caracterização	13
2.2.	Cafés especiais	14
2.2.1.	Composição físico-química do grão de café	15
2.2.1.1.	Água	16
2.2.1.2.	Proteínas e aminoácidos	16
2.2.1.3.	Lipídeos	17
2.2.1.4.	Açúcares totais, redutores e não-redutores	17
2.2.1.5.	Minerais	17
2.2.1.6.	Cafeína, trigonelina e ácidos	18
2.2.1.7.	Sólidos solúveis	18
2.2.1.8.	Lixiviação de potássio e condutividade elétrica	19
2.2.1.9.	Acidez e pH	20
2.2.1.10.	Compostos fenólicos totais	21
2.2.1.11.	Polifenoloxidase (PPO)	21
2.3.	Microbiota presente no café	22
2.4.	Processamento e fermentação do café	23
2.5.	Desinfecção de frutos	26
2.5.1.	Hipoclorito de sódio e dióxido de cloro	26
2.5.2.	Ozônio	27
2.5.3.	Ácidos orgânicos	28
2.5.4.	Ácido peracético	28
2.5.5.	Peróxido de hidrogênio	28
3.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
	REFERÊNCIAS	31
	SEGUNDA PARTE - ARTIGO	44
	ARTIGO 1 - ANÁLISE SENSORIAL E QUÍMICA DE CAFÉS FERMENTADOS SUBMETIDOS A DIFERENTES PROCESSOS DE DESINFECÇÃO DO FRUTO	44
1.	INTRODUÇÃO	45
2.	MATERIAL E MÉTODOS	46

2.1.	Cultivar utilizada e local de colheita	46
2.2.	Processamento do café	47
2.3.	Lavagem.....	47
2.4.	Desinfecção	48
2.4.1.	Preparo solução desinfetante	48
2.4.2.	Tratamentos e Delineamento Experimental.....	48
2.5.	Fermentação	50
2.5.1.	Preparação e lavagem dos recipientes de fermentação	50
2.5.2.	Preparação das leveduras.....	50
2.5.3.	Processo fermentativo.....	52
2.6.	Secagem.....	52
2.7.	Descanso.....	54
2.8.	Beneficiamento	54
2.9.	Torra e análise sensorial.....	55
2.10.	Avaliação Check-All-That-Apply (CATA)	56
2.11.	Análises físico-químicas.....	56
2.11.1.	Acidez titulável, pH e sólidos solúveis	57
2.11.2.	Açúcares totais	57
2.11.3.	Atividade de Polifenoloxidas (PPO)	57
2.11.4.	Condutividade elétrica.....	57
2.11.5.	Lixiviação de potássio	57
2.12.	Análise estatística	57
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	58
3.1.	Análise sensorial.....	58
3.2.	Avaliação CATA	60
3.3.	Análises físico-químicas.....	63
3.3.1.	Acidez titulável e pH.....	63
3.3.2.	Sólidos solúveis totais.....	66
3.3.3.	Açúcares totais	67
3.3.4.	Atividade de Polifenoloxidase (PPO)	68
3.3.5.	Condutividade elétrica e lixiviação de potássio.....	69
4.	CONCLUSÕES	71
	REFERÊNCIAS.....	72
	ANEXOS.....	77

PRIMEIRA PARTE

1. INTRODUÇÃO

A bebida do café (*Coffea arabica* L.) é uma das mais consumidas no mundo, por ser um produto natural com características intrínsecas (FERREIRA, 2010). Não possui valor nutritivo relevante, e seu consumo é baseado nos efeitos fisiológicos e psicológicos relacionados à presença da cafeína e, principalmente, pela satisfação que seu aroma e sabor são capazes de proporcionar (SIVETZ; FOOTE, 1997).

O crescente consumo por cafés especiais não está relacionado apenas ao seu efeito estimulante, mas ao prazer que o consumidor pode sentir ao degustar a bebida (FASSIO et al., 2019; GIOMO; BORÉM, 2011). No mercado de cafés especiais existe a procura por bebidas com características únicas, sendo necessário compreender os fatores – sejam ambientais, genéticos ou tecnológicos – que interferem na qualidade final da bebida (AVELINO et al., 2005).

Os cafés especiais são obtidos a partir de grãos sem defeitos (preto, verde, queimado e verde-preto), com bebida final limpa, ou seja, sem defeitos indesejáveis, fermentação ou sabor amargo, adquirindo aroma, sabor agradável e gosto residual duradouro (SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION OF AMERICA - SCAA, 2015). Além disso, não apresentam defeitos primários, possuem sabores e aromas diferenciados (como florais, cítricos, chocolate, avelã) que os diferenciam de outras bebidas e permitem um produto final de alto valor agregado (BRAZIL SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION - BSCA, 2016).

O processo de fermentação do café ocorre naturalmente por meio da degradação da mucilagem presente ao redor dos grãos (AGATE; BHAT, 1966). Microrganismos naturalmente presentes nos frutos, ou outras bactérias, leveduras e fungos filamentosos metabolizam açúcares e produzem compostos, como ácidos orgânicos, ésteres e álcoois (SILVA, 2014), influenciando na qualidade final do café em virtude da degradação de alguns compostos ou pela excreção de seus produtos metabólicos (ESQUIVEL; JIMÉNEZ, 2012).

Vários fatores afetam a qualidade do café, onde a alta umidade e temperatura são propícias para o desenvolvimento de microrganismos que afetam o processo de fermentação dos frutos (ANGÉLICO, 2011; PIMENTA et al., 2008). O processamento de forma inadequada também pode promover fermentações indesejáveis, estimulando a produção de ácidos (butírico e propiônico), comprometendo a qualidade dos grãos (SCHWAN; SILVA; BATISTA, 2012).

Entretanto, quando a fermentação ocorre de forma controlada, esta pode contribuir para a formação de compostos que favorecem o aroma e sabor de café desejáveis (PIMENTA, 2003).

Quando os frutos de café chegam ao processamento podem conter grande carga microbiológica pelas possíveis contaminações na colheita e no transporte. Os microrganismos além de afetarem sabor, qualidade e rendimento do produto, podem ser patogênicos, sendo necessários procedimentos que eliminem ou atenuem os danos. A desinfecção dos frutos deve ser realizada com sanitizantes eficazes e que não prejudiquem o consumidor e o ambiente (FREITAS SILVA; SOUZA; OLIVEIRA, 2013).

2. REFERÊNCIAL TEÓRICO

2.1. Café: diversidade e caracterização

O café é uma das bebidas não alcoólicas mais apreciadas em todo o mundo, consumida pelo menos nos últimos dez séculos (ELHALIS et al., 2020; EVANGELISTA et al., 2014a; ORECCHIO; AMORELLO; BARRECA, 2019). A planta é pertencente ao gênero *Coffea*, família botânica Rubiaceae, e possui cerca de 120 espécies e centenas de cultivares (NATIONAL CENTER FOR BIOTECHNOLOGY INFORMATION – NCBI, 2022). Entretanto, somente duas espécies, *Coffea arabica* e *Coffea canephora* (HAMDOUCHE et al., 2016), são amplamente cultivadas e responsáveis pela produção da maior parte do café consumido em todo mundo (ESQUIVEL; JIMÉNEZ, 2012; SAKIYAMA; FERRÃO, 2014).

Cultivares de café arábica (*C. arabica*) normalmente estão relacionados com melhor qualidade da bebida e com melhores atributos sensoriais após torrefação, sendo característico o sabor suave e aromático (ESQUIVEL; JIMÉNEZ, 2012; ROSSETTI, 2007). Em contrapartida, cultivares de café robusta (*C. canephora*) apresentam sabor amargo e adstringente, e maior nível de cafeína e sólidos solúveis, o que confere qualidade inferior quando comparado ao café arábica (RUBAYIZA; MEURENS, 2005). Por apresentar baixa acidez, o café robusta é mais utilizado em *blends*, de forma a incorporar a bebida final e reduzir os custos (CAMPANHA; DIAS; BENASSI, 2010).

A planta de café é perene, com caule evidente, sistema radicular superficial (BARRETO et al., 2006), porte arbóreo, com ótimo crescimento em clima úmido e temperaturas amenas (MARTINS, 2012), o que conferiu rápida adaptação aos solos e climas brasileiros.

O fruto é formado por seis constituintes: exocarpo (casca), endocarpo (polpa), mesocarpo (mucilagem), espermoderma (pergaminho), película prateada e endosperma (semente) (BRANDO; BRANDO, 2014). O exocarpo é o tecido mais externo do fruto e apresenta coloração verde em frutos imaturos e torna-se vermelho quando maduro, podendo apresentar variações entre amarelo e laranja, a depender dos genótipos (ESQUIVEL; JIMÉNEZ, 2012). O endocarpo corresponde à polpa do fruto e representa em torno de 29% do peso integral (ELÍAS, 1978). O mesocarpo é formado pela mucilagem - camada incolor e viscosa - localizada entre a polpa e o grão de café (ESQUIVEL; JIMÉNEZ, 2012). O espermoderma, também chamado de pergaminho, apresenta cor amarelada e é composto por α -celulose, hemicelulose, lignina e cinzas (BEKALO; REINHARDT, 2010). Mais internamente, há o endosperma que corresponde ao grão de café, recoberto por uma película prateada

(ESQUIVEL; JIMÉNEZ, 2012). Esta é a parte utilizada na preparação da bebida, a qual contém os atributos desenvolvidos após a torrefação para o sabor característico do café (BRANDO; BRANDO, 2014).

A qualidade do café é resultante da complexidade dos compostos existentes em seus grãos. Açúcares, ácidos graxos, proteínas, compostos fenólicos, ácidos, aldeídos, cetonas e mais de 800 compostos voláteis são responsáveis pela formação do sabor e aroma da bebida (CHIN; EYRES; MARRIOTT, 2015; LEE et al., 2015). Assim, a excelência do café não é proveniente apenas da origem genética, mas também de fatores ambientais e culturais, composição química, técnicas de cultivo, métodos de processamento e qualidade dos grãos (GUIMARÃES; SOUZA; SCHIAVI, 2020; KIST, 2019; LEROY et al., 2006; SANTOS; SIMÃO, 2015).

2.2. Cafés especiais

O crescente interesse dos consumidores por cafés especiais exige do mercado produtos mais qualificados, visto que o café tem sido cada vez mais consumido por suas propriedades sensoriais (ANDRADE, 2017). Isso é evidente pela expansão do mercado deste tipo de café, que cresce 30% ao ano (BSCA, 2016; GIOMO; BORÉM, 2011; RIBEIRO et al., 2011), e representa 12% do mercado internacional da bebida e 15% do mercado brasileiro (BSCA, 2016). E mesmo apresentando preços superiores em comparação ao café *commodity*, nota-se que se o produto for de boa qualidade, o consumidor está disposto a pagar um valor mais elevado (PEREIRA; BARTHOLO; GUIMARÃES, 2004).

Entretanto, a diferença entre café especial e “café comum” vai além de ser um produto superior ou mais *gourmet*. Para ser considerado especial, sua composição química será determinante para sua qualidade diferenciada (GIOMO; BORÉM, 2011), devendo apresentar bom aspecto físico, aroma e sabor agradáveis ao paladar (SCAA, 2015). Além disso, os cafés especiais se destacam em relação ao aspecto dos grãos, forma de colheita, processamento pós colheita, histórico da área de produção, origem dos plantios, cultivares e certificações (LINGLE, 2011).

Nesse contexto, a Specialty Coffee Association (SCA), surgiu para classificar cafés com alto padrão de qualidade. Tais avaliações são realizadas com base em parâmetros técnicos por meio de degustação feita oficialmente por um Q-Grader (Arabica Quality Grader) – profissional especializado na degustação e classificação de cafés – certificado pelo Coffee Quality Institute (CQI) (SILVA, 2021).

No Brasil, as avaliações sensoriais do café são realizadas segundo a Classificação Oficial Brasileira (COB) (BRASIL, 2003) e a Specialty Coffee Association (SCA) (LINGLE, 2011). O método da prova da xícara tradicional é utilizado para classificação dos cafés commodities, sendo classificados como bebida estritamente mole, mole, apenas mole, dura, riado, rio e rio zona (BRASIL, 2003). São avaliados critérios como acidez, corpo e ausência de defeitos (FERIA-MORALES, 2002), apesar de não serem avaliadas características como a qualidade da torrefação (RIBEIRO et al., 2017).

Já para os cafés especiais, a avaliação torna-se mais complexa. Os atributos são divididos em subjetivos (fragrância/aroma, sabor, sabor residual, acidez, corpo, equilíbrio e impressão global) e objetivos (uniformidade, xícara limpa e doçura). A classificação é obtida pelo somatório das notas individuais de cada atributo, o que representa a qualidade global do café. Cafés especiais possuem pontuações acima de 80 (SCAA, 2015).

Apesar destas avaliações serem adotadas pela Organização Internacional do Café (OIC), recebem diversas críticas por se tratarem de medidas subjetivas, que dependem de treinamento de pessoas especializadas e, conseqüentemente, podem acarretar em habilidades sensoriais distintas e distorções de avaliações entre diferentes provadores (MAZZAFERA; GONÇALVES; SHIMIZU, 2002; PINHEIRO, 2015). Desta forma, a busca por características do café baseados em aspectos químicos e físico-químicos tem crescido e se tornado um bom aliado na avaliação do produto, visto que existe uma relação entre qualidade do café e sua composição química (FARAH et al., 2006). A utilização de tais parâmetros de forma adicional auxiliam os métodos existentes de avaliação da qualidade do café a tornarem-se mais objetivos.

2.2.1. Composição físico-química do grão de café

A composição química do grão de café é dependente da interação genótipo e ambiente, do estágio de maturação e das condições climáticas, assim como sofre influência do manejo, dos cuidados na produção, colheita, pós-colheita e processamento (CARVALHO; CHAGAS; CHALFOUN, 1997; KITZBERGER et al., 2013; LIMA, 2017; SIMÕES; FARONI; QUEIROZ, 2008). A qualidade da bebida está relacionada com toda a constituição química do grão, que inclui compostos voláteis, fenólicos, ácidos graxos, proteínas, açúcares e enzimas que que podem alterar as características finais do produto (AMORIM; TEIXEIRA, 1975; BUFFO; CARDELLI-FREIRE, 2004; FARAH; DONANGELO, 2006; OLIVEIRA, 1972; PEREIRA, 2008; PIMENTA; VILELA, 2003; VALÊNCIA-ARISTIZABAL, 1972; VITORINO et al., 2001a).

Entretanto, o grão de café cru não possui aroma e sabor típicos da bebida, sendo a torrefação também um processo essencial para a formação de compostos responsáveis pelas propriedades intrínsecas da bebida final (ILLY; VIANI, 2005; MALTA; PEREIRA; CHAGAS, 2005). Segundo Abrahão (2007), a qualidade da bebida do café é determinada pelos componentes químicos responsáveis pela formação do sabor e aroma que se encontram no endosperma, e que são influenciados pelo processo de torrefação, onde vários componentes químicos podem ser gerados e convertidos em outros componentes.

Apesar da complexidade em se relacionar qualidade e composição química do grão cru (MALTA; PEREIRA; CHAGAS, 2005; PRETE, 1992), segundo Malta, Pereira e Chagas (2005), há uma concordância de que o processo de degeneração de membranas celulares e perda da permeabilidade seletiva provoquem reações químicas que modificam a composição química original do grão de café verde e em consequência, as propriedades sensoriais do produto final.

A seguir são apresentados alguns componentes químicos e parâmetros utilizados na avaliação química, física e químico-física do café.

2.2.1.1. Água

O teor de água do grão está associado à forma, local e tempo de armazenamento. O teor de água dos grãos após secagem deve estar em torno de 11 a 13% (INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ, 1977). Porcentagens acima deste padrão favorecem desenvolvimento de microrganismos e mudanças de coloração, acelerando as reações químicas e contribuindo com a degradação do café (FERREIRA, 2010; VILELA; PEREIRA, 1998). Com porcentagens abaixo deste padrão, o café permanece mais tempo no terreiro, ocupando mão de obra, espaço, e risco de quebras dos grãos durante beneficiamento (FERREIRA, 2010; VILELA; PEREIRA, 1998).

2.2.1.2. Proteínas e aminoácidos

As proteínas e aminoácidos sofrem desnaturação e/ou reagem com compostos fenólicos e açúcares (reações de Maillard) durante a torrefação, formando compostos aromáticos voláteis e não voláteis responsáveis pelo sabor e aroma do café (EL HALAL, 2008). Estima-se que de 20 a 40% das proteínas seja perdida neste processo (HOFFMANN, 2001), representando um grupo importante de compostos relacionados ao aroma.

2.2.1.3.Lipídeos

Os lipídeos possuem papel importante na qualidade do café em relação às características organolépticas que os torna desejáveis (LIMA, 2017). Tais compostos possuem efeito benéfico na qualidade da bebida do café (aroma e sabor), pois durante o processo de torrefação, encontram-se nas áreas externas das células, formando uma camada protetora, evitando sua perda durante o processo. Entretanto, parte dos lipídeos é perdida durante a moagem, o que explica o motivo de cafés de melhor qualidade apresentarem maiores teores desses compostos (AGUIAR et al., 2005; LEITE, 2009; PIMENTA; VILELA, 2003).

2.2.1.4.Açúcares totais, redutores e não-redutores

Durante o processo de amadurecimento dos frutos de café ocorre o aumento no teor de açúcares solúveis em função da degradação de moléculas de amido, substratos importantes para as reações de pirólise que ocorrem durante a torrefação (LIMA, 2017; SILVA et al., 2009).

No grão de café cru predominam açúcares não redutores, como a sacarose. Os níveis de tais compostos aumentam gradativamente em função do estágio de maturação do fruto, sendo influenciado também pelas condições climáticas e regiões de cultivo (PIMENTA; VILELA 2003), tipos de processamento pós colheita e secagem dos grãos (KLEINWÄCHTER; SELMAR, 2010). Já os açúcares redutores, como a glicose e frutose, encontrados em pequenas quantidades no grão cru, podendo apresentar relativo aumento do teor durante o processo de torrefação, consequência da degradação de açúcares não redutores (LIMA, 2017).

A relação dos açúcares com a qualidade do produto final está formação de compostos responsáveis pelo aroma e sabor no processo de torrefação: açúcares redutores reagem com os aminoácidos livres (reações de Maillard), dando origem à coloração caramelizada escura característica dos grãos torrados, e formando compostos responsáveis pelo aroma e sabor da bebida (FLAMENT, 2002; RODARTE, 2008).

2.2.1.5.Minerais

As cinzas são os compostos inorgânicos e estão relacionados com a estabilidade, qualidade e composição da bebida de café (MERCIER, 2022). Seu teor é determinado após a queima de compostos orgânicos, sendo incluídos resíduos minerais como K, Ca, Na, Mg, Al,

Fe, Cu, Mg, Zn e traços de outros elementos (CECCHI, 2003). O limite máximo para o teor de cinzas é de 5% (BRASIL, 2010), sendo que valores acima podem indicar grande quantidade de impurezas nas amostras.

2.2.1.6. Cafeína, trigonelina e ácidos

A cafeína é uma substância bioativa que possui sabor amargo característico (NOGUEIRA; TRUGO, 2003). Este composto mantém-se relativamente estável durante a torrefação e apesar de seu teor não tem efeito direto na qualidade sensorial, possui importante propriedade farmacológica: seu efeito estimulante (BICCHI et al., 1995; ILLY; VIANI, 2005; MACRAE, 1985).

O teor de cafeína contido nos grãos de café é dependente do processo utilizado no seu preparo (CAMARGO; TOLEDO, 1998). A parte perdida durante a torrefação é pequena, sendo que sua porcentagem sobre a matéria seca pode aumentar em até 10% pela perda de água e degradação de outros compostos. Em contrapartida, o café solúvel apresenta menor teor de cafeína (EL HALAL, 2008).

A trigonelina, também um composto bioativo, contribui de forma indireta com a formação dos aromas do café (KY et al., 2001; MACRAE, 1985). Ela é degradada no processo de torrefação, resultando na formação de diversos compostos voláteis (derivados de piridina e pirrol) e não voláteis (ácido nicotínico e niacina) (AGUIAR et al., 2005; MAZZAFERA; CARVALHO, 1991; NOGUEIRA; TRUGO, 2003; VITORINO et al., 2001a). A quantidade de trigonelina é variável dependendo da espécie, embora seja encontrados maiores teores em *Coffea arabica* (MARIA; MOREIRA; TRUGO, 1999).

Dentre os ácidos presentes no grão de café, os orgânicos são responsáveis pelo brilho, vigor e acidez da bebida (LINGLE, 2011). Os ácidos carboxílicos possuem características organoléticas importantes, como paladar azedo e odores intensos que agregam fragrâncias ao café (RIBEIRO et al., 2017). Já os ácidos clorogênicos são degradados na torrefação, gerando ácidos fenólicos livres que participam da formação do aroma do café torrado (MOREIRA; TRUGO; MARIA, 2000).

2.2.1.7. Sólidos solúveis

Os sólidos solúveis totais (SST) são representados pelo somatório de açúcares, carboidratos, ácidos orgânicos e compostos nitrogenados que se encontram solubilizados em

água (MERCIER, 2022). Estes compostos integram um índice que avalia a concentração de sólidos presentes nas amostras de café (LIMA, 2017). Cafés de melhor qualidade apresentam maiores valores de SST, o que é desejável para rendimento industrial para café solúvel e para a manutenção do corpo da bebida (PINTO et al., 2001; SIVETZ, 1963). Entretanto, após a torrefação, esse nível diminui, pois o aumento da temperatura provoca decomposição dos açúcares e descarboxilação de ácidos carboxílicos (ARRUDA et al., 2012; CELESTINO; MALAQUIAS; XAVIER, 2015). Desta forma, os cultivares que apresentem menores reduções entre os cafés crus e torrados, sobressaem-se como cafés que produzirão uma bebida de qualidade superior (CELESTINO; MALAQUIAS; XAVIER, 2015).

O grau de torrefação também interfere no teor de sólidos solúveis: com o rompimento das células dos grãos há aumento da velocidade da extração e rendimento dos componentes. Torrações mais severas promovem solubilização de celulose e de outros carboidratos, e desnaturação de proteínas; em temperaturas menores, ocorre desnaturação de proteínas do grão cru (PINTO, 2002). Durante toda esta fase há hidrólise das ligações peptídicas com liberação de carbonilas e aminas (PINTO, 2002). Todos estes processos contribuem para aumento do teor de sólidos solúveis totais.

2.2.1.8.Lixiviação de potássio e condutividade elétrica

Testes de lixiviação de potássio e condutividade elétrica são utilizados como indicadores de integridade de membrana e estão correlacionados positivamente com a qualidade do café (AMORIM, 1978; LIMA, 2017; PRETE, 1992). Ambos os parâmetros quantificam o número de íons liberados dos grãos de café através da integridade das membranas quando embebidos em um solvente (POWELL, 1986). Desta forma, quanto maior a injúria sofrida pelo grão, maior quantidade de íons potássio é translocada para o meio líquido, o que influencia na condutividade elétrica (CARVALHO JÚNIOR, 2002).

Visto que grãos com membranas alteradas lixiviam maior quantidade de solutos (LIMA, 2017), diversos trabalhos demonstram a utilização de tais técnicas para auxiliar na avaliação da qualidade do café, onde a concentração dos íons é menor quando observados em bebidas de maior qualidade (BORÉM et al., 2006). Goulart et al. (2007) demonstraram que grãos de pior qualidade apresentam maior condutividade e menor estruturação e organização celular; Malta, Pereira e Chagas (2005) demonstraram que grãos normais apresentam menores valores de condutividade elétrica, enquanto grãos ardidos e pretos possuem maiores valores; Goulart et al. (2003) comparando diferentes amostras de café concluíram que os valores de lixiviação de

potássio e condutividade elétrica aumentaram com a queda da qualidade do café, permitindo com tais resultados a separação de café de melhor qualidade (estritamente mole, mole e apenas mole) daqueles de pior qualidade (duro e riado), sendo o último na escala de amostras a bebida rio.

Desta forma, tais parâmetros sofrem influência marcante dos defeitos grãos pretos, verdes, ardidos e brocados, que apresentam degradação das membranas celulares. Cafés de melhor qualidade, colhidos no estágio de maturação cereja apresentam menos grãos defeituosos e menores taxas de lixiviação de potássio por apresentarem paredes celulares menos deterioradas e, conseqüentemente, menor saída dos íons do interior das células (PIMENTA; CHAGAS; COSTA, 1997).

2.2.1.9. Acidez e pH

A acidez encontrada no café é fator importante para a análise sensorial, sendo a intensidade influenciada por fatores como local de origem, estágio de maturação, condições climáticas, colheita, secagem e tipo de processamento (SIQUEIRA; ABREU, 2006). O potencial hidrogeniônico (pH) é indicativo de eventuais transformações dos frutos de café, como fermentações indesejadas, que podem ocorrer nas etapas de pré e pós colheita, originando defeitos e conseqüentemente, redução do pH e deterioração da qualidade do café (FRANCA; MENDONÇA; OLIVEIRA, 2005; MARTINEZ et al., 2013).

O pH ideal para o café está na faixa de 4,95 – 5,20, faixa onde o produto apresenta um sabor menos ácido (AMARAL, 2015). Cafés do tipo natural e despulpado apresentam menor valores de pH do grão em relação ao processamento cereja descascado (LIMA et al., 2008). Carvalho et al. (1994) encontraram crescente aumento da acidez com a diminuição da qualidade do café, sendo que os cafés de bebida inferior apresentaram maior acidez.

A acidez da bebida do café é formada por compostos ácidos gerados nas primeiras etapas de torrefação e que são degradados posteriormente, diminuindo a acidez inicial (GINZ et al., 2000). Sendo assim, o grau de torração é determinante da acidez, a bebida ligeiramente torrada apresenta acidez percebida facilmente, enquanto a torração mais escura é pouco ácida (YATE; TUO, 1995).

2.2.1.10. Compostos fenólicos totais

Os compostos fenólicos representam os metabólitos secundários sintetizado por qualquer parte da planta, em qualquer condição (KRALJIC et al., 2015). Podem ser divididos em flavonoides (polifenóis) e não flavonoides (fenóis simples ou ácidos) (SILVA et al., 2010). Dentre estes, os fenólicos são de extrema importância, pois além de contribuir para a formação do sabor e aroma característicos do café, apresentam propriedades farmacológicas (ABRAHÃO et al., 2010).

O café apresenta alto teor de fenóis, a exemplo dos ácidos clorogênicos (presente em maior quantidade), ácidos caféico, ácido ferúlico e ácido p-cumárico (BELGUIDOUM et al., 2014; VIGNOLI et al., 2014). Estes ácidos contribuem para o sabor da bebida e possuem propriedades antioxidantes, capazes de combater radicais livres (OLIVEIRA NETO et al., 2016). Entretanto, estão presentes no café outros compostos fenólicos em menor quantidade, como taninos, ligninas e antocianinas (FARAH; DONANGELO, 2006). Além disso, a presença de compostos fenólicos voláteis permite a identificação de propriedades sensoriais variadas durante a apreciação do café, variando desde cheiros de especiarias e de fumo até a sensação de amargor e adstringência (DART; NURSTEN, 1985).

A presença destes compostos interfere significativamente no sabor e aroma da bebida, sendo que cafés de melhor qualidade possuem menor quantidade de compostos fenólicos (PINTO, 2002). Vale ressaltar que a quantidade de compostos fenólicos presentes no café está inversamente relacionada ao grau de maturação dos frutos: frutos mais maduros apresentam baixos índices de tais compostos, resultando consequentemente em bebidas menos adstringentes e de melhor qualidade (PINTO, 2002).

2.2.1.11. Polifenoloxidase (PPO)

A polifenoloxidase é uma enzima relacionada ao escurecimento enzimático de frutos e vegetais e também com a qualidade da bebida do café (AMORIM, 1978; CARVALHO et al. 1994). Esta enzima encontra-se ligada às membranas celulares e quando estas sofrem danos, liberam as polifenoloxidasas. Quando ativadas, elas podem reagir com substratos fenólicos localizados dentro e fora das células, oxidando-os a quinonas (AMORIM, 1978), que inibem a atividade das polifenoloxidasas (WHITAKER, 1972).

A redução da atividade da polifenoloxidase é influenciada por fatores como tipo de cultivo, processamento e condições de armazenamento (OLIVEIRA et al., 1976; VALÊNCIA-

ARISTIZABAL, 1972). Assim, a preservação da integridade da membrana é primordial para a manutenção das polifenoloxidasas com alto nível de atividade, assegurando a alta qualidade do café (GOULART et al., 2003).

De forma geral, os cafés de melhor qualidade apresentam uma maior atividade da polifenoloxidase em relação aos cafés de qualidade inferior (CARVALHO et al., 1994; LEITE et al., 1998; MAZZAFERA; GONÇALVES; SHIMIZU, 2002). Entretanto, Mazzafera, Gonçalves e Shimizu (2002) sugerem que o uso da atividade desta enzima seja reavaliado como indicador da qualidade de bebida de café, pois existem diferenças nos métodos de extração e dosagem da enzima. Além disso, Vitorino et al. (2001b) comparando os dados de análise sensorial e os dados obtidos pela atividade da polifenoloxidase em diferentes amostras de cafés, não encontraram equivalência entre os métodos químicos e de prova de xícara dentro das diferentes classes, concluindo que tal enzima não seria um bom indicador para a classificação de qualidade do café.

2.3. Microbiota presente no café

A microbiota presente no café engloba diversas classes de microrganismos, incluindo bactérias, leveduras e fungos filamentosos. A população de cada grupo microbiano é influenciada por fatores ambientais, como umidade, temperatura e população microbiana do solo na região de cultivo, assim como por fatores genéticos (espécie e variedade) e pelo tipo de processamento do café (DE BRUYN et al., 2017; MARTINS et al., 2019; RIBEIRO et al. 2018; SAKIYAMA et al., 2001; SCHWAN; WHEALS, 2003; SILVA et al., 2000; 2003; 2008).

Pela presença de açúcares e pectinas, a mucilagem constituinte dos frutos de café são ótimos substratos para diversos microrganismos (SILVA et al., 2000; 2004). Através dessa degradação pela ação de enzimas pectinolíticas, há produção de compostos que são difundidos para o interior dos grãos de café. Estes compostos incluem álcoois e ácidos (acético, láctico, carboxílico, propiônico e butírico) que reagem com outras substâncias e podem modificar o sabor e aroma do café, influenciando sua qualidade (SCHWAN; WHEALS, 2003; SILVA et al., 2000).

Na degradação de mucilagem, as bactérias são encontradas com maior frequência, enquanto leveduras apresentam elevada ocorrência durante a etapa de fermentação (SILVA et al., 2000).

As leveduras são as mais estudadas e utilizadas na fermentação do café por diversos motivos. Através do processo de degradação da mucilagem realizado por elas, são produzidos compostos que conferem propriedades favoráveis ao café, como sabor de caramelo, chocolate, materiais herbáceos, frutas amarelas e amêndoas (BRESSANI et al., 2018; EVANGELISTA et al., 2014a; MARTINEZ et al., 2017). Outras vantagens na utilização de leveduras incluem sua capacidade de produzir pectina liase e compostos orgânicos (SILVA et al., 2013), além de seu poder de inibição ao crescimento de fungos micotoxigênicos (SOUZA et al. 2017). Tais vantagens contribuem para a redução do tempo de processamento e secagem, e ao mesmo tempo, melhoram a qualidade sensorial e o valor econômico do produto (EVANGELISTA et al., 2014a; SILVA et al., 2013).

No Anexo 1 são apresentados alguns gêneros e espécies de bactérias e fungos encontrados durante a fermentação do café arábica, dependendo do tipo de processamento realizado. Segundo Pereira (2018), os gêneros mais comuns de bactérias são *Aeromonas*, *Enterobacter*, *Pseudomonas*, *Serratia*, *Lactobacillus* e *Bacillus*, enquanto que *Pichia*, *Candida* e *Arxula* são os gêneros mais comumente encontrados para fungos.

Todos estes microrganismos são encontrados naturalmente no processo de fermentação do café, entretanto, é preciso ter cuidado durante secagem e armazenamento dos grãos para evitar o crescimento destes ou de outros microrganismos indesejáveis, e para que não sejam produzidas substâncias que influenciem negativamente a qualidade final da bebida (MASOUD et al., 2004; SILVA et al., 2008; VILELA et al., 2010).

2.4. Processamento e fermentação do café

A qualidade do café está diretamente ligada à forma de processamento (SIQUEIRA; ABREU, 2006). Apesar de ser iniciado após a colheita dos frutos, que deve ser realizada quando a maior parte dos frutos estiver madura, os fatores que interferem para obtenção de um café de qualidade devem ser levados em conta desde o plantio (BORÉM, 2008).

Os frutos de café não devem permanecer amontoados ou em carretas aguardando o descarte, pois as condições de umidade e temperatura na massa do café são altamente favoráveis ao desenvolvimento de microrganismos que aceleram o processo de fermentação (ANGÉLICO, 2011; PIMENTA et al., 2008). A fermentação consiste na remoção da mucilagem dos grãos de café, independente da forma de processamento utilizada (LEE et al., 2015). Entretanto, de

qualquer modo ocorrem alterações físico-químicas, como redução do teor de água e açúcares (VAAST et al., 2006).

As enzimas presentes nos frutos não são suficientes para realizar esta degradação, sendo necessária a ação de enzimas (poligalacturonases e pectinas liases) produzidas por microrganismos encontrados naturalmente no ambiente, responsáveis por hidrolisar a pectina da mucilagem (SILVA et al., 2013). Além da produção de enzimas pectinolíticas, há produção de álcoois e ácidos, como os carboxílicos, acético, láctico, propiônico e butírico por estes microrganismos (SILVA et al., 2000).

Logo após a colheita, inicia-se a fermentação e sua duração dependerá da forma como é realizada. Este processo pode ocorrer com presença ou ausência de oxigênio (fermentação aeróbica e anaeróbica, respectivamente), e presença ou ausência de água, fazendo-se a combinação destas duas formas (CHALFOUN; FERNANDES, 2013; FILETE et al., 2020).

O monitoramento das condições da fermentação, como tempo, pH e temperatura, é importante para acompanhar quais os metabólitos produzidos pelos microrganismos e quais as características deste processo podem interferir na qualidade da bebida final (MUINHOS, 2019; PIMENTEL, 2020; RODRIGUES; DA CUNHA; ALMEIDA, 2020).

Além do controle das condições, o estudo da diversidade de microrganismos presentes na fermentação do café é relevante para selecionar culturas iniciadoras que atuem na qualidade sensorial do produto final. A escolha de culturas iniciadoras específicas é baseada na capacidade de crescimento microbiano, tempo de permanência nas condições disponíveis e no ambiente, habilidade de produção de pectinases, demais enzimas e compostos que aumentem a qualidade do café bebida, assim como a redução da formação de substâncias tóxicas e indesejadas (SILVA et al., 2013; SILVA, 2014). Os principais microrganismos já identificados como culturas iniciadoras incluem espécies de leveduras como *Saccharomyces* spp., *Pichia* spp. e *Candida* spp.

Entretanto, é válido lembrar que o processamento realizado de forma inadequada pode ocasionar fermentações indesejáveis, estimulando a formação de ácidos como o propiônico e o butírico, responsáveis pelo comprometimento da qualidade dos grãos (CHALFOUN; CARVALHO, 2000; SCHWAN; SILVA; BATISTA, 2012). Em contrapartida, se realizado de forma controlada, o processamento como um todo pode auxiliar na produção de compostos que agregam aroma e sabor à bebida (BRANDO; BRANDO, 2014; PIMENTA, 2003).

Neste sentido, o processamento do café pode ocorrer por três métodos diferentes: via seca (também conhecido como café natural), via úmida (descascado e desmucilado) ou por via

semiseca (despolpado) (BRANDO; BRANDO, 2014; EVANGELISTA et al., 2014b; LEE et al., 2015; PEREIRA, 2017).

No processamento por via seca, os frutos de café são secos inteiramente, com todos seus componentes, originando cafés denominados como naturais, coco ou de terreiro (ESQUIVEL; JIMÉNEZ, 2012; SILVA, 2014). Os cafés colhidos em diferentes estádios de maturação podem ou não ser lavados, sendo preferencialmente separados e espalhados em camadas finas (5 a 8 centímetros) em terreiros suspensos ou de cimento. Geralmente, este tipo de processamento gera bebidas mais encorpadas, doces, suaves e complexas (SCHWAN; WHEALS, 2003; UMAN et al., 2016).

No processamento por via úmida há a retirada total da casca e da polpa, e retirada parcial da mucilagem (HAMEED et al., 2018; PIMENTA, 2003). As sementes então devem passar pelo processo de fermentação para retirada do restante da mucilagem que permanece aderida ao pergaminho, processo realizado em tanques com grandes quantidades de água e que ocorre em até 48 horas (PIMENTA, 2003; SILVA, 2014).

O método semiseco é um processamento intermediário entre o seco e o úmido, resultando em cafés denominados como naturais despolpados. Ocorre a retirada da casca e da polpa dos frutos do café, e a mucilagem pode ou não ser retirada para que ocorra a fermentação, assim como no processamento úmido (VILELA et al., 2010). A diferença está na etapa de fermentação, que ocorre em terreiros ou em secadores rotativos, ocasionando um menor tempo de secagem em relação ao método seco devido os grãos já estarem despolpados (MACHADO, 2019; SCHWAN; SILVA; BATISTA, 2012).

A secagem visa reduzir a umidade para valores entre 10 e 12%, permitindo que os grãos processados possam ser armazenados por longo tempo sem que ocorra alteração da qualidade do produto (BORÉM, 2008; RIBEIRO et al., 2017).

Posteriormente à secagem, os grãos de café são destinados ao beneficiamento, que transformam o "café em coco", ou "em pergaminho" já seco, em "café em grão". Nesta etapa são realizados o recebimento, limpeza, descascamento e seleção dos grãos por diferença de peso (BORÉM, 2008).

O processamento é finalizado com o armazenamento dos grãos de café, que busca manter a qualidade do produto até sua distribuição e comercialização. O café é mantido em sacos de juta e armazenado em contêineres herméticos, em condições controladas, visto que fatores como temperatura, umidade relativa do ambiente, concentração de CO₂ e O₂ possuem potencial de interferência na qualidade da bebida (HAMEED et al., 2018; SILVA, 2021).

2.5. Desinfecção de frutos

A qualidade do café é fortemente influenciada pela presença de microrganismos presentes nos frutos, que podem afetar sabor, qualidade e rendimento do produto (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA, 2004). Além disso, podem ser encontrados microrganismos que causem doenças ou produzam toxinas potentes (como a ocratoxina A, produzida por *Aspergillus* spp. e *Penicillium* spp.), afetando também a segurança alimentar (NASCIMENTO et al., 2008). Desta forma, são necessários procedimentos que eliminem ou ao menos atenuem estes possíveis danos.

A desinfecção de frutos e vegetais é de extrema importância para manter a qualidade microbiológica dos alimentos, seja em produtos *in natura* ou minimamente processados (COELHO et al., 2015). Entretanto, além de ser um sanitizante eficaz, o produto deve ser seguro ao consumidor (FREITAS SILVA; SOUZA; OLIVEIRA, 2013), promovendo o mínimo de danos ao usuário e ao meio ambiente.

2.5.1. Hipoclorito de sódio e dióxido de cloro

O cloro é um dos principais sanitizantes utilizados no ramo industrial pela facilidade de aplicar e monitorar, assim como pelo seu amplo espectro microbocida e baixo custo (FREITAS SILVA; SOUZA; OLIVEIRA, 2013).

O hipoclorito de sódio é amplamente utilizado nos vegetais minimamente processados para manter sua qualidade microbiológica (SREBERNICH, 2007), sendo o único permitido pela legislação brasileira (BRASIL, 2001). Entretanto, sua utilização tem sido cada vez menos atrativa, devido à redução do potencial microbocida e pela toxicidade potencial de subprodutos do cloro (SILVA et al., 2011). Os compostos clorados podem conduzir à formação de compostos organoclorados, trihalometanos (THMs) e ácidos haloacéticos, considerados mutagênicos, tóxicos e carcinogênicos quando encontrados em água, alimentos ou em superfícies de contato (LAZAROVA; SAVOYE; JANEX, 1999; PRESTES, 2007).

Em contrapartida, mesmo sendo um composto clorado, o dióxido de cloro (ClO_2) gera quantidades insignificantes de subprodutos, não sendo observada formação de cloraminas e sendo os fenóis oxidados a formas mais simples, caracterizando-o como um produto de baixo potencial carcinogênico (ANDRADE; MACEDO, 1996).

O ClO_2 é um agente oxidante forte que ataca a membrana celular dos patógenos, oxidando os componentes internos da célula sem provocar ação tóxica com subprodutos, como

a maioria dos compostos de cloro (SREBERNICH, 2007). Além disso, é microbiocida eficiente tanto para microrganismos gram positivos quanto gram negativos, e devido à hidrólise de compostos fenólicos que realiza, reduz a possibilidade da formação de odores e sabores indesejáveis (SREBERNICH, 2007).

Outra característica importante do dióxido de cloro é sua natureza anfipática, sendo solúvel em lipídeos e substância de composição mista. Isso permite que penetre nas membranas de microrganismos, promovendo ação sanitizante e esporicida melhor que outros agentes de natureza polar (SREBERNICH, 2007).

Apesar de permanecer constante em uma ampla faixa de pH e ser mais estável que o hipoclorito de sódio, o dióxido de cloro por ser explosivo, o que gera a necessidade de ser produzido no local de uso (SREBERNICH, 2007).

2.5.2. Ozônio

Frente às desvantagens com a utilização de produtos clorados como sanitizantes, o ozônio apareceu como uma alternativa ecologicamente correta e viável do ponto de vista econômico para desinfecção e manutenção da qualidade de produtos vegetais (ROZADO et al., 2008). Suas vantagens incluem elevado poder de inativação de microrganismos, amplo espectro de ação, possibilidade de geração no local de utilização e ausência de subprodutos tóxicos ao consumidor ou ao meio ambiente (FREITAS SILVA; SOUZA; OLIVEIRA, 2013; LAPOLLI et al., 2003; SOUZA, 2006). Estudos recentes demonstraram ainda que o ozônio é potencialmente uma solução para a remoção de resíduos de pesticidas dos alimentos, atuando na proteção dos produtos e dos consumidores em relação aos efeitos nocivos destes produtos fitossanitários (PANDISELVAN et al., 2020).

O ozônio é um dos principais agentes oxidantes, sendo superado apenas pelo flúor (RUSSEL; HUGO; AVLIFFE, 1999; SILVA et al., 2011). Esta propriedade permite que a desinfecção por ozônio seja mais rápida e ocorra em menor concentração (SILVA et al., 2011). A ozonização atua na parede celular do patógeno, oxidando glicoproteínas, proteínas e glicolipídeos, tornando-a mais fluida, assim como a membrana celular, provocando sua rápida ruptura (HUNT; MARIÑAS, 1999; SILVEIRA, 2004).

A redução ou a inativação da população microbiana devido a ozonização depende da concentração de ozônio, do tempo de aplicação e do microrganismo envolvido. Entretanto, a ozonização deve ser manejada de forma cautelosa, pois pode promover perdas de nutrientes ou alterar a qualidade sensorial dos alimentos devido à oxidação dos compostos, resultando na

produção de odor desagradável e alteração na coloração do alimento (KIM; YOUSEF; DAVE, 1999; SILVA et al., 2011).

2.5.3. Ácidos orgânicos

Os ácidos orgânicos têm poder sanitizante através da redução do pH do ambiente, sendo variável a faixa em que cada ácido possui ação antimicrobiana (BELL; CUTTER; SUMNER, 1997). De modo geral, o tempo de exposição necessário para a redução significativa da carga microbiana de uma superfície é considerado longo (entre 5 e 15 minutos para ácidos láctico, cítrico e acético) quando comparado a outros sanitizantes (ÖLMEZ; KRETZSCHAMAR, 2009; YOON; LEE, 2018).

Entretanto, a utilização de ácidos orgânicos como sanitizantes deve ser realizada com cautela, pois devido ao sabor característico que possuem, podem ter um efeito negativo na qualidade sensorial do produto final. Além disso, deve ser levado em consideração que a utilização de ácidos orgânicos pode gerar impactos na qualidade das águas residuais (ÖLMEZ; KRETZSCHAMAR, 2009; YOON; LEE, 2018).

2.5.4. Ácido peracético

O ácido peracético, também conhecido como peróxido de ácido acético ou ácido peroxiacético, é obtido da reação de ácido acético ou anidrido acético com peróxido de hidrogênio (SREBERNICH, 2007). Trata-se de um sanitizante semelhante ou superior ao hipoclorito de sódio, mas mais potente que o peróxido de hidrogênio (NASCIMENTO, 2002).

É um sanitizante eficaz em matar microrganismos patogênicos em suspensão em concentrações mais baixas do que seriam necessárias com compostos clorados. Atua na oxidação de componentes celulares de diversas espécies de microrganismos e ainda pode agir como esporicida e biocida dependendo da concentração, temperatura e tipo de microrganismos (BLOCK, 1991).

2.5.5. Peróxido de hidrogênio

O peróxido de hidrogênio possui atividade sanitizante devido seu forte poder oxidante e sua capacidade de gerar espécies citotóxicas (JUVEN; PIERSON, 1996). Uma das principais

vantagens de sua utilização é a ausência de resíduos, visto que é decomposto em água e oxigênio pela enzima catalase encontrada naturalmente nas plantas.

Entretanto, a principal desvantagem é a sua fitotoxicidade contra alguns produtos vegetais, como alface e frutas. Estudos revelaram que o tratamento com peróxido de hidrogênio induz o escurecimento extensivo em alguns produtos (alface, cogumelos), a menos que seja aplicado em combinação com um agente antiescurecimento (SAPERS et al., 2001; McWATTERS et al., 2002).

Assim, a utilização de peróxido de hidrogênio como agente de desinfecção de frutos deve ser realizada com parcimônia, pois em baixas concentrações pode não ser eficiente na redução de microrganismos em produtos frescos (PARK; BEUCHAT, 1999; TAORMINA; BEUCHAT, 1999), e em altas concentrações pode interferir na qualidade geral do produto (PARISH et al., 2003).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema agroindustrial da cafeicultura é um dos mais importantes em geração de renda para a economia do Brasil e de Minas Gerais. Aliado a isso, a demanda crescente por cafés especiais tem estimulado estudos para compreender e padronizar processos e atributos que melhorem a qualidade dos cafés.

A fermentação do café por microrganismos pode ocasionar na formação de compostos desejáveis e indesejáveis que interferem no sabor e aroma da bebida. Adicionalmente, a própria presença de organismos considerados patogênicos pode afetar a qualidade do café. Desta forma, processos de desinfecção dos frutos podem contribuir para garantir mais consistência e inocuidade ao processamento dos grãos de café.

O uso de sanitizantes em frutas e hortaliças pós colheita visa minimizar a contaminação e reduzir perdas por decomposição consequente do ataque de microrganismos, contribuindo para manutenção da qualidade e segurança alimentar, o que agrega valor e busca garantir melhor qualidade do produto.

Para avaliação da qualidade do café, a Organização Internacional do Café (OIC) utiliza da análise sensorial, metodologia que demanda utilização de provadores especializados, sendo considerada muitas vezes subjetiva. Desta forma, a análise da composição física e química dos grãos de café surge então como ferramenta adicional para medidas de qualidade da bebida, mas que não podem ser avaliadas isoladamente, havendo a necessidade de correlacioná-las.

REFERÊNCIAS

- ABRAHÃO, S. A. **Qualidade da bebida e atividade antioxidante em *in vivo* e *in vitro***. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.
- ABRAHÃO, S. A. et al. Compostos bioativos e atividade antioxidante do café (*Coffea arabica* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 34, p. 414-420, 2010.
- AGATE, A. D.; BHAT, J. V. Role of pectinolytic yeasts in the degradation of mucilage layer of *Coffea robusta* cherries. **Applied Microbiology**, v. 14, n. 2, p. 256-260, 1966.
- AGUIAR, A. T. D. E. et al. Diversidade química de cafeeiros na espécie *Coffea canephora*. **Bragantia**, v. 64, p. 577-582, 2005.
- AMARAL, K. D. **Caracterização de nutrientes em cafés *C. arabica* L. e *C. canephora* P. utilizando a cromatografia de íons**. Tese (Doutorado em Química) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2015.
- AMORIM, H. V. **Aspectos bioquímicos e histoquímicos do grão de café verde relacionados com a deterioração de qualidade**. Tese (Livre Docência) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1978.
- AMORIM, H. V.; TEIXEIRA, A. A. **Transformações bioquímicas, químicas e físicas dos grãos de café verde e a qualidade da bebida**. In: 83º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 1975, Curitiba. Rio de Janeiro: MIC/IBC, 1975. p. 21.
- ANDRADE, J. N.; MACEDO, J. A. B. **Higienização na indústria de alimentos**. São Paulo: Varela, 1996. 182 p.
- ANDRADE, F. T. **Qualidade do café natural especial acondicionado em embalagens impermeáveis e armazenado no Brasil e no exterior**. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.
- ANGÉLICO, C. L. et al. Diferentes estádios de maturação e tempos de ensacamento sobre a qualidade do café. **Coffee Science**, v. 6, n. 1, p. 8-19, 2011.
- ARRUDA, N. P. et al. Correlação entre precursores e voláteis em café arábica brasileiro processado pelas vias seca, semiúmida e úmida e discriminação através da análise por componentes principais. **Química Nova**, v. 35, p. 2044-2051, 2012.
- AVELINO, J. et al. Effects of slope exposure, altitude and yield on coffee quality in two altitude terroirs of Costa Rica, Orosi and Santa María de Dota. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 85, n. 11, p. 1869-1876, 2005.
- BARRETO, C. V. G. et al. Distribuição espacial do sistema radicular do cafeeiro fertirrigado por gotejamento em Campinas. **Bragantia**, v. 65, n. 4, p. 641-647, 2006.
- BEKALO, S. A.; REINHARDT, H. W. Fibers of coffee husk and hulls for the production of particleboard. **Materials and Structures**, v. 43, p. 1049-1060, 2010.

BELGUIDOUM, K. et al. HPLC coupled to UV–vis detection for quantitative determination of phenolic compounds and caffeine in different brands of coffee in the Algerian market. **Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers**, v. 45, n. 4, p. 1314-1320, 2014.

BELL, K. Y.; CUTTER, C. N.; SUMNER, S. S. Reduction of foodborne micro-organisms on beef carcass tissue using acetic acid, sodium bicarbonate, and hydrogen peroxide spray washes. **Food Microbiology**, v. 14, n. 5, p. 439-448, 1997.

BICCHI, C. P. et al. Characterization of green and roasted coffees through the chlorogenic acid fraction by HPLC-UV and principal component analysis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 43, n. 6, p. 1549-1555, 1995.

BLOCK, S. S. Peroxygen compounds. In: BLOCK, S. S. **Disinfection, sterilization and preservation**. 4th ed. Philadelphia: Lea Febiger, 1991. p. 167- 181.

BORÉM, F. M. et al. Qualidade do café submetido a Diferentes Temperaturas, Fluxos de ar e períodos de pré-secagem. **Coffee Science**, v. 1, n. 1, p. 55-63, 2006.

BORÉM, F. M. **Pós Colheita do Café** – Lavras, Ed. UFLA, 2008. 631p.

BRANDO, C. H. J.; BRANDO, M. F. P. Methods of coffee fermentation and drying. In: SCHWAN, R. F.; FLEET, G. H. (Eds.). **Cocoa and Coffee Fermentations**. New York: CRC Press, 2014. p. 367-396.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária – Anvisa. Resolução RDC-12/01, de 2 de janeiro de 2001. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 10 jan. 2001. Seção 1, p. 45.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Instrução Normativa nº 8, de 11 de junho de 2003. Regulamento técnico de identidade e de qualidade para a classificação do café beneficiado grão cru. **Diário Oficial da República Federativa do Brasil**, Brasília, DF, 13 jun. 2003. Seção 1, p. 22-29.

BRASIL. Secretaria da Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo. Resolução SAA nº 19, de 5 de abril de 2010. Norma de padrões mínimos de qualidade para café torrado em grão e torrado e moído. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, n. 120, p. 26, 2010.

BRAZIL SPECIALITY COFFEE ASSOCIATION - BSCA. **Tempo bom para os cafés especiais**. 2016. Disponível em: <<http://bsca.com.br/noticia.php?id=250>>. Acesso em: 28 jun. 2022.

BRESSANI, A. P. P. et al. Characteristics of fermented coffee inoculated with yeast starter cultures using different inoculation methods. **LWT – Food Science and Technology**, v. 92, p. 212–219, 2018.

BUFFO, R. A.; CARDELLI-FREIRE, C. Coffee flavour: an overview. **Flavour and Fragrance Journal**, v. 19, n. 2, p. 99-104, 2004.

CAMARGO, M. C. R.; TOLEDO, M. C. F. Teor de cafeína em café brasileiro. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 18, n. 4, p. 421-424, 1998.

CAMPANHA, F. G.; DIAS, R. C. E.; BENASSI, M. T. Discrimination of coffee species using kahweol and cafestol: effects of roasting and of defects. **Coffee Science**, v. 5, p. 87-96, 2010.

CARVALHO, V. D. et al. Relações entre a composição físico-química e química do grão beneficiado e da qualidade de bebida do café. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 3, p. 449-454, 1994.

CARVALHO, V. D.; CHAGAS, S. J. R.; CHALFOUN, S. M. Fatores que afetam a qualidade do café. **Informe Agropecuário**, v. 18, n. 187, p. 5-20, 1997.

CARVALHO JÚNIOR, C. **Efeito de sistemas de colheita na qualidade do café (*Coffea arabica* L.)**. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

CECCHI, H. M. **Fundamentos teóricos e práticos em análise de alimentos**. 2. ed. Campinas: UNICAMP, 2003. 207 p.

CELESTINO, S. M. A.; MALAQUIAS, J. V.; XAVIER, M. F. F. Agrupamento de acessos de café irrigado com melhores atributos para a bebida. **Coffee Science**, v. 10, n. 1, p. 131-137, 2015.

CHALFOUN, S. M.; CARVALHO, V. D. Efeito de microrganismos na qualidade da bebida do café. **Informe Agropecuário**, v. 18, n. 1, p. 21-26, 2000.

CHALFOUN, S. M.; FERNANDES, A. P. Efeitos da fermentação na qualidade da bebida do café. **Visão Agrícola**, n. 12, 105-108, 2013.

CHIN S. T.; EYRES G. T.; MARRIOTT P. J. Application of integrated comprehensive/multidimensional gas chromatography with mass spectrometry and olfactometry for aroma analysis in wine and coffee. **Food Chemistry**, v. 185, p. 355-361, 2015.

COELHO, C. C. D. S. et al. Ozonização como tecnologia pós-colheita na conservação de frutas e hortaliças: Uma revisão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, p. 369-375, 2015.

DART, S. K.; NURSTEN, H. E. Volatile components. In: MACRAE, R.; CLARKE, R. J. (Ed.). **Coffee chemistry**. London: Elsevier Applied Science, v. 1, 1985. p. 223-265.

DE BRUYN, F. et al. Exploring the Impacts of Postharvest Processing on the Microbiota and Metabolite Profiles during Green Coffee Bean Production. **Applied and Environmental Microbiology**, v. 83, n. 1, p. e02398-16, 2017.

ELHALIS, H. et al. The crucial role of yeasts in the wet fermentation of coffee beans and quality. **International Journal of Food Microbiology**, v. 333, p. 108796, 2020.

EL HALAL, S. L. M. **Composição, processamento e qualidade do café**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química de Alimentos) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2008.

ELÍAS, L. G. Composición química de la pulpa de café y otros subproductos. In: BRAHAM, J. E.; BRESSANI, R. (Eds.). **Pulpa de café: composición, tecnología y utilización**. Panamá: INCAP, 1978. p. 19-29.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. **Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do café: relatório de gestão**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Desenvolvimento, 2004. Disponível em: <http://www22.sede.embrapa.br/cafe/outros/arq_Relat_Gestao/Tecnologias_PARTE1.pdf>. Acesso em: 04 abr. 2022.

ESQUIVEL, P.; JIMÉNEZ, V. M. Functional properties of coffee and coffee by products. **Food Research International**, v. 46, p. 488-496, 2012.

EVANGELISTA, S. R. et al. Inoculation of starter cultures in a semi-dry coffee (*Coffea arabica*) fermentation process. **Food Microbiology**, v. 44, p. 87–95, 2014a.

EVANGELISTA, S. R. et al. Improvement of coffee beverage quality by using selected yeasts strains during the fermentation in dry process. **Food Research International**, v. 61, p. 183-195, 2014b.

EVANGELISTA, S. R. et al. Microbiological diversity associated with the spontaneous wet method of coffee fermentation. **International Journal of Food Microbiology**, v. 210, p. 102-112, 2015.

FARAH, A; DONANGELO, C. M. Phenolic compounds in coffee. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 18, p. 23-36, 2006.

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

FASSIO, L. O. et al. Sensory profile of arabica coffee accesses of the germplasm collection of Minas Gerais – Brazil. **Coffee Science**, v. 14, n. 3, p. 382–393, 2019.

FERIA-MORALES, A. M. Examining the case of green coffee to illustrate the limitations of grading systems/experts tasters in sensory evaluation for quality control. **Food Quality and Preference**, v. 13, n. 6, p. 355-367, 2002.

FERREIRA, G. F. P. **Avaliação da qualidade física, química, sensorial e da composição fúngica de grãos de cafés beneficiados**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2010.

FILETE, C. A. et al. Fermentação anaeróbica no café arábica e seu impacto no perfil sensorial. **Revista Eletrônica Sala de Aula em Foco**, v. 6, n. 3, p. 112-123, 2020.

FLAMENT, I. **Coffee flavor chemistry**. Chichester: J. Wiley, 2002. 424 p.

FRANCA, A. S.; MENDONÇA, J. C. F.; OLIVEIRA, S. D. Composition of green and roasted coffees of different cup qualities. **LWT- Food Science and Technology**, v. 38, n. 7, p. 709-15, 2005.

FREITAS-SILVA, O.; SOUZA, A. M.; OLIVEIRA, E. M. M. Potencial da ozonização no controle de fitopatógenos em pós-colheita. In: LUZ, W. C. (Org.). **Revisão anual de patologia de plantas**. 1.ed. Passo Fundo: Gráfica e Editora Padre Berthier dos Missionários da Sagrada Família, 2013. p. 96-130.

GINZ, M. et al. Formation of aliphatic acids by carbohydrate degradation during roasting of coffee. **European Food Research and Technology**, v. 211, n. 6, p. 404-410, 2000.

GIOMO, G. S.; BORÉM, F. M. Cafés especiais no Brasil: opção pela qualidade. **Informe Agropecuário**, v. 32, n. 261, p. 7-16, 2011.

GOULART, P. F. P. et al. Análise comparativa entre lixiviação de potássio, condutividade elétrica, teor de ácido clorogênico e métodos de quantificação da atividade da polifenoloxidase em extratos semipurificados de amostras de café de diferentes padrões de qualidade. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v. 7, p. 78-85, 2003.

GOULART, P. F. P. et al. Aspectos histoquímicos e morfológicos de grãos de café de diferentes qualidades. **Ciência Rural**, v. 37, n. 3, p. 662-666, 2007.

GUIMARÃES, A. F.; SOUZA, J. P.; SCHIAVI, S. M. A. Atributos de qualidade e mecanismos de mensuração no subsistema de cafés especiais no Brasil: uma revisão de literatura. **Gepros: Gestão da Produção, Operações e Sistemas**, v. 15, n. 2, p. 227-252, 2020.

HAMDOUCHE, Y. et al. Discrimination of post-harvest coffee processing methods by microbial ecology analyses. **Food Control**, v. 65, p. 112-120, 2016.

HAMEED, A. et al. Farm to consumer: factors affecting the organoleptic characteristics of coffee. II: postharvest processing factors. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v.17, p. 1184-1237, 2018.

HOFFMANN, C. E. **Resfriamento no processo de torra nas características de qualidade tecnológica e sensorial do café**. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2001.

HUNT, N. K.; MARIÑAS, B. J. Inactivation of *Escherichia coli* with ozone: chemical and inactivation kinetics. **Water Research, Kidlington**, v. 33, n. 11, p. 2633-2641, 1999.

ILLY, A.; VIANI, R. **Espresso coffee: the science of quality**. London: Academic, 2005. 398 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DO CAFÉ - IBC. **Cultura do café no Brasil: manual de recomendações**. 2. ed. Rio de Janeiro: IBC - GERCA, 1977. 321 p.

JUVEN, B. J.; PIERSON, M. D. Antibacterial effects of hydrogen peroxide and methods for its detection and quantitation. **Journal of Food Protection**, v. 59, p. 1233-1241, 1996.

KIM, J. G.; YOUSEF, A. E.; DAVE, S. Application of ozone for enhancing the microbiological safety and quality of foods: A review. **Journal of Food Protection**, v. 62, p. 1071-1087, 1999.

KIST, B. B. et al. **Anuário brasileiro do café**. Ed. Gazeta, 2019.

KITZBERGER, C. S. G. et al. Composição química de cafés arábica de cultivares tradicionais e modernas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, p. 1498-1506, 2013.

KLEINWÄCHTER, M.; SELMAR, D. Influence of drying on the content of sugars in wet processed green Arabica coffees. **Food Chemistry**, v. 119, n. 2, p. 500-504, 2010.

KRALJIĆ, K. et al. Changes in 4-vinylsyringol and other phenolics during rapeseed oil refining. **Food Chemistry**, v. 187, p. 236-242, 2015.

KY, C. L. et al. Caffeine, trigonelline, chlorogenic acids and sucrose diversity in wild *Coffea arabica* L. and *C. canephora* P. accessions. **Food chemistry**, v. 75, n. 2, p. 223-230, 2001.

LAPOLLI, F. R. et al. Desinfecção de efluentes sanitários por meio da ozonização. In GONÇALVES, R. F. (Coord.). **Desinfecção de efluentes sanitários, remoção de organismos patogênicos e substâncias nocivas: aplicação para fins produtivos como agricultura, aquicultura e hidropônica**. Vitória: PROSAB, 2003. p. 169-208.

LAZAROVA, V.; SAVOYE, P.; JANEX, M. Advanced wastewater disinfection technologies: state of the art and perspectives. **Water Science Technology**, v. 40, n. 4-5, p. 201-213, 1999.

LEE, L. W. et al. Coffee fermentation and flavor – An intricate and delicate relationship. **Food Chemistry**, v. 185, p. 182-191, 2015.

LEITE, R. A. et al. Qualidade tecnológica do café (*Coffea arabica* L.) pré-processado por “via seca” e “via úmida” avaliada por método químico. **Revista Brasileira de Agricultura Ambiental**, v. 2, n. 2, p. 308-311, 1998.

LEITE, L. L. **Aceitação e preferência por cafés submetidos a diferentes métodos de extração de cafeína**. Dissertação (Mestrado em Nutrição em Saúde Pública) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

LEROY, T. et al. Genetics of coffee quality. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 18, p. 229-242, 2006.

LIMA, M.V. et al. Preparo do café despulpado, cereja descascado e natural na região sudoeste da Bahia. **Revista Ceres**, v. 55, n. 2, p. 124-130, 2008.

LIMA, P. M. **Desenvolvimento de softwares para classificação do café cru e torrado através de indicadores químicos e físico químicos de qualidade**. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.

LINGLE, T. R. **The coffee cupper's handbook: systematic guide to the sensory evaluation of coffee's flavor**. 4. ed. Long Beach: Specialty Coffee Association of America, 2011. 66 p.

- MACHADO, M. A. **Estudo das condições de fermentação do café**. Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2019.
- MACRAE, R. Nitrogenous compounds. In: CLARKE, R. J.; MACRAE, R. (Ed.). **Coffee**. London: Elsevier Applied Science, cap. 4, 1985. p. 115-152.
- MALTA, M. R.; PEREIRA, R. G. F. A.; CHAGAS, S. J. R. Condutividade elétrica e lixiviação de potássio do exsudato de grãos de café: alguns fatores que podem influenciar essas avaliações. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 29, n. 5, p. 1015-1020, 2005.
- MARIA, C. A. B.; MOREIRA, R. F. A.; TRUGO, L. C. Componentes voláteis do café torrado: parte I: compostos heterocíclicos. **Química Nova**, v. 22, n. 2, p. 209-217, 1999.
- MARTINEZ, H. E. P. et al. Zinc supplementation, production and quality of coffee beans. **Revista Ceres**, v. 60, n. 2, p. 293-299, 2013.
- MARTINEZ, S. J. et al. Different inoculation methods for semi-dry processed coffee using yeasts as starter cultures. **Food Research International**, v. 102, p. 333-340, 2017.
- MARTINS, A. L. **História do Café**. 2. ed. São Paulo: Contexto, 2012. 320 p.
- MARTINS, P. M. M. et al. Production of coffee (*Coffea arabica*) inoculated with yeasts: impact on quality. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 99, n. 13, p. 5638-5645, 2019.
- MASOUD, W. et al. Yeast involved in fermentation of *Coffea arabica* in East Africa determined by genotyping and by direct denaturing gradient gel electrophoresis. **Yeast** v. 21, p. 549-556, 2004.
- MAZZAFERA, P.; CARVALHO, A. Breeding for low seed caffeine content of coffee (*Coffea L.*) by interspecific hybridization. **Euphytica**, v. 59, n. 1, p. 55-60, 1991.
- MAZZAFERA, P.; GONÇALVES, K. V.; SHIMIZU, M. M. Extração e dosagem da atividade da polifenoloxidase do café. **Scientia Agricola**, v. 59, p. 695-700, 2002.
- McWATTERS, K. H. et al. Consumer acceptance of fresh-cut iceberg lettuce treated with 2% hydrogen peroxide and mild heat. **Journal of Food Protection**, v. 65, p. 1221-1226, 2002.
- MERCIER, B. M. **Atributos físico-químicos de grãos de clones de café Conilon (*Coffea canephora*) submetidos a diferentes processos pós colheita**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) - Instituto Federal do Espírito Santo, Itapina, 2022.
- MOREIRA, R. F. A.; TRUGO, L. C.; MARIA, C. A. B. Componentes voláteis do café torrado: parte II: compostos alifáticos, alicíclicos e aromáticos. **Química Nova**, v. 23, n. 2, p. 195-203, 2000.
- MUINHOS, R. **Fermentação de café**. Buena Vista Café. 2019. Disponível em: <<http://buenavistacafe.com.br/blog/2019/06/08/fermentacao-de-cafe/>>. Acesso em: 30 jun. 2022.

NASCIMENTO, M. S. **Avaliação comparativa de tratamentos químicos na sanitização de frutas e verduras**. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Araraquara, 2002.

NASCIMENTO, L. C. D. et al. Ozônio e ultra-som: processos alternativos para o tratamento do café despolpado. **Food Science and Technology**, v. 28, p. 282-294, 2008.

NATIONAL CENTER FOR BIOTECHNOLOGY INFORMATION – NCBI. **Taxonomy Browser: *Coffea***. 2022. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/Taxonomy/Browser/wwwtax.cgi?id=13442>>. Acesso em 29 jun. 2022.

NOGUEIRA, M.; TRUGO, L. C. Distribuição de isômeros de ácido clorogênico e teores de cafeína e trigonelina em cafés solúveis brasileiros. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 23, n. 2, p. 296-299, 2003.

OLIVEIRA, J. C. **Relação da atividade enzimática da polifenoloxidase, peroxidase e catalase dos grãos de café e a qualidade da bebida**. Tese (Doutorado em Bioquímica) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1972.

OLIVEIRA, J. C. et al. Atividade enzimática da polifenoloxidase de grãos de quatro espécies de café durante o armazenamento. **Científica**, v. 4, n. 2, p. 114-119, 1976.

OLIVEIRA-NETO, J. R. et al. Electrochemical behavior and determination of major phenolic antioxidants in selected coffee samples. **Food Chemistry**, v. 190, p. 506-512, 2016.

ÖLMEZ, H.; KRETZSCHMAR, U. Potential alternative disinfection methods for organic fresh-cut industry for minimizing water consumption and environmental impact. **LWT-Food Science and Technology**, v. 42, n. 3, p. 686-693, 2009.

ORECCHIO, S.; AMORELLO, D.; BARRECA, S. Analysis of contaminants in beverages. In GRUMEZESCU, M. A.; HOLBAN, A. M. (Eds.). **Quality Control in the Beverage Industry**. Cambridge: Woodhead publishing, vol. 17, 2019. p. 225–258.

PANDISELVAM, R. et al. Ozone as a novel emerging technology for the dissipation of pesticide residues in foods – a review. **Trends in Food Science & Technology**, v. 97, p. 38-54, 2020.

PARISH, M. E. et al. Methods to reduce/eliminate pathogens from fresh and fresh-cut produce. **Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety**, v. 2, p. 161-173, 2003.

PARK, C. M.; BEUCHAT, L. R. Evaluation of sanitizers for killing *Escherichia coli* O157:H7, *Salmonella* and naturally occurring microorganisms on cantaloupes, honeydew melons, and asparagus. **Dairy Food and Environmental Sanitation**, v. 19, p. 842–847, 1999.

PEREIRA, S. P.; BARTHOLO, G. F.; GUIMARÃES, P. T. G. **Cafés especiais: iniciativas brasileiras e tendências de consumo**. Belo Horizonte: EPAMIG, Documento 41. 2004.

PEREIRA, M. C. **Características químicas, físico-químicas e sensorial de genótipos de grãos de café (*Coffea arabica* L.)**. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

PEREIRA, L. L. **Novas abordagens para produção de cafés especiais a partir do processamento via-úmida**. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.

PEREIRA, P. V. **Dinâmica microbiana e aspectos físicos e químicos de café conilon (*Coffea canephora* Pierre ex Froehner) cultivado em diferentes ambientes e processado por via natural**. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia dos Alimentos) - Universidade Federal do Espírito Santo, Alegre, 2018.

PIMENTA, C. J.; CHAGAS, S. J. R.; COSTA, L. Polifenoloxidase, lixiviação de potássio e qualidade de bebida de café colhido em quatro estádios de maturação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 32, n. 2, p. 171-177, 1997.

PIMENTA, C. J. **Qualidade de Café**. Lavras: Editora UFLA, 2003. 304 p.

PIMENTA, C. J.; VILELA, E. R. Efeito do tipo e época de colheita na qualidade do café (*Coffea arabica* L.). **Acta Scientiarum: Agronomy**, v. 25, n. 1, p. 131-136, 2003.

PIMENTA, C. J. et al. Composição química e avaliação da qualidade do café (*Coffea arabica* L.) colhido em diferentes épocas. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v. 10, n. 1, p. 29-35, 2008.

PIMENTEL, C. V. **Grãos de café submetidos a diferentes tempos de fermentação a seco e sob água**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônômica) - Centro Universitário Sul de Minas, Varginha, 2020.

PINHEIRO, A. C. T. **Influência da altitude, face de exposição e variedade na caracterização da qualidade sensorial dos cafés da região das Matas de Minas**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2015.

PINTO, N. A. V. D. et al. **Açúcares e sólidos solúveis em bebidas e blends de cafés torrados tipo expresso**. In SIMPÓSIO BRASILEIRO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, Brasília, Embrapa Café, 2001. p. 1421-1425.

PINTO, N. A. V. D. **Avaliação química e sensorial de diferentes padrões de bebida do café arábica cru e torrado**. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

POWELL, A. A. Cell membranes and seed leachate conductivity in relation to the quality of seed for sowing. **Journal of Seed Technology**, v. 10, n. 2, p. 81-100, 1986.

PRESTES, E. B. **Avaliação da eficiência do ozônio como sanitizante em hortaliças folhosas minimamente processadas**. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2007.

PRETE, C. E. C. **Condutividade elétrica do exsudato de grãos de café (*Coffea arabica* L.) e sua relação com a qualidade da bebida**. Tese (Doutorado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1992.

RIBEIRO, F. C. et al. Storage of green coffee in hermetic packaging injected with CO₂. **Journal of Stored Products Research**, v. 47, n. 4, p. 341-348, 2011.

RIBEIRO, L. S. et al. Behavior of yeast inoculated during semi-dry coffee fermentation and the effect on chemical and sensorial properties of the final beverage. **Food Research International**, v. 92, p. 26-32, 2017.

RIBEIRO, L. S. et al. Microbiological and chemical-sensory characteristics of three coffee varieties processed by wet fermentation. **Annals of Microbiology**, v. 68, n. 10, p. 705-716, 2018.

RODARTE, M. P. **Análise sensorial, química e perfil de constituintes voláteis de cafés especiais**. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

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

ROSSETTI, R. P. **Determinação de fenóis totais em frutos do café: avaliações em diferentes fases de maturação**. Dissertação (Mestrado em Ciências) - Universidade de São Paulo, Instituto de química de São Carlos, São Carlos, 2007.

ROZADO, A. F. et al. Aplicação de ozônio contra *Sitophilus zeamais* e *Tribolium castaneum* em milho armazenado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 12, p. 282-285, 2008.

RUBAYIZA, A. B.; MEURENS, M. Chemical discrimination of arabica and robusta coffees by fourier transform raman spectrometry. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 12, p. 4654-4659, 2005.

RUSSEL, A. D.; HUGO, W. B.; AVLIFFE, G. A. J. **Principles and practice of disinfection, preservation and sterilization**. 3.ed. Oxford: Blackwell Science, 1999. 826 p.

SAKIYAMA, C. C. H. et al. Characterization of pectin lyase produced by endophytic strain isolated from coffee cherries. **Letters in Applied Microbiology**, v. 33, n. 2, p. 117-121, 2001.

SAKIYAMA, N. S.; FERRÃO, A. G. Botany and Production of Coffee. In SCHWAN, R. F.; FLEET, N. S. (Eds.). **Cocoa and Coffee Fermentations**. New York: CRC Press, 2014. p. 341-366.

SANTOS, J. A.; SIMÃO, J. B. P. Avaliação de conformidade da agricultura do Caparaó Capixaba nos processos de produção integrada visando a certificação de café. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 10, n. 2, p. 261-270, 2015.

- SAPERS, G. M. et al. Shelf-life extension of fresh mushrooms (*Agaricus bisporus*) by application of hydrogen peroxide and browning inhibitors. **Journal of Food Science**, v. 66, p. 362–366, 2001.
- SCHWAN, R. F.; WHEALS, A. E. Mixed microbial fermentations of chocolate and coffee. In BOEKHOUT, T.; ROBERT, V. (Eds.). **Yeasts in Food**. Hamburg: Behr's Verlag, 2003. p.426–459.
- SCHWAN, R. F.; SILVA, C. F.; BATISTA, L. R. Coffee fermentation. In HUÍ, Y. H. (Ed.). **Handbook of plant-based fermented food and beverage technology**. Boca Raton: Ed. CRC Press, 2012. p. 667-687.
- SILVA, C. F. et al. Microbial diversity during maturation and natural processing of coffee cherries of *Coffea arabica* in Brazil. **International Journal of Food Microbiology**, v. 60, n. 2–3, p. 251–260, 2000.
- SILVA, C. F. et al. Microbiota presente em frutos e grãos de café (*Coffea arabica* L.) despulpado e natural: uma revisão. **Boletim da Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 37, n. 1, p. 22-28, 2003.
- SILVA, C. F. et al. Succession of bacterial and fungal communities during natural coffee (*Coffea arabica*) fermentation. **Food Microbiology**, v. 25, n. 8, p. 951-957, 2008.
- SILVA, M. C. et al. Caracterização química e sensorial de cafés da Chapada de Minas, visando determinar a qualidade final do café de alguns municípios produtores. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, p. 1782-1787, 2009.
- SILVA, M. L. C. et al. Compostos fenólicos, carotenóides e atividade antioxidante em produtos vegetais. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 31, n. 3, p. 669-681, 2010.
- SILVA, W. et al. Métodos de estimativa de área foliar em cafeeiro. **Enciclopédia Biosfera**, v. 7, n. 13, p. 746-759, 2011.
- SILVA, C. F. et al. Evaluation of a potential starter culture for enhance quality of coffee fermentation. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 29, n. 2, p. 235-247, 2013.
- SILVA, C. F. Microbial activity during coffee fermentation. In SCHWAN, R. F.; FLEET, G. H. (Eds.). **Cocoa and Coffee Fermentations**. New York: CRC Press, 2014. p. 398-423.
- SILVA, I. S. **Obtenção de cafés especiais pela fermentação**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Química) - Universidade Federal de Uberlândia, Patos de Minas, 2021.
- SILVEIRA, I. C. T. **Cloro e ozônio aplicados a desinfecção de efluente hospitalar tratado em contadores biológicos rotatórios, com avaliação de efeitos tóxicos em *Daphnia similis***. Tese (Doutorado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) - Universidade do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

SIMÕES, R. O.; FARONI, L. R. D. A.; DE QUEIROZ, D. M. Qualidade dos grãos de café (*Coffea arabica* L.) em coco processados por via seca. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 2, p. 139-146, 2008.

SIQUEIRA, H. H.; ABREU, C. M. P. Composição físico-química e qualidade do café submetido a dois tipos de torração e com diferentes formas de processamento. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 1, p. 112-117, 2006.

SIVETZ, M. Chemical properties of coffee. **Coffee Processing Technology**, v. 2, p. 162-186, 1963.

SIVETZ, M.; FOOTE, H. E. **Bebidas: Tecnología, Química y Microbiología**. Zaragoza: Acribia S. A., 1997. 198 p.

SOUZA, J. B. **Avaliação de métodos para desinfecção de água, empregando cloro, ácido peracético, ozônio e o processo de desinfecção combinado ozônio/cloro**. Tese (Doutorado em Hidráulica e Saneamento) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

SOUZA M. L. et al. Use of wild yeasts as a biocontrol agent against toxigenic fungi and OTA production. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 39, p. 349-358, 2017.

SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION OF AMERICA – SCAA. **SCAA Protocols: Cupping Specialty Coffee**. 2015. Disponível em: <<http://www.scaa.org/PDF/resources/cupping-protocols.pdf>>> Acesso em: 04 abr. 2022.

SREBERNICH, S. M. Utilização do dióxido de cloro e do ácido peracético como substitutos do hipoclorito de sódio na sanitização do cheiro-verde minimamente processado. **Food Science and Technology**, v. 27, p. 744-750, 2007.

TAORMINA, P. J.; BEUCHAT, L. R. Comparison of chemical treatments to eliminate enterohemorrhagic *Escherichia coli* O157:H7 on alfalfa seeds. **Journal of Food Protection**, v. 62, p. 318–324, 1999.

UMAN, E. et al. The effect of bean origin and temperature on grinding roasted coffee. **Scientific Reports**, v. 6, article 24483, 2016.

VAAST, P. et al. Fruit thinning and shade improve bean characteristics and beverage quality of coffee (*Coffea arabica* L.) under optimal conditions. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 86, n. 2, p. 197-204, 2006.

VALÊNCIA-ARISTIZABAL, G. Actividad enzimática en el grano de café em relación con la calidad de la bebida de café. **Cenicafé**, v. 23, n. 1, p. 3-18, 1972.

VIGNOLI, J. A. et al. Roasting process affects differently the bioactive compounds and the antioxidant activity of arabica and robusta coffees. **Food Research International**, v. 61, p. 279-285, 2014.

VILELA, E. R.; PEREIRA, R. G. F. A. **Armazenamento e processamento de produtos agrícolas – pós-colheita e qualidade do café**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 1998. p. 219-274.

VILELA, D. M. et al. Molecular ecology and polyphasic characterization of the microbiota associated with semi-dry processed coffee (*Coffea arabica* L.). **Food Microbiology**, v. 27, n. 8, p. 1128-1135, 2010.

VITORINO, M. D. et al. Metodologia de obtenção de extrato de café visando a dosagem de compostos não voláteis. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v. 26, n. 3, p. 17-24, 2001a.

VITORINO, P. F. P. G. et al. Seria a atividade da polifenoloxidase um bom indicador da qualidade da bebida do café? In II SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2001b. p. 1019-1024.

WHITAKER, H. R. **Principles of enzymology for the food sciences**. New York: Marcel Dekker, cap. 22, 1972. p. 571-582.

YATE, D. K.; TUO, S. **Contribution a l'amélioration de la qualité du café par le choix d'une torréfaction optimale**. In: COLLOQUE SCIENTIFIQUE INTERNATIONAL SUR LE CAFÉ, 1995. p. 886-901.

YOON, J. H.; LEE, S. Y. Comparison of the effectiveness of decontaminating strategies for fresh fruits and vegetables and related limitations. **Critical Reviews in Food Science and Nutrition**, v. 58, n. 18, p. 3189-3208, 2018.

SEGUNDA PARTE - ARTIGO

ARTIGO 1 - ANÁLISE SENSORIAL E QUÍMICA DE CAFÉS FERMENTADOS SUBMETIDOS A DIFERENTES PROCESSOS DE DESINFECÇÃO DO FRUTO

Renan Bertoli de Freitas¹, Carlos José Pimenta², Gladyston Rodrigues Carvalho²

¹ Mestrando no Programa de Pós Graduação em Ciências de Alimentos, Universidade Federal de Lavras

² Docente Universidade Federal de Lavras

RESUMO

O mercado de cafés especiais está crescendo exponencialmente, com isso, são necessárias novas metodologias para avaliação da qualidade da bebida. As análises sensoriais são tradicionalmente utilizadas neste quesito, entretanto, devido ao viés subjetivo, análises adicionais vêm sendo utilizadas como forma de complementar e relacionar a composição química dos grãos de café à qualidade da bebida. Esta qualidade pode ser afetada não somente por erros nas etapas de processamento, mas pela presença de microrganismos não endêmicos no processo fermentativo. Objetivou-se com este trabalho avaliar química e sensorialmente a qualidade de cafés fermentados após desinfecção dos frutos por diferentes soluções sanitizantes. O delineamento utilizado foi DIC, com seis tratamentos e cinco repetições, totalizando 30 parcelas. Após a colheita, os frutos passaram por processo de desinfecção com soluções contendo ozônio (T2), hipoclorito de sódio + ácido ascórbico (T3), ácido peracético (T4), metabissulfito de potássio (T5) e peróxido de hidrogênio (T6), a exceção de um tratamento testemunha (T1). Após desinfecção, foi acrescentada aos tanques de fermentação a levedura *Saccharomyces cerevisiae* (LalCafe™ CIMA, Lallemand). As análises sensoriais foram realizadas por provadores treinados e especializados, seguida de avaliações CATA aroma e sabor. A utilização das soluções desinfetantes não impactou a qualidade da bebida em nenhum dos tratamentos, incluindo a testemunha. Os aromas/sabores mais citados na análise CATA foram adocicados, frutado e cítrico. A utilização das soluções desinfetantes não influencia nos níveis de açúcares totais e atividade da enzima polifenoloxidase na bebida café. Hipoclorito de sódio + ácido ascórbico e peróxido de hidrogênio podem diminuir o pH e aumentar a acidez da bebida em relação às outras soluções desinfetantes. Ozônio permitiu a preservação de sólidos solúveis totais, apresentou baixos níveis de condutividade elétrica e lixiviação de potássio. O peróxido de hidrogênio não constitui um sanitizante adequado para desinfecção de frutos de café, pois diminui o pH da solução, aumenta a acidez e provoca maiores níveis de lixiviação de potássio. Já os sanitizantes ácido peracético e metabissulfito de potássio não apresentaram diferenças do tratamento testemunha em nenhum dos aspectos físico-químicos analisados, mantendo as características dos grãos e bebida.

PALAVRAS-CHAVE: Cafés especiais. Fermentação. Qualidade do café. Sanitizantes.

1. INTRODUÇÃO

O café (*Coffea arabica* L.) é uma das bebidas mais consumidas no mundo (ELHALIS et al., 2020; EVANGELISTA et al., 2014; ORECCHIO; AMORELLO; BARRECA, 2019) e um importante produto agrícola nacional (FERREIRA, 2010).

A qualidade da bebida café é resultante de um conjunto de características físicas, químicas e sensoriais apreciados pelos consumidores (FERREIRA, 2010). O sabor e aroma intrínsecos são complexos, oriundos de compostos voláteis e não voláteis que incluem açúcares, aminoácidos, proteínas, diversos tipos de ácidos, aldeídos, cetonas e compostos fenólicos (EL HALAL, 2008). O Brasil é o principal produtor e exportador de café mundial, com destaque para o estado de Minas Gerais (CONAB, 2023), possuindo potencial para produção de cafés com excelentes atributos.

Neste âmbito, surgem os cafés especiais, que apresentam qualidade diferenciada e além do poder estimulante da cafeína, proporcionam satisfação aos consumidores cada vez mais exigentes neste mercado. Os cafés especiais são caracterizados por não apresentarem defeitos, obtendo classificação mínima de 80 pontos (equivalente a um café de bebida mole), possuem sabores e aromas diferenciados, assim como certificações (BSCA, 2016; RODARTE, 2008).

A fermentação, degradação da mucilagem presente ao redor dos grãos, pode ocorrer de forma natural, onde os microrganismos epifíticos naturalmente presentes nos grãos de café metabolizam os açúcares presentes e produzem diversos compostos (AGATE, BHAT, 1966; SILVA, 2014). Entretanto, quando a fermentação ocorre de forma inadequada por meio de contaminações de outros tipos de microrganismos, estimula a produção de compostos, principalmente ácidos butírico e propiônico, que comprometem a qualidade da bebida final (SCHWAN; SILVA; BATISTA, 2012).

Uma forma de eliminar ou atenuar a presença destes microrganismos é a realização da desinfecção dos frutos com agentes sanitizantes com posterior adição de culturas iniciadoras para o processo fermentativo, permitindo que a fermentação ocorra e sejam produzidos compostos que possam contribuir com as propriedades desejáveis do café.

Para avaliação da qualidade de cafés é realizada a análise sensorial por meio da prova da xícara, que inclui atributos como aroma, sabor, acidez, corpo, doçura, equilíbrio, uniformidade, xícara limpa e finalização (SCAA, 2015). Um método adicional é o CATA (*Check-All-That-Apply*), que consiste na identificação das características que o produto possui por meio de uma lista de termos de fácil compreensão (MINIM; SILVA, 2016).

Por serem necessários provadores especializados e treinados para realizarem tais avaliações e consequentemente, possuir um viés subjetivo, análises químicas e físicas têm sido amplamente utilizadas para relacionarem os componentes físico-químicos dos grãos com a qualidade do café (CARVALHO; CHALFOUN; CHAGAS, 1997; PIMENTA; COSTA; CHAGAS, 2000; SANTOS; CHALFOUN; PIMENTA, 2009).

Objetivou-se com o trabalho avaliar de forma sensorial e físico-química a qualidade de cafés fermentados submetidos a diferentes soluções desinfetantes, afim de identificar se produtos sanitizantes podem eliminar possíveis contaminantes que interferem na qualidade da bebida café.

2. MATERIAL E MÉTODOS

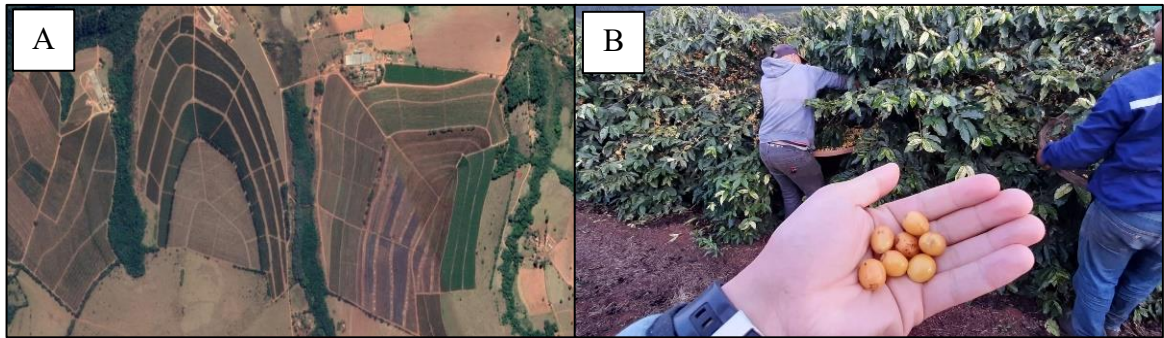
2.1. Cultivar utilizada e local de colheita

A cultivar de café utilizada foi a MGS Paraíso 2, lançada pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG). Tal cultivar é resultante da hibridação artificial de um cafeeiro do cultivar Catuaí Amarelo IAC 30 com acesso de Híbrido de Timor UFV 445 – 46. O cruzamento foi realizado na Universidade Federal de Viçosa (UFV) em 1980 com processo final de seleção nos municípios de Monte Carmelo e Patrocínio, estado de Minas Gerais. Apresenta porte baixo, com frutos maduros de coloração amarela, sementes graúdas, maturação intermediária, elevada qualidade produtiva e espaçamento de 0,5 m a 1,0 m entre plantas. Além disso, apresenta resistência à ferrugem do cafeeiro, causada pelo fungo *Hemileia vastatrix* (EPAMIG, 2016).

Outro fator de destaque desta cultivar é a elevada qualidade da bebida, com aptidão para cafés especiais. O aroma é adocicado, com sabor de frutas vermelhas, acidez agradável, corpo aveludado, com ótima doçura (DIAS, 2021; MALTA et al., 2014). Por dois anos consecutivos, 2015 e 2016, MGS Paraíso 2 foi vencedora do Prêmio Região do Cerrado Mineiro, com a bebida obtendo 87,79 pontos na prova de xícara da Associação de Cafés Especiais (SCA). Em 2021, ocupou o segundo lugar, com pontuação de 88,61.

A colheita das amostras foi realizada em lavoura localizada na Fazenda São João Batista (Figura 1A), município de Lavras, estado de Minas Gerais. Os frutos selecionados de *Coffea arabica* cv MGS Paraíso 2 (Figura 1B) apresentavam no momento da colheita maturação ideal para o processo fermentativo, com média de 25° BRIX (teor de sólidos solúveis). No total, foi utilizado volume de 450 L de café em maturação ótima.

Figura 1 - Em (A), localização da fazenda São João Batista - MG onde foi realizada a colheita dos frutos de café da cultivar MGS Paraíso 2. Em (B), amostras colhidas demonstrando a seletividade dos frutos.

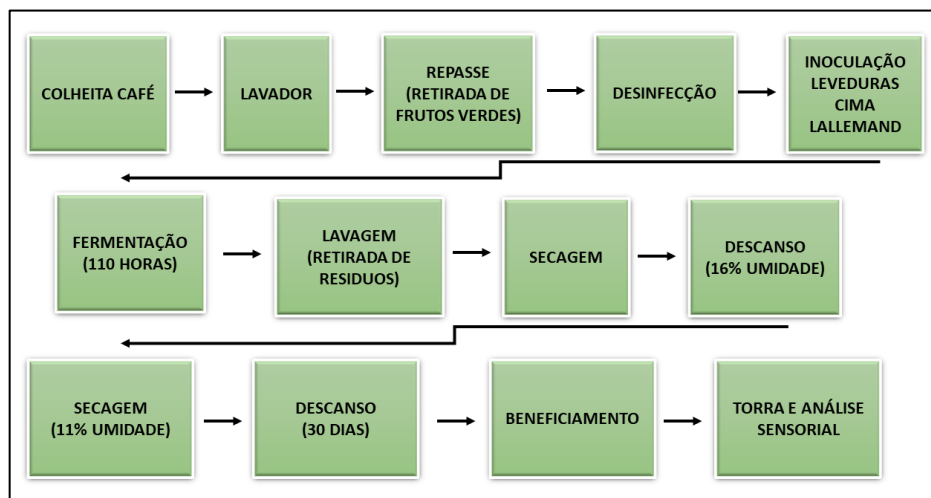


Fonte: Do autor (2021).

2.2. Processamento do café

O fluxograma abaixo (Figura 2) demonstra todas as etapas por quais os frutos colhidos foram submetidos até o processo de torra, análises sensorial e físico-química. A seguir, são apresentadas, de forma detalhada cada processo.

Figura 2 - Fluxograma apresentando as etapas por quais os frutos de café da cultivar MGS Paraíso 2 forma submetidos, desde a colheita até a torra.



Fonte: Do autor (2021).

2.3. Lavagem

Posteriormente à colheita, os frutos foram levados ao lavador (Figura 3A) para retirada daqueles que apresentaram menor densidade, visto que no processamento são utilizados apenas os de densidades superiores. A etapa seguinte consistiu no repasse e seleção de frutos (Figura 3B), ocorrendo retirada de frutos verdes remanescentes e selecionando apenas aqueles com maturação ideal.

Figura 3 - Frutos de café passando pelo lavador (A) e repasse na seleção dos frutos (B).



Fonte: Do autor (2021).

2.4. Desinfecção

2.4.1. Preparo solução desinfetante

As soluções para desinfecção dos frutos de café foram preparadas em tambores de 200 L, nos quais foram introduzidos, por tratamento, além da solução desinfetante, 40 L de água potável e 75 L de frutos de café. Tal volume de água era suficiente para que os frutos permanecessem submersos, processo que ocorreu por 15 min.

2.4.2. Tratamentos e Delineamento Experimental

O experimento foi realizado seguindo o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), sendo composto por seis tratamentos e cinco repetições, totalizando 30 amostras. Os tratamentos contendo as diferentes soluções para desinfecção dos frutos, seus respectivos volumes e os procedimentos utilizados estão detalhados na Tabela 1. A disposição dos tanques de desinfecção está representada na Figura 4.

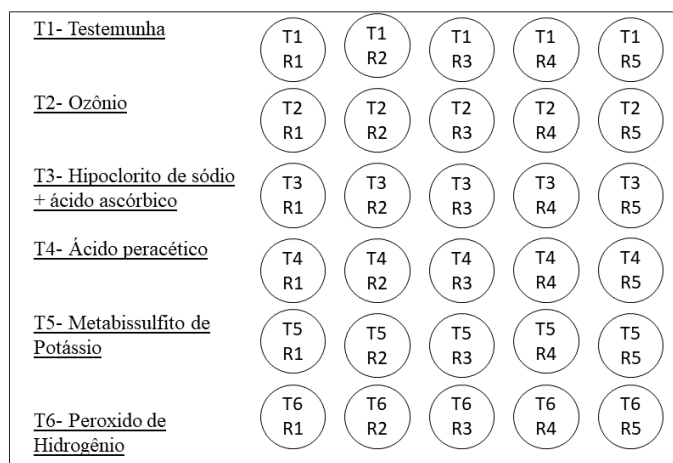
Tabela 1 - Detalhes dos tratamentos e soluções utilizadas para desinfecção dos frutos de café utilizando no trabalho.

Trat.	Solução desinfetante	Procedimento	Observações
T1	-	Ausência de solução desinfetante. Volume total composto por água potável. Frutos submergidos por 15 min.	Testemunha. Após o tempo no tanque, os frutos foram encaminhados para recipiente de fermentação.
T2	Ozônio	Tanque de desinfecção com água ozonizada por gerador de ozônio de 10g/h, ligado 1 h antes da desinfecção. Frutos submergidos por 15 min	Após desinfecção, os frutos foram enxaguados, lavados e encaminhados para recipiente de fermentação.
T3	Hipoclorito de sódio + ácido ascórbico	Tanque de desinfecção contendo água + hipoclorito de sódio (40 mL/L de água: 38,4 L de água + 1,6 L NaCl). Frutos submergidos por 15 min.	Após desinfecção, os frutos foram enxaguados, lavados e encaminhados para recipiente de fermentação com adição de ácido ascórbico (25 mg/L).
T4	Ácido peracético	Tanque de desinfecção contendo água + ácido peracético (2 g/L de água = 80 g de ácido peracético), preparado previamente 1 h antes. Frutos submergidos por 15 min.	Após desinfecção, os frutos foram enxaguados, lavados e encaminhados para recipiente de fermentação.
T5	Metabissulfito de potássio	Tanque contendo solução de água + metabissulfito de potássio (1,5 g/recipiente de fermentação).	Não foram realizadas lavagens dos frutos após adição do produto, apenas encaminhados para recipiente de fermentação.
T6	Peróxido de hidrogênio (água oxigenada 3% - volume 10)	Tanque contendo solução água + água oxigenada (16 mL/L de água = 640 mL). Frutos submergidos por 15 min.	Após desinfecção, os frutos foram enxaguados, lavados e encaminhados para recipiente de fermentação.

T1: Testemunha; T2: Ozônio; T3: Hipoclorito de sódio + ácido ascórbico; T4: Ácido peracético; T5: Metabissulfito de potássio; T6: Peróxido de hidrogênio.

Fonte: Do autor (2023).

Figura 4 - Disposição dos tanques de desinfecção dos frutos de café, de acordo com os tratamentos e repetições.



Fonte: Do autor (2021).

2.5. Fermentação

2.5.1. Preparação e lavagem dos recipientes de fermentação

Galões de água com capacidade de 20L, acoplados com válvulas na extremidade para a liberação do CO₂ (Figura 5) foram utilizados como “biorreatores convencionais” no processo de fermentação. Os galões foram devidamente limpos e higienizados com hipoclorito de sódio, antes do processo fermentativo. Foi utilizado um volume de 15 L de café natural por cada galão, que foram completados com 8 L de água potável. A fermentação em meio aquoso foi utilizada para que as leveduras pudessem permanecer de forma homogênea na solução e melhorar sua interação com a massa do café.

Figura 5 - Preparação dos recipientes de fermentação.



Fonte: Do autor (2021).

2.5.2. Preparação das leveduras

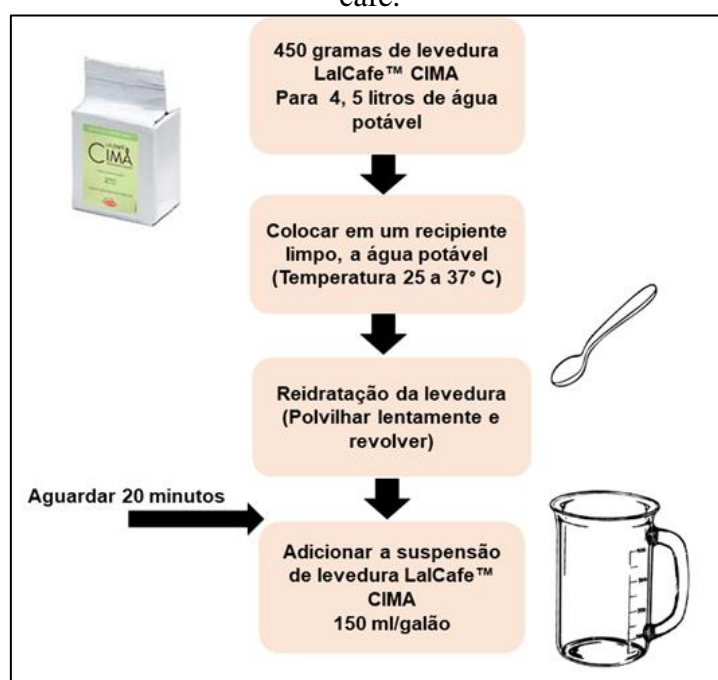
As leveduras (*Saccharomyces cerevisiae*) adicionadas aos tanques de fermentação dos seis tratamentos (cinco tratamentos com diferentes soluções desinfetantes +

testemunha) foram provenientes da LalCafe™ CIMA (Lallemand). Segundo descrições do fabricante, estas leveduras de café consistem em uma estirpe robusta e adequada para controlar a eficiência do processo por via úmida, melhorando a vivacidade e qualidade do café final. Mesmo a temperaturas baixas (mínimo de 15 °C) permite expressão de características frescas e frutadas dos grãos de café, respeitando os aromas intrínsecos dos grãos.

A adição da levedura LalCafe™ CIMA ocorreu seguindo os seguintes procedimentos (Figura 6):

- Quantidade de leveduras - 450 g para todos os tratamentos;
- Volume de água para reidratação - 4,5 L de água potável;
- Adição de água (temperaturas de 25 a 37° C) em um recipiente;
- Reidratação das leveduras LalCafe™ CIMA: polvilhar lentamente e agitar para homogeneização da suspensão. Após 10 min, agitar novamente e aguardar 10 a 20 min. Avaliar a diferença de temperatura entre galão contendo café e as leveduras no recipiente (que não sejam maior que 10 °C). Se for maior, adicionar um pouco da massa no recipiente contendo as leveduras.
- Adição de 150 mL da suspensão em cada galão dos respectivos tratamentos.

Figura 6 - Diagrama da preparação de leveduras utilizadas no processo fermentativo do café.



Fonte: Do autor (2021).

2.5.3. Processo fermentativo

Os recipientes de fermentação (Figura 7) foram depositados em um ambiente fechado, com poucas oscilações térmicas (dia e noite). O processo fermentativo foi conduzido em sistema de semi – anaerobiose: a anaerobiose aumentou gradativamente ao longo do processo devido liberação de CO₂ gerado na fermentação alcoólica de leveduras *Saccharomyces cerevisie*. O tempo de fermentação determinado para o processo foi de 110 h totais (início em 23 de junho de 2021 às 18h; final em 28 de junho de 2021 às 8h).

Figura 7 - Cafés em processo fermentativo em anaerobiose.



Fonte: Do autor (2021).

O pH das amostras foi medido antes do início da fermentação e logo após sua finalização, com auxílio de pHmetro portátil (marca Asko), para cada tratamento. Os dados obtidos estão descritos na tabela 2.

Após o fim da fermentação, as amostras foram lavadas para retirada de resíduos e encaminhadas para a etapa de secagem.

2.6. Secagem

A secagem foi conduzida em peneiras, seguindo a técnica da dobra de camadas (Figura 8): os frutos do cafeeiro são espalhados “fruto a fruto” nos 3 primeiros dias, e posteriormente, foram realizadas as dobras sucessivas de camadas até o ponto de conduzi-los em camadas de 25% da área de cada peneira. Os revolvimentos ocorreram a partir da segunda dobra, momento no qual os frutos ocupavam 50% da área das peneiras. Quando os cafés atingiram a meia seca, foram cobertos com pano e lona às 15 h e retirados às 9 h do dia seguinte.

Tabela 2 - Valores de pH obtidos antes e após processo fermentativo dos frutos de café, segundo os tratamentos realizados.

Tratamento 1: Testemunha	pH inicial	pH final
R1	8,0	4,5
R2	8,0	4,5
R3	8,0	4,4
R4	8,0	4,5
R5	8,0	4,6
Média	8,0	4,5
Tratamento 2: Ozônio	pH inicial	pH final
R1	8,0	4,8
R2	8,0	5,0
R3	8,0	4,9
R4	8,0	5,2
R5	8,0	4,8
Média	8,0	4,94
Tratamento 3: hipoclorito de sódio + ácido ascórbico	pH inicial	pH final
R1	8,0	5,0
R2	8,0	5,0
R3	8,0	4,9
R4	8,0	5,0
R5	8,0	4,8
Média	8,0	4,94
Tratamento 4: ácido peracético	pH inicial	pH final
R1	8,0	5,0
R2	8,0	4,9
R3	8,0	4,7
R4	8,0	4,9
R5	8,0	4,9
Média	8,0	4,88
Tratamento 5: metabissulfito de potássio	pH inicial	pH final
R1	8,0	5,0
R2	8,0	5,1
R3	8,0	5,1
R4	8,0	5,0
R5	8,0	5,0
Média	8,0	5,04
Tratamento 6: peróxido de hidrogênio	pH inicial	pH final
R1	8,0	4,7
R2	8,0	4,8
R3	8,0	4,9
R4	8,0	4,8
R5	8,0	4,8
Média	8,0	4,8

Figura 8 - Secagem dos cafés em peneiras, evidenciando a primeira camada de secagem.



Fonte: Do autor (2021).

2.7. Descanso

Durante o processo de secagem, quando os grãos de café atingiram 16% de umidade, foi realizado o primeiro período de descanso (Figura 9). Os frutos de café de cada tratamento foram retirados das peneiras de secagem, embalados em sacos de papel kraft e colocados em sacos plásticos. O descanso ocorreu por um período de 27 dias, com os frutos armazenados em um ambiente fechado. O descanso com 16% de umidade busca estabilizar e uniformizar os grãos durante a secagem.

Após o término da secagem, com grãos contendo 11% de umidade, foi realizado o segundo descanso por um período de 30 dias: os frutos de cada tratamento foram retirados das peneiras de secagem, embalados em sacos de papel kraft e, posteriormente, colocados em sacos plásticos.

Figura 9 - Amostras de cafés em descanso.



Fonte: Do autor (2021).

2.8. Beneficiamento

O beneficiamento dos grãos de café de cada tratamento (Figura 10) foi realizado logo após o fim do descanso final, na Cooperativa Mista dos Produtores Rurais de Bom

Sucesso (COOPERBOM), no município de Bom Sucesso, estado de Minas Gerais, com utilização de uma máquina beneficiadora da marca Pinhalense.

Figura 10 - Amostras de cafés beneficiados.



Fonte: Renan Bertoli (2021).

2.9. Torra e análise sensorial

Para a etapa de torrefação, as amostras foram preparadas de acordo com as diretrizes fornecidas pela Associação de Cafés Especiais (SCAA, 2018): 100 g de grãos de café de cada amostra foram torrados em uma torrefadora de laboratório, por no máximo 24 horas antes da degustação. A torra foi encerrada quando as amostras de café atingiram o nível de torra desejado, determinado visualmente usando um sistema de classificação de cores empregando discos padronizados (SCA/Agtron Roast Color Classification System; cor de referência número 65 para grãos moídos e 55 para grãos inteiros). A temperatura (de 155 a 217°C) e o tempo de torra foram monitorados por termômetro e cronômetro, respectivamente, com tempo de torra variando entre 8 e 12 minutos. As amostras foram pesadas até se obter uma relação pré-determinada de $8,25 \pm 0,25$ g por 150 mL de água e, a seguir, moídas em moinho elétrico.

A análise sensorial foi realizada na Sancoffee Brasil (Cooperativa dos Produtores de Café Especiais), no município de Santo Antônio do Amparo, Minas Gerais e também seguiu as diretrizes propostas pelo protocolo SCA (SCAA, 2018). As amostras foram apresentadas de forma aleatória, codificadas com números e de forma monádica. Três provadores de café especialistas com certificado de café Q-Grader realizaram a análise sensorial utilizando colheres de chá feitas de metal não reativo e cinco xícaras para cada amostra. Primeiramente, as amostras foram inspecionadas visualmente quanto à cor de torra e então classificadas em uma escala numérica, avaliando os atributos sensoriais descritivos como aroma, sabor, acidez, corpo, finalização, doçura e geral impressão (experiência gustativa individual do avaliador).

A preferência do provador pelos diferentes atributos foi avaliada em três temperaturas diferentes conforme a perda de temperatura da amostra. A avaliação do café cessou quando a amostra atingiu 21 °C e o provador determinou a impressão geral. Os provadores também descreveram as nuances características de cada café, de acordo com as nuances descritas na folha de avaliação sensorial.

2.10. Avaliação Check-All-That-Apply (CATA)

A metodologia Check-All-That-Apply (CATA), pela tradução livre “marque tudo que se aplique”, é um método simples e rápido que fornece informação descritiva dos consumidores, selecionando palavras derivadas de um glossário específico resultando em fácil entendimento (ALCANTARA; FREITAS-SÁ, 2018; ARES; JAEGER, 2015).

O método CATA é baseado em uma lista de termos, atributos ou frases, a partir do qual os julgadores são solicitados a selecionar todas as opções que se avaliam apropriadas para descrever determinada amostra, podendo marcar quantas alternativas forem necessárias, sem qualquer tipo de limitação (ARES et al., 2015). É considerada uma abordagem prática para fornecer informações a respeito das percepções sensoriais, com elevadas correlações com os aspectos sensoriais determinados por avaliadores treinados (ARES; JAEGER, 2015; JAEGER et al., 2014).

Esta avaliação buscou analisar se as respostas emocionais e os atributos sensoriais do café atribuídos pelos provadores variam em função da fermentação e levedura utilizadas no processamento, através da percepção de sabor e aroma.

2.11. Análises físico-químicas

As análises físico-químicas foram realizadas no Laboratório de Ciências de Alimentos DCA 02 da Universidade Federal de Lavras, e no Laboratório de Qualidade de Cafés da EPAMIG, município de Lavras, Minas Gerais. Os grãos beneficiados foram submetidos a análise de potencial hidrogeniônico (pH), sólidos solúveis, teor de açúcares totais, acidez titulável, atividade de polifenoloxidasas, condutividade elétrica e lixiviação de potássio, para avaliação da influência dos tratamentos na composição dos grãos.

As análises de condutividade elétrica e lixiviação de potássio foram realizadas em grãos inteiros. Para isto, grãos de café cru beneficiados foram armazenados em câmara frigorífica a 5°C antes da análise. Para as demais análises, os grãos foram moídos em moinho refrigerado multiuso por um minuto, com posterior adição de nitrogênio líquido

para facilitar o processo de moagem e evitar oxidação. As amostras foram armazenadas em recipiente de PVC e mantidas em freezer (-18°C) até a realização das análises.

2.11.1. Acidez titulável, pH e sólidos solúveis

A acidez titulável, o pH e os sólidos solúveis foram determinados seguindo metodologia proposta pela Association of Official Analytical Chemistry – AOAC (1990). Os resultados de sólidos solúveis foram expressos em porcentagem e da acidez titulável em mL de NAOH 0,1N por 100g de amostra.

2.11.2. Açúcares totais

Os açúcares totais foram extraídos pelo método Lane-Enyon (AOAC, 1990) e determinados pela técnica Somogy, adaptada por Nelson (1944). Os resultados foram expressos em porcentagem.

2.11.3. Atividade de Polifenoloxidades (PPO)

A polifenoloxidase foi extraída conforme Draetta e Lima (1976), adaptado por (CARVALHO et al., 1994). A atividade enzimática foi determinada pelo método descrito por Ponting e Joslyng (1948) e DOPA (3, 4- DIYDROXYPHENYL) foi usado como substrato. Os resultados foram expressos em $\text{u.min}^{-1}.\text{g}^{-1}$.

2.11.4. Condutividade elétrica

A condutividade elétrica foi determinada de acordo com a metodologia proposta por Loeffler, Tekrondy e Egli (1988), com as amostras em tempo de embebição de cinco horas. Os resultados foram expressos em $\mu\text{S.cm}^{-1}.\text{g}^{-1}$ de amostra.

2.11.5. Lixiviação de potássio

A quantificação do potássio lixiviado foi determinada em fotômetro de chama seguindo metodologia proposta por Prete (1992), com as amostras em tempo de embebição de cinco horas. Os resultados obtidos foram expressos em ppm.

2.12. Análise estatística

Os resultados obtidos foram submetidos à análise estatística, considerando um Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), composto por seis tratamentos (soluções de desinfecção) e cinco repetições, totalizando 30 unidades experimentais. Os dados das

análises físico-químicas foram submetidos à análise de variância (ANOVA one-way) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), utilizando o software SISVAR versão 5.6 (FERREIRA, 2015).

Para a análise dos dados CATA, a frequência de citação de cada atributo (aroma e sabor) foi determinada pela contagem do número de vezes que cada atributo foi citado pelos julgadores para cada tratamento. As diferenças significativas entre os tratamentos foram realizadas através do teste Q de Cochran utilizando o pacote estatístico SPSS versão 20 (SPSS, Chicago, USA) (MEYNER; CASTURA; CARR, 2013).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Análise sensorial

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos pelos três provadores após análise sensorial da bebida de cada tratamento.

Não foram encontradas diferenças significativas nas avaliações dos provadores 1 e 3. A utilização de leveduras no processo fermentativo e de diferentes soluções desinfetantes não impactaram na percepção dos atributos da bebida. Entretanto, o provador 2 encontrou diferenças relacionadas à acidez, doçura, corpo e finalização, mas que não resultaram na alteração de nota final (Tabela 3). A exceção do tratamento 5 avaliado pelo provador 3, todas as notas recebidas foram acima de 85, caracterizando todos os tratamentos da cultivar MGS Paraíso 2 como café especial do tipo excelente (Specialty Origin), de altíssima qualidade e bebida estritamente mole, segundo classificação da SCA (2018).

Para o provador 2, os tratamentos 1 (testemunha) e 2 (ozônio) apresentaram menor acidez que o tratamento 6 (peróxido de hidrogênio). A acidez é um agente importante nas propriedades e no processo de formação do flavor, seja em alimentos ou bebidas (LOPES, 2000). Ela pode ser desejável, quando incrementa sabor no produto final e é resultada principalmente pelos ácidos málico e cítrico, ou indesejável, muitas das vezes indicando erros no processamento dos grãos e fermentações excessivas dos frutos (NORTHMORE, 1969; ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO CAFÉ - OIC, 1991). Se avaliada por leigos, a acidez pode ser confundida como azedume, entretanto, o sabor azedo perceptível em avaliações sensoriais é proveniente de associações de álcoois, ésteres e ácidos produzidos durante o processo fermentativo (LOPES, 2000).

Em relação ao corpo da bebida, o provador 2 evidenciou menor corpo no tratamento 6 (peróxido de hidrogênio) do que nos tratamentos 1 e 2 (testemunha e ozônio). Este atributo relaciona-se com ao “peso” da bebida ao ser degustada, ou seja, a sensação tátil de densidade e textura na cavidade oral, percebida entre a língua e o palato (SCA, 2015). O café pode ter corpo leve, normal, médio ou encorpado e influencia no sabor residual (*aftertaste*) após a degustação do café, que pode ser intenso e agradável em cafés de boa qualidade (CHALFOUN, 2008).

Tabela 3 – Escala de intensidade dos atributos sensoriais após análise da bebida café de cada tratamento pelos três provadores treinados.

Tratamento	Julgador 1				
	Acidez	Corpo	Doçura	Finalização	Nota Final
T1	6,8 ± 0,45 a	6,6 ± 0,55 a	6,8 ± 0,45 a	6,2 ± 0,45 a	85,3 ± 0,57 a
T2	7,0 ± 0,00 a	7,0 ± 0,00 a	7,0 ± 0,00 a	6,2 ± 0,45 a	85,5 ± 0,35 a
T3	7,0 ± 0,00 a	6,8 ± 0,45 a	6,6 ± 0,55 a	6,2 ± 0,45 a	85,4 ± 0,55 a
T4	6,8 ± 0,45 a	6,6 ± 0,55 a	7,4 ± 0,55 a	6,4 ± 0,55 a	86,0 ± 0,94 a
T5	6,8 ± 0,45 a	6,6 ± 0,55 a	6,6 ± 0,55 a	6,4 ± 0,55 a	85,4 ± 0,55 a
T6	6,8 ± 0,45 a	6,6 ± 0,55 a	6,8 ± 0,45 a	6,6 ± 0,55 a	85,6 ± 0,55 a
	Julgador 2				
	Acidez	Corpo	Doçura	Finalização	Nota Final
T1	7,6 ± 0,55 a	8,0 ± 0,00 a	7,8 ± 0,45 a	8,0 ± 0,00 a	86,5 ± 1,00 a
T2	7,6 ± 0,55 a	8,2 ± 0,45 a	7,6 ± 0,55 ab	8,2 ± 0,45 a	86,6 ± 1,14 a
T3	6,6 ± 0,89 ab	7,4 ± 0,55 ab	6,8 ± 0,84 ab	7,4 ± 0,55 ab	85,7 ± 0,97 a
T4	6,8 ± 0,45 ab	7,8 ± 0,45 ab	7,2 ± 0,84 ab	7,8 ± 0,45 ab	86,1 ± 0,89 a
T5	6,6 ± 0,55 ab	7,4 ± 0,55 ab	6,6 ± 0,55 ab	7,4 ± 0,55 ab	84,8 ± 0,84 a
T6	6,4 ± 0,55 b	7,0 ± 0,71 b	6,4 ± 0,55 b	7,0 ± 0,71 b	85,5 ± 1,00 a
	Julgador 3				
	Acidez	Corpo	Doçura	Finalização	Nota Final
T1	7,4 ± 0,55 a	7,4 ± 0,55 a	8,0 ± 0,00 a	7,0 ± 0,71 a	85,4 ± 0,96 a
T2	7,6 ± 0,55 a	7,6 ± 0,55 a	7,8 ± 0,45 a	7,0 ± 0,00 a	85,3 ± 0,76 a
T3	7,4 ± 0,89 a	7,6 ± 0,55 a	7,8 ± 0,45 a	7,0 ± 0,71 a	85,3 ± 0,67 a
T4	7,4 ± 0,55 a	7,8 ± 0,45 a	8,0 ± 0,00 a	7,2 ± 0,45 a	85,6 ± 0,74 a
T5	7,0 ± 1,00 a	7,6 ± 0,55 a	7,6 ± 0,55 a	7,0 ± 0,00 a	84,9 ± 0,65 a
T6	7,4 ± 0,55 a	7,8 ± 0,45 a	7,6 ± 0,55 a	6,8 ± 0,45 a	85,2 ± 0,57 a

T1: Testemunha; T2: Ozônio; T3: Hipoclorito de sódio + ácido peracético; T4: Ácido peracético; T5:

Metabissulfito de potássio; T6: Peróxido de hidrogênio.

A doçura, gosto básico muito apreciado na bebida, também foi diferente entre os tratamentos segundo o provador 2: tratamento 1 (testemunha) apresentou-se com maior doçura que o tratamento 6 (peróxido de hidrogênio), indicando que a utilização deste sanitizante pode interferir na análise sensorial por parte de determinados avaliadores. Já a finalização é a impressão do julgador quanto à complexidade e estímulos despertados

durante e após a degustação. Para o provador 2, os tratamentos 1 e 2 (testemunha e ozônio) apresentaram melhor finalização que o tratamento 6 (peróxido de hidrogênio).

Assim, o tratamento 6, utilizando peróxido de hidrogênio como solução desinfetante apresentou maior acidez, menor corpo, menor doçura e menor finalização, impactando nos atributos sensoriais obtidos entre as amostras a depender do avaliador treinado.

3.2. Avaliação CATA

A metodologia CATA (*Check-All-That-Apply*) procurou analisar as características – atributos sensoriais - mais citadas pelos avaliadores de acordo com as amostras de bebida de café provenientes de cada tratamento. As Tabelas 4 e 5 mostram os resultados obtidos para a avaliação de CATA aroma e CATA sabor, respectivamente.

Tabela 4 - Dados de CATA aroma obtidos pela análise dos três provadores

Características	Tratamentos						p valor
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	
	Aroma						
Adocicado	12	9	15	15	14	13	0,020*
Baunilha	4	2	0	0	0	2	0,049*
Caramelo	2	2	4	0	5	4	0,198
Garapa	3	3	0	4	0	0	0,046*
Mascavo	4	2	8	6	6	4	0,175
Mel	5	3	3	4	0	4	0,200
Castanhas	0	4	6	4	4	8	0,014*
Avelã	5	4	1	1	1	0	0,023*
Chocolate	6	5	11	10	11	11	0,012*
Erva	4	4	0	2	0	2	0,053
Alcólico	8	2	2	4	0	5	0,007*
Vinhoso	10	5	0	2	0	2	0,000*
Floral	3	2	0	5	0	0	0,020*
Frutado	13	7	14	12	14	15	0,002*
Amarela	7	2	4	4	6	2	0,173
Tropicais	7	2	4	4	6	2	0,173

* Indica diferença significativa a 5% ($p \leq 0,05$).

Na avaliação CATA aroma foram identificadas 16 características sensoriais, das quais adocicado, chocolate e frutado foram as mais citadas. Além disso, apenas seis destas

propriedades não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos: caramelo, mascavo, mel, erva, frutas amarelas, frutas tropicais.

Já para atributos como aroma adocicado, de baunilha, de garapa, de castanhas, de avelã, de chocolate, alcóolico, vinhoso, floral e frutado, foram identificadas diferenças estatísticas. O tratamento 2 com ozônio como solução desinfetante apresentou menor aroma adocicado que os tratamentos 3 e 4 (hipoclorito de sódio + ácido ascórbico e ácido peracético, respectivamente). Os tratamentos 3, 4 e 5 (hipoclorito de sódio + ácido ascórbico, ácido peracético e metabissulfito de potássio, respectivamente) apresentaram menor aroma de baunilha que o tratamento 1 (testemunha). Os tratamentos 3, 5 e 6 (hipoclorito de sódio + ácido ascórbico, metabissulfito de potássio e peróxido de hidrogênio, respectivamente) apresentaram menor aroma de garapa que o tratamento 4 (ácido peracético). A testemunha (tratamento 1) apresentou menor aroma de castanhas que o tratamento com peróxido de hidrogênio (tratamento 6), sendo o contrário para o aroma avelã: tratamento 6 menor que tratamento 1. O aroma de chocolate foi maior no tratamento 2 (ozônio) do que nos tratamentos 3, 4 e 5 (hipoclorito de sódio + ácido ascórbico, ácido peracético e metabissulfito de potássio, respectivamente), assim como para o aroma frutado, onde o tratamento 2 foi maior que o tratamento 6 (peróxido de hidrogênio). O aroma alcóolico foi maior no tratamento 5 (metabissulfito de potássio) que na testemunha (tratamento 1). Os tratamentos 3 e 5 (hipoclorito de sódio + ácido ascórbico e metabissulfito de potássio, respectivamente) também apresentaram maior aroma vinhoso que a testemunha. Já para o aroma floral, os tratamentos 3, 5 e 6 (hipoclorito de sódio + ácido ascórbico, metabissulfito de potássio e peróxido de hidrogênio, respectivamente) apresentaram-se maiores em relação ao tratamento 4 (ácido peracético).

Em relação ao CATA sabor, foram identificadas 33 características para as amostras de bebida café analisadas. Os sabores mais citados foram: adocicado, mel, chocolate, vinhoso, frutado, frutas amarelas, frutas cítricas, acidez tartárica, acidez málica e corpo macio (Tabela 5).

Apenas quatro características apresentaram diferenças significativas entre os tratamentos: sabor de baunilha, caramelo, frutas cristalizadas e garapa. O tratamento 4 (ácido peracético) apresentou menor sabor de baunilha que o tratamento 6 (peróxido de hidrogênio). O sabor caramelo foi mais citado nos tratamentos 2 e 3 (ozônio e hipoclorito de sódio + ácido ascórbico, respectivamente) que no tratamento 5 (metabissulfito de potássio). Já os tratamentos 5 e 6 (metabissulfito de potássio e peróxido de hidrogênio, respectivamente) apresentaram mais citações de sabor de frutas cristalizadas que o

tratamento 4 (ácido peracético). Para o sabor de garapa, o tratamento com metabissulfito de potássio (tratamento 5) foi mais citado que o tratamento 2 (ozônio).

Tabela 5 - Dados de CATA sabor obtidos pela análise dos três provadores treinados.

Características	Tratamentos						p valor
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	
	Sabor						
Adocicado	10	9	11	10	10	11	0,852
Baunilha	6	2	4	0	2	9	0,004*
Caramelo	7	6	6	8	12	11	0,045*
Mel	11	13	14	14	10	9	0,123
Castanhas	4	4	3	2	4	6	0,589
Mascavo	13	11	13	15	10	14	0,123
Avelã	5	3	2	4	0	3	0,092
Chocolate	11	10	10	9	10	12	0,688
Chocolate em Leite	10	9	6	10	8	11	0,306
Erva Doce	5	5	4	4	2	2	0,119
Alcoólico	6	8	6	4	4	2	0,103
Vinhoso	15	11	10	12	11	12	0,265
Chá Preto	5	7	2	9	8	8	0,127
Floral	8	8	7	9	4	5	0,360
Frutado	15	15	14	15	13	14	0,416
Abacaxi	1	4	1	0	2	0	0,111
Amarelas	14	11	11	12	10	12	0,549
Vermelhas	6	8	4	6	5	6	0,670
Cítricas	10	11	10	12	9	10	0,901
Cristalizadas	3	4	3	5	0	0	0,022*
Fermentado	5	5	4	4	3	4	0,483
Garapa	4	6	2	5	1	2	0,034*
Tropicais	5	6	6	7	5	8	0,661
Passas	4	5	4	5	5	3	0,906
Acidez	5	5	5	5	5	5	1,000
Acidez Tartárica	11	10	5	10	6	6	0,075
Acidez Málica	4	9	8	6	6	5	0,380
Acidez Cítrica	13	15	15	15	15	14	0,221
Corpo	7	5	6	5	5	6	0,416
Corpo Licoroso	4	4	3	8	3	2	0,075
Corpo Cremoso	9	12	9	9	10	10	0,772
Corpo Macio	10	8	6	7	7	6	0,628

* Indica diferença significativa a 5% ($p \leq 0,05$).

A utilização da levedura para o processo de fermentação permite a expressão das características frescas e frutadas dos grãos de café, fato percebido pelos provadores, já que os atributos sensoriais pela análise CATA identificaram aromas e sabores frutados, adocicados e cítricos.

O método CATA foi introduzido nas pesquisas sensoriais em 2007, consistindo atualmente em uma técnica muito empregada para recolher informações sensoriais de produtos por meio da análise de consumidores (ALCANTARA; FREITAS-SÁ, 2018; MINIM; SILVA, 2016). Trata-se de uma metodologia muito simples, rápida, prática e reprodutível, onde os avaliadores selecionam apenas características apropriadas para o produto em análise, sem a necessidade de utilizar escalas (ANTÚNEZ et al., 2017; ARES et al., 2015; DOOLEY; LEE; MEULLENET, 2010).

As diferenças de aromas e sabores percebidos pelos avaliadores pode ser resultante das etapas do processamento dos grãos de café, pelos tratamentos utilizados para desinfecção dos frutos ou mesmo pela habilidade sensorial individual.

3.3. Análises físico-químicas

Na Tabela 5 estão descritos os resultados obtidos para os parâmetros analisados: pH, acidez titulável, sólidos solúveis totais, atividade de PPO, açúcares totais, condutividade elétrica e lixiviação de potássio.

3.3.1. Acidez titulável e pH

De acordo com os dados da tabela 6, foram observadas diferenças de acidez titulável entre os tratamentos. A testemunha (tratamento 1) e o tratamento 2 (ozônio) apresentaram maiores valores de acidez (25,9 e 25,11, respectivamente) que os tratamentos 3 (hipoclorito de sódio + ácido ascórbico = 22,35), 4 (ácido peracético = 22,47), 5 (metabissulfito de potássio = 22,26) e 6 (peróxido de hidrogênio = 22,8) (Figura 11A).

Para os dados de pH também foram encontradas diferenças, com a testemunha (tratamento 1 = 6,46) obtendo maior valor em relação aos tratamentos 3 (6,35) e 6 (6,30). Os demais tratamentos (2, 4 e 5) não apresentaram diferenças entre si nem entre os tratamentos citados (pH variando de 6,37 a 6,38) (Figura 11B). Desta forma, comparando-se à testemunha, a utilização de hipoclorito de sódio + ácido ascórbico e peróxido de nitrogênio pode provocar diminuição do pH dos grãos, aumentando a acidez, enquanto o

uso de ozônio, ácido peracético e metabissulfito de potássio não influenciam neste parâmetro.

Tabela 6 - Média dos tratamentos de acordo com cada atributo avaliado.

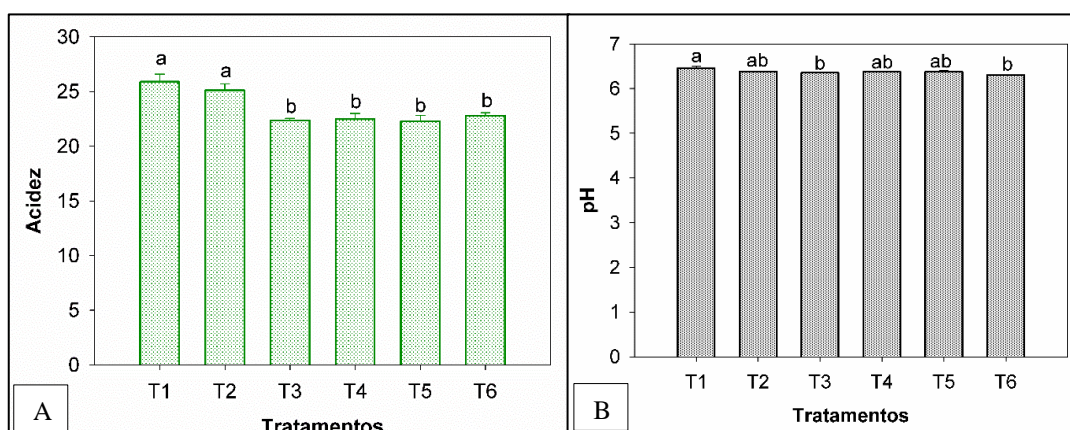
Atributos	Tratamentos					
	T1	T2	T3	T4	T5	T6
pH	6,46 ± 0,11 a	6,38 ± 0,03 ab	6,35 ± 0,04 b	6,37 ± 0,00 ab	6,38 ± 0,06ab	6,30 ± 0,02 b
SS	18,75 ± 13,01 ab	21,67 ± 8,32 a	8,33 ± 5,63 b	13,33 ± 1,29 ab	13,75 ± 1,37 ab	12,92 ± 1,02 ab
Umidade	8,31 ± 0,08 a	8,07 ± 0,08 b	8,28 ± 0,02 a	8,41 ± 0,06 a	8,29 ± 0,15 a	8,28 ± 0,11 a
Açúcares Totais	9,95 ± 0,25 a	9,95 ± 0,16 a	9,63 ± 3,50 a	9,56 ± 0,29 a	9,56 ± 0,28 a	9,85 ± 0,26 a
Acidez	25,90 ± 1,70 a	25,11 ± 1,50 a	22,35 ± 0,49 b	22,47 ± 1,30 b	22,26 ± 1,40 b	22,80 ± 0,60 b
PPO	26,08 ± 3,17 a	25,64 ± 3,40 a	28,58 ± 4,28 a	29,15 ± 2,50 a	27,87 ± 1,74 a	30,23 ± 4,48 a
Condutividade Elétrica	205,63 ± 11,88 b	195,98 ± 3,72 b	231,47 ± 14,17 a	231,28 ± 10,18 a	244,61 ± 4,33 a	238,95 ± 16,17 a
Lixiviação	62,11 ± 2,63 bc	52,92 ± 2,39 c	69,05 ± 12,23 abc	72,94 ± 9,94 ab	69,54 ± 3,87 abc	86,63 ± 18,91 a

Médias com as letras iguais na linha não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. T1: Testemunha; T2: Ozônio; T3: Hipoclorito de sódio + ácido ascórbico; T4: Ácido peracético; T5: Metabissulfito de potássio; T6: Peróxido de hidrogênio.

A acidez desejável em bebidas de café é um fator proveniente de compostos como ácido clorogênico, málico e tartárico (MORI et al., 2000). Entretanto, caso os frutos colhidos estejam em diferentes estádios de maturação e/ou ocorram fermentações excessivas pela ação de microrganismos, a acidez torna-se indesejável, sendo indicador da qualidade do produto (PIMENTA, 2001).

De acordo com Sivetz e Desrosier (1979), o pH ideal para a bebida café deve estar entre 4,9 e 5,1. Já Fernandes et al. (2003) indicam que o pH ideal deve estar entre 4,95 e 5,20, valores que tornam o café palatável, sem excesso de amargor ou acidez. Os resultados obtidos das análises físico-químicas após processamento e torrefação estão acima deste ideal, tornando a bebida menos ácida que este padrão.

Figura 11 - Valores de acidez (A) e pH (B) após análise química.



Médias com as letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. T1: Testemunha; T2: Ozônio; T3: Hipoclorito de sódio + ácido ascórbico; T4: Ácido peracético; T5: Metabissulfito de potássio; T6: Peróxido de hidrogênio.

Entretanto, os dados de pH dos grãos de café cru antes e após o processo de fermentação mostram-se menores (médias entre os tratamentos variando de 4,5 a 5,04 – vide Tabela 2). De acordo com Cruz (2016), os cafés torrados apresentaram maior acidez titulável total comparado aos crus, visto que o teor de ácidos presentes na bebida é dependente do grau de torra, o que explica parcialmente a diferença de pH encontrada.

Durante a torrefação, há reações de formação e decomposição de ácidos: enquanto ácidos málicos e cítricos são reduzidos, formam-se outros voláteis. O grau de torra também interfere na formação destes compostos, como no ácido acético, que apresenta quantidade máxima na torrefação média e é volatilizado em torrefação severa. Conforme aumenta-se o grau de torrefação, os ácidos butírico, cítrico, málico, quínico e tartárico também são reduzidos, ao contrário dos ácidos pirúvico e láctico, que se mostram independentes neste processo (PIMENTA, 2003; PINTO, 2002; SALVA; LIMA, 2007).

A homogeneidade das amostras apresenta-se como outro fator influenciador da acidez. Grãos de café de diferentes tamanhos e maturações de uma amostra podem acarretar uma torrefação desuniforme, e conseqüentemente, em aromas e sabores desagradáveis da bebida (MATIELLO et al., 2002; MENDONÇA, 2004). Como todos os grãos foram selecionados na colheita e após lavagem, descarta-se a hipótese de heterogeneidade dos grãos, sendo a variação encontrada de pH e acidez titulável provenientes das soluções desinfetantes utilizadas.

Apesar das diferenças encontradas nos dois fatores analisados, pH acima do ideal e diferenças na acidez titulável, não houve impacto na avaliação sensorial da bebida, sem

excesso ou redução de amargor ou acidez, tornando-a aceitável e com boas avaliações (vide item 3.1).

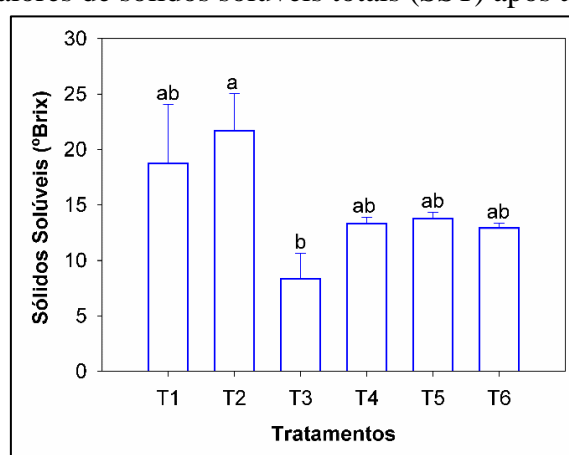
3.3.2. Sólidos solúveis totais

Os dados obtidos de sólidos solúveis totais (SST) apresentaram diferenças estatísticas (Figura 12). O tratamento 2 (ozônio = 21,67%) apresentou maior porcentagem de SST que o tratamento 3 (hipoclorito de sódio + ácido ascórbico = 8,33%). Entretanto, quando comparados à testemunha (tratamento 1 = 18,75%), não foram observadas diferenças com nenhum outro tratamento (porcentagens variando de 8,28 a 8,41%) (Tabela 6).

Os sólidos solúveis totais constituem o conjunto de açúcares, carboidratos, ácidos orgânicos e compostos nitrogenados que se encontram solubilizados em água (MERCIER, 2022). Este somatório de substâncias atribui à bebida do café a característica sensorial de corpo (SCA, 2015).

Segundo Lopes, Pereira e Mendes (2000), o café arábica apresenta valores de SST entre 23,9 a 27,3%. Comparando-se aos dados analisados, nenhum tratamento apresentou valores entre este intervalo, sendo o tratamento 2 (ozônio) o que mais se aproxima, com 21,67%. É importante ressaltar que o teor de SST pode variar devido fatores climáticos, atividade fotossintética, acúmulo de carboidratos, tipo de solo, estágio de maturação, variedade da espécie e dos cultivares (CRUZ, 2016).

Figura 12 - Valores de sólidos solúveis totais (SST) após análise química.



Médias com as letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. T1: Testemunha; T2: Ozônio; T3: Hipoclorito de sódio + ácido ascórbico; T4: Ácido peracético; T5: Metabissulfito de potássio; T6: Peróxido de hidrogênio.

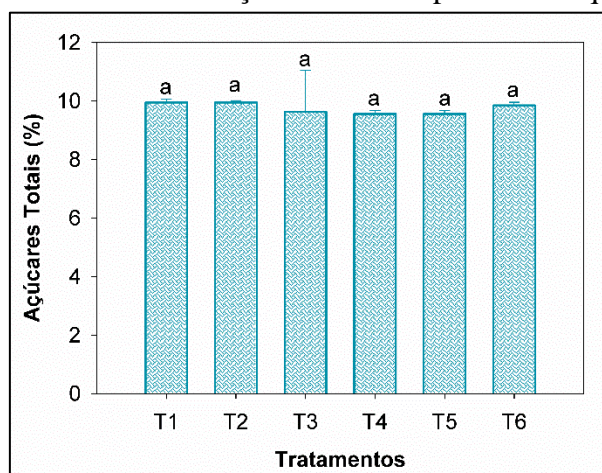
O teor de SST sobre influência do grau de torrefação, pois o rompimento das células dos grãos ocasiona aumento da velocidade da extração e rendimento dos componentes. Segundo Pinto (2002), em temperaturas menores, as proteínas dos grãos crus são desnaturadas, já em torrações mais severas ocorre além de desnaturação proteica, a solubilização de celulose e de outros carboidratos. A liberação de carbonilas e aminas ocorre durante todo o processo, devido hidrólise de ligações peptídicas (PINTO, 2002). Todos estes processos contribuem para aumento do teor de sólidos solúveis totais.

Assim, os valores de sólidos solúveis totais são diretamente proporcionais à qualidade do café: quando mais o nível de SST, maior é a qualidade da bebida. Entretanto, apesar dos valores aqui encontrados estarem abaixo da porcentagem descrita por Lopes, Pereira e Mendes (2000), não influenciaram nas avaliações sensoriais de nenhum dos tratamentos.

3.3.3. Açúcares totais

Conforme os resultados obtidos, não houve diferença significativa entre os tratamentos (Figura 13), com porcentagens variando de 9,56 a 9,95% (Tabela 5). A utilização de soluções desinfetantes não interfere na porcentagem destes compostos nas amostras de café.

Figura 13 - Valores de açúcares totais após análise química.



Médias com as letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. T1: Testemunha; T2: Ozônio; T3: Hipoclorito de sódio + ácido ascórbico; T4: Ácido peracético; T5: Metabissulfito de potássio; T6: Peróxido de hidrogênio.

Os açúcares totais representam os componentes que mais contribuem para a formação do aroma e sabor do café torrado, sendo responsáveis pela doçura e pelo sabor de caramelo identificado na bebida (CHAGAS, 1994; OIC, 1991; SILVA et al., 2004). A aquisição destas características na torrefação, onde reações de Maillard e caramelização ocorrem entre açúcares redutores e aminoácidos, resultando em cor, produtos caramelizados e várias substâncias relacionadas ao sabor e aroma.

Pinto (2002), avaliando bebidas de café estritamente mole, mole e apenas mole, encontrou valores de açúcares totais de 8,37, 8,62 e 8,34%, respectivamente. Apesar de não serem observadas diferenças significativas entre os tratamentos analisados, todos apresentam porcentagens acima dos valores obtidos por Pinto (2002). A cultivar MGS Paraíso 2 é caracterizada pela doçura natural, fato corroborado pela análise CATA, onde a característica adocicada está entre os termos mais citados em aroma e sabor (Tabelas 4 e 5).

3.3.4. Atividade de Polifenoloxidase (PPO)

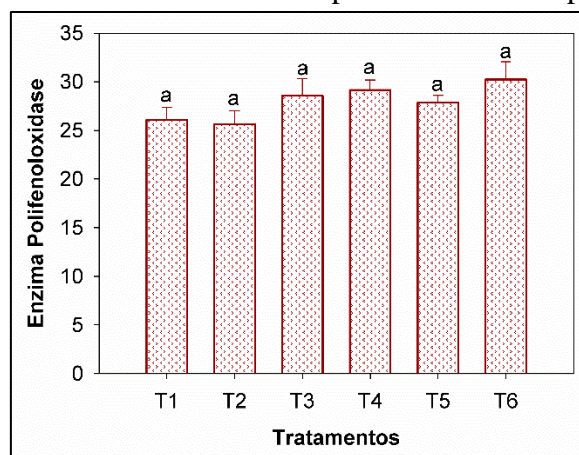
Assim como para açúcares totais, não foram encontradas diferenças na quantificação da enzima polifenoloxidase entre os tratamentos (Figura 14). Os valores obtidos variaram de 25,64 a 30,23 $\text{u}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$. Como nenhum tratamento diferiu da testemunha, pode-se concluir que o uso de soluções desinfetantes não impacta na preservação das membranas celulares.

De forma geral, os cafés de melhor qualidade apresentam uma maior atividade da polifenoloxidase em relação aos cafés de qualidade inferior (CARVALHO et al., 1994; LEITE et al., 1998; MAZZAFERA; GONÇALVES; SHIMIZU, 2002). A redução da atividade da polifenoloxidase é influenciada por fatores como tipo de cultivo, processamento e condições de armazenamento (VALÊNCIA-ARISTIZABAL, 1972). Assim, a preservação da integridade da membrana nas fases é primordial para a manutenção das polifenoloxidasas com alto nível de atividade, assegurando a alta qualidade do café (GOULART et al., 2003).

A degradação das membranas celulares e consequente perda de permeabilidade seletiva são os primeiros passos que caracterizam a deterioração do café. Qualquer condição adversa aos grãos que altere a estrutura da membrana, como ataque de insetos e microrganismos, alterações fisiológicas, problemas no processamento e armazenamento, podem modificar a constituição das membranas das células. Isso libera as enzimas polifenoloxidasas presentes nas membranas, que agem sobre os polifenóis,

diminuindo sua ação antioxidante e interferindo nas propriedades de aroma e sabor da bebida café (AMORIM; SILVA, 1968; AMORIM, 1978).

Figura 14 - Valores da atividade da enzima polifenoloxidase após análise química.



Médias com as letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. T1: Testemunha; T2: Ozônio; T3: Hipoclorito de sódio + ácido ascórbico; T4: Ácido peracético; T5: Metabissulfito de potássio; T6: Peróxido de hidrogênio.

3.3.5. Condutividade elétrica e lixiviação de potássio

A condutividade elétrica foi diferente para os tratamentos analisados (Figura 15A). Os maiores valores desta variável foram encontrados para os tratamentos 3 (hipoclorito de sódio + ácido ascórbico = $231,47 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$), 4 (ácido peracético = $231,28 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$), 5 (metabissulfito de potássio = $244,61 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) e 6 (peróxido de hidrogênio = $238,95 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$), enquanto o tratamento 2 (ozônio = $195,98 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) e a testemunha (tratamento 1 = $205,63 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}\cdot\text{g}^{-1}$) demonstraram menores valores (Tabela 6).

Quando comparados à testemunha, apenas o ozônio (tratamento 2) apresentou menor concentração de íons na solução, e, conseqüentemente, menor degradação das membranas. As demais soluções interferem na qualidade das membranas e paredes celulares.

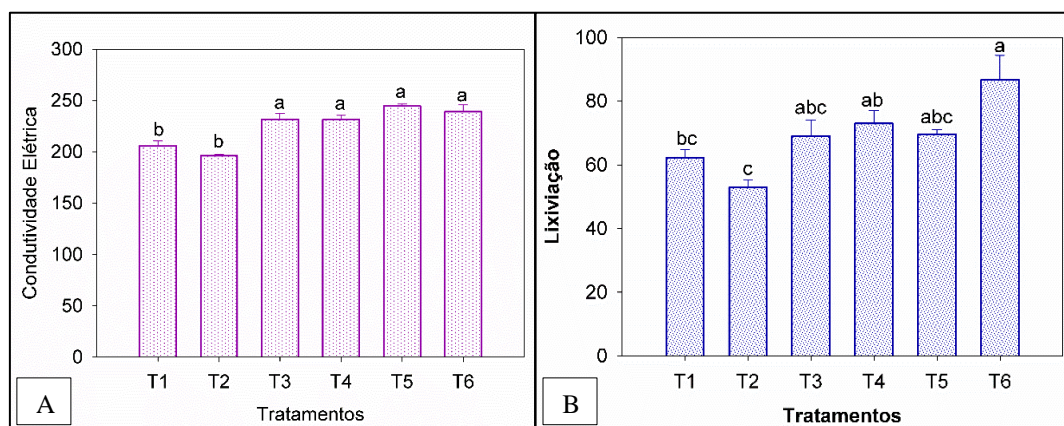
Quanto à lixiviação de potássio, também foram encontradas diferenças (Figura 15B). O tratamento 6 (peróxido de hidrogênio = 86,63 ppm) apresenta maiores valores que os tratamentos 1 (testemunha = 62,11 ppm) e 2 (ozônio = 52,92 ppm) (Tabela 5), sendo que estes dois últimos não diferiram entre si. Por outro lado, o tratamento com ozônio (tratamento 2) também apresentou menor valor de lixiviação de potássio que o tratamento 4 (ácido peracético = 72,94 ppm) (Tabela 5). Sendo assim, o índice de

lixiviação quando utilizado ozônio é menor do que quando se utilizou ácido peracético e peróxido de hidrogênio como soluções desinfetantes, mas ao mesmo tempo, a utilização de ozônio apresenta os mesmos índices de quando não se utiliza nenhum tipo de sanitizante.

Por outro lado, os valores de lixiviação observados pela testemunha (tratamento 1) não diferem do encontrado para os tratamentos 3 (hipoclorito de sódio + ácido ascórbico = 69,05 ppm), 4 (ácido peracético = 72,94 ppm) e 5 (metabissulfito de potássio = 69,54 ppm) (Tabela 6), sendo o tratamento 1 diferente apenas do tratamento 6 (peróxido de hidrogênio).

Em resumo, a utilização de ozônio não difere dos valores de condutividade elétrica em relação da testemunha (T1), sendo os menores valores para condutividade elétrica que o restante dos tratamentos; peróxido de hidrogênio (T6) pode provocar maior lixiviação de potássio que o ozônio (T2); ácido peracético (T4) e peróxido de hidrogênio (T6) permitem maior lixiviação de potássio que o ozônio (T2); a lixiviação de potássio da testemunha (T1) difere apenas do nível encontrado para o tratamento com peróxido de hidrogênio (T6).

Figura 15 - Valores de condutividade elétrica (A) e lixiviação de potássio (B) após análise química.



Médias com as letras iguais não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. T1: Testemunha; T2: Ozônio; T3: Hipoclorito de sódio + ácido ascórbico; T4: Ácido peracético; T5: Metabissulfito de potássio; T6: Peróxido de hidrogênio.

Da mesma forma que as enzimas polifenoloxidasas variáveis como condutividade elétrica e lixiviação de potássio também sofrem influência de acordo com o nível de estabilidade das membranas. Com a perda de integridade e/ou permeabilidade seletiva, as

membranas dos grãos permitem a saída de maior quantidade de íons das células, e conseqüentemente, observa-se maiores valores de condutividade elétrica e lixiviação de potássio (PIMENTA et al., 2008; PRETE; ABRAHÃO,1995).

Fatores como colheita inadequada, danos mecânicos e ataques de patógenos ou pragas podem provocar a alteração da estrutura celular. Isso permite a ocorrência de reações químicas entre componentes intra e extracelulares que transformam a composição química original do café e podem modificar suas propriedades sensoriais (AMORIM, 1978). Sendo assim, quanto maior a quantidade de íon lixiviado, maior é a condutividade elétrica e menor é a qualidade da bebida.

4. CONCLUSÕES

Atributos intrínsecos da cultivar MGS Paraíso 2 (sabor adocicado, corpo aveludado) foram identificados na bebida pela análise sensorial, assim como características propiciadas pela levedura (nuances florais e cítricas) utilizada no processo fermentativo.

A utilização de soluções sanitizantes para desinfecção de frutos de café eliminam os possíveis contaminantes e não impactam nas análises sensoriais da bebida. Entretanto, o uso de hipoclorito de sódio + ácido ascórbico e peróxido de hidrogênio podem diminuir o pH e conseqüentemente aumentar a acidez da bebida café, interferindo nas análises físico-químicas. Ácido peracético e metabissulfito de potássio não apresentaram diferenças do tratamento testemunha em nenhum dos aspectos físico-químicos analisados, mantendo as características dos grãos e bebida, e constituindo sanitizantes úteis na desinfecção dos frutos de café.

Já o ozônio mostrou-se uma boa solução desinfetante, visto que preserva os sólidos solúveis totais, apresenta baixos níveis de condutividade elétrica e lixiviação de potássio, tornando-se a única solução sanitizante capaz de diminuir a carga microbiológica dos grãos de café sem afetar as características sensoriais da bebida.

REFERÊNCIAS

- AGATE, A. D.; BHAT, J. V. Role of pectinolytic yeasts in the degradation of mucilage layer of *Coffea robusta* cherries. **Applied Microbiology**, v. 14, n. 2, p. 256-260, 1966.
- ALCANTARA, M.; FREITAS-SÁ, D. G. C. Metodologias sensoriais descritivas mais rápidas e versáteis – uma atualidade na ciência sensorial. **Brazilian Journal of Food Techonogy**. v. 21, e2016179, 2018.
- AMORIM, H. V.; SILVA, O. M. Relationship between the polyfenoloxidase activity of coffee beans and quality of the beverage. **Nature**, v. 219, n. 5152, p. 381-382, 1968.
- AMORIM, H. V. **Aspectos bioquímicos e histoquímicos do grão de café verde relacionados com a determinação da qualidade**. 1978. 58f. Tese (Doutorado de Livre Docência em Bioquímica) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1978.
- ANTÚNEZ, L. et al. Comparison of consumer-based methodologies for sensory characterization: case study with four sample sets of powdered drinks. **Food Quality and Preference**, v. 56, p.149-163, 2017.
- ARES, G.; JAEGER, S. R. Examination of sensory product characterization bias when *check-all-that-apply* (CATA) questions are used concurrently with hedonic assessments. **Food Quality and Preference**, v. 40, p. 199-208, 2015.
- ARES, G. et al. Comparison of sensory product profiles generated by trained assessors and consumers using CATA questions: Four case studies with complex and/or similar samples. **Food Quality and Preference**, v. 45, p.75-86, 2015.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS - AOAC. **Official methods of the Association of Official Analytical Chemists**. 15. Ed. Washington, 1990. 684 p.
- BRAZIL SPECIALITY COFFEE ASSOCIATION - BSCA. **Tempo bom para os cafés especiais**. 2016. Disponível em: <<http://bsca.com.br/noticia.php?id=250>>. Acesso em: 28 jun. 2022.
- CARVALHO, V. D. et al. Relação entre a composição físico-químico e química do grão beneficiado e a qualidade de bebida do café. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, n. 3, p. 449-454, 1994.
- CARVALHO, V. D.; CHALFOUN, S.M.; CHAGAS, S. J. R. Fatores que afetam a qualidade do café. **Informe Agropecuário**, v. 18, n. 187, p. 5-20, 1997.
- CHAGAS, S. J. R. **Caracterização química e qualitativa de cafés de alguns municípios de três regiões produtoras de Minas**. Dissertação (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras, 1994.
- CHALFOUN, S. M. **Glossário de termos utilizados na cafeicultura**. Lavras: EPAMIG – CTSM, 2008. 305 p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira – Café – Safra 2023, 2º Levantamento, Mai/2023**. 2023. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe/boletim-da-safra-de-cafe>>. Acesso em: 20 mai. 2023.

CRUZ, T. A. **Avaliação física, química e físico-química dos cafés das microrregiões da Chapada de Minas**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2016.

DIAS, R. A. A. **Crescimento inicial e nutrição de cultivares de café arábica em ambiente controlado**. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2021.

DOOLEY, L.; LEE, Y. S.; MEULLENET, J. F. The application of check-all-that-apply (CATA) consumer profiling to preference mapping of vanilla ice cream and its comparison to classical external preference mapping. **Food Quality and Preference**, v. 21, p. 394-401, 2010.

DRAETTA, I. S.; LIMA, D. C. Isolamento e caracterização das polifenoloxidasas do café. **Coletânea do Instituto de Tecnologia de Alimentos**, v. 7, p. 13-28, 1976.

ELHALIS, H. et al. The crucial role of yeasts in the wet fermentation of coffee beans and quality. **International Journal of Food Microbiology**, v. 333, 108796, 2020.

EL HALAL, S. L. M. **Composição, processamento e qualidade do café**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Química de Alimentos) - Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, 2008.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DE MINAS GERAIS – EPAMIG. **Cultivares de café EPAMIG**. 2016. Disponível em: <http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/folder/cultivares_cafe_epamig.pdf>. Acesso em: 26 nov. 2022.

EVANGELISTA, S. R. et al. Inoculation of starter cultures in a semi-dry coffee (*Coffea arabica*) fermentation process. **Food Microbiology**, v. 44, p. 87–95, 2014.

FERNANDES, S. M. et al. Constituintes químicos e teor de extrato aquoso de cafés arábica (*Coffea arabica* L.) e conilon (*Coffea canephora* Pierre) torrados. **Ciências e Agrotecnologia**, v. 27, n. 5, p. 1076-1081, 2003.

FERREIRA, G. F. P. **Avaliação da qualidade física, química, sensorial e da composição fúngica de grãos de cafés beneficiados**. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Vitória da Conquista, 2010.

FERREIRA D. F. **Programas**. 2015. Disponível em: <<https://des.ufla.br/~danielff/programas/programas.html>>. Acesso em: 27 nov. 2022.

GOULART, P. F. P. et al. Análise comparativa entre lixiviação de potássio, condutividade elétrica, teor de ácido clorogênico e métodos de quantificação da atividade

da polifenol oxidase em extratos semipurificados de amostras de café de diferentes padrões de qualidade. **Revista Brasileira de Armazenamento**, n. 7, p. 78-85, 2003.

JAEGER, S. R. et al. comparison of ceck-all-that-apply and forced-choice yes/no question formats for sensory characterization. **Food Quality and Preference**, v. 35, p. 32-40, 2014.

LEITE, R. A. et al. Qualidade tecnológica do café (*Coffea arabica* L.) pré-processado por “via seca” e “via úmida” avaliada por método químico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 2, n. 3, p. 308-311, 1998.

LOEFFLER, T. M.; TEKRONDY, D. M.; EGLI, D. B. The bulk conductivity test as na indicator of soybean quality. **Journal of Seed Technology**, v. 12, n. 1, p. 37-53, 1988.

LOPES, L. M. V. **Avaliação da qualidade de grãos de cafés crus e torrados de cultivares de cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2000.

LOPES, L. M. V.; PEREIRA, G. F. A.; MENDES, A. N. G. **Teor de sólidos solúveis totais, acidez titulável e pH de grãos crus e torrados de sete cultivares de café (*Coffea arabica* L.) e suas variações com o processo de torração**. Lavras: Editora UFLA, 2000.

MALTA, M. R. et al. Potencial das novas cultivares de café Arábica para produção de cafés especiais. **Informe Agropecuário** v. 35, p. 84–90, 2014.

MATIELLO, J.B. et al. **Cultura de café no Brasil: Novo manual de recomendações**. Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2002. 387p.

MAZZAFERA, P.; GONSALVEZ, K. V.; SHIMIZU, M. M. Extração e dosagem da atividade da polifenoloxidase do café. **Scientia Agricola**, v. 59, n. 4, p. 695-700, 2002.

MENDONÇA, L. M. V. L. **Características químicas, físico-químicas e sensoriais de cultivares de *Coffea arabica* L.** Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2004.

MERCIER, B. M. **Atributos físico-químicos de grãos de clones de café conilon (*Coffea canephora*) submetidos a diferentes processos pós-colheita**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Instituto Federal do Espírito Santo, Itapina, 2022.

MEYNER, M; CASTURA, J. C.; CARR, B. T. Existing and new approaches for the analysis of CATA data. **Food Quality and Preference**, v. 30, n. 2, p. 309-319, 2013.

MINIM, V. P. R.; SILVA, R. C. S. N. **Análise Sensorial Descritiva**. Viçosa: Editora UFV, 2016.

MORI, E. E. M. et al. **Qualidade dos cafés do Brasil**. In SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas. **Anais...** Poços de Caldas: IAC, 2000. p. 99-107.

NELSON, N. A photometric adaptation of Somogy method for the determination of glucose. **Journal of Biological Chemists**, v. 153, n. 1, p. 375-384, 1944.

NORTHMORE, J. M. **Work in progress in coffee research. II. part I.** Kenya Coffee, 1969.

ORECCHIO, S.; AMORELLO, D.; BARRECA, S. Analysis of contaminants in beverages. In GRUMEZESCU, M. A.; HOLBAN, A. M. (Eds.). **Quality Control in the Beverage Industry**. Cambridge: Woodhead publishing, vol. 17, 2019. p. 225–258.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO CAFÉ – OIC. **Quantitative descriptive flavours profiling of coffees form**. London, 1991. (Reporte de Evaluación Sensorial).

PIMENTA, C. J.; COSTA, L.; CHAGAS, S. J. R. Peso, acidez, sólidos solúveis, açúcares e compostos fenólicos em café (*Coffea arabica* L.), colhidos em diferentes estádios de maturação. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v. 1, p. 23-30, 2000.

PIMENTA, C. J. **Época de colheita e tempo de permanência dos frutos à espera da secagem, na qualidade do café (*Coffea arabica* L.)**. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2001.

PIMENTA, C. J. **Qualidade de café**. Lavras: Editora UFLA, 2003. p.147-158

PIMENTA, C. J. et al. Composição química e avaliação da qualidade do café (*Coffea arabica* L.) colhido em diferentes épocas. **Revista Brasileira de Armazenamento**, v. 10, n. 1, p. 29-35, 2008.

PINTO, N. A. V. D. **Avaliação química e sensorial de diferentes padrões de bebida do café arábica cru e torrado**. Dissertação (Tese de Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2002.

PONTING, J. D.; JOSLYNG, M. A. Ascorbic acid oxidation and Browning in apple tissue extracts. **Archives of Biochemistry**, v. 19, p. 47-63, 1948.

PRETE, C. E. C. **Condutividade elétrica do exsudato de grãos de café (*Coffea arabica* L.) e sua relação com a qualidade da bebida**. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1992.

PRETE, C. E. C.; ABRAHÃO, J. T. M. Condutividade elétrica dos exsudatos de grãos de café (*Coffea arabica* L.). I. Desenvolvimento da metodologia. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 16, n. 1, p. 17-21, 1995.

RODARTE, M. P. **Análise sensorial, química e perfil de constituintes voláteis de cafés especiais**. Tese (Doutorado em Ciências dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2008.

SALVA, T. J. G.; LIMA, V. B. A composição química do café e as características da bebida e do grão. **O Agrônomo**, v. 59, n. 1, p. 57-59, 2007.

SANTOS, M. A.; CHALFOUN, S. M.; PIMENTA, C. J. Influência do processamento por via úmida e tipos de secagem sobre a composição físico-química e química do café (*Coffea arabica* L.). **Ciência e Agrotecnologia**, v. 33, n. 1, p. 213-218, 2009.

SCHWAN, R. F.; SILVA, C. F.; BATISTA, L. R. Coffee fermentation. In HUÍ, Y. H. (Ed.). **Handbook of plant-based fermented food and beverage technology**. Boca Raton: Ed. CRC Press, 2012. p. 667-687.

SILVA, R. F. et al. Qualidade do café cereja descascado na região Sul de Minas Gerais. **Ciência Agropecuária**, v. 28, n. 6, p. 1367-1375, 2004.

SILVA, C. F. Microbial activity during coffee fermentation. In SCHWAN, R. F.; FLEET, G. H. (Eds.). **Cocoa and Coffee Fermentations**. New York: CRC Press, 2014. p. 398-423.

SIVETZ, M.; DESROSIER, N. W. **Coffee technology**. Westport: Avl, 1979. 716 p.

SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION OF AMERICA - SCAA. **SCAA Protocols – Cupping Specialty Coffee** 2015. Disponível em: <<http://www.scaa.org/PDF/resources/cupping-protocols.pdf>>. Acesso em: 04 abr. 2022

SPECIALTY COFFEE ASSOCIATION OF AMERICA – SCAA. **SCAA Protocols & Best Practices**. 2018. Disponível em: < <https://sca.coffee/research/protocols-best-practices>>. Acesso em: 04 abr. 2022.

VALÊNCIA-ARISTIZABAL, G. Actividad enzimática em el grano de café em relacion com la calidad de la bebida de café. **Cenicafé**, v. 23, n. 1, p. 3-18, 1972.

ANEXOS

Anexo 1 - Microrganismos (fungos e bactérias) encontrados na fermentação do café arábica, de acordo com o tipo de processamento.

Microrganismo	Gênero/Espécie	Tipo de processamento	Referência
Bactérias	<i>Bacillus cereus</i> <i>Bacillus subtilis</i> <i>Bacillus macerans</i> <i>Bacillus polymyxa</i> <i>Bacillus megaterium</i>	Via seca	Silva et al. (2008)
	<i>Aeromonas</i> <i>Pseudomonas</i> <i>Enterobacter</i> <i>Serratia</i> <i>Arthrobacter</i> <i>Microbacterium</i> <i>Lactobacillus</i>	Via seca	Silva et al., 2010
	<i>Bacillus subtilis</i> <i>Escherichia coli</i> <i>Enterobacter agglomerans</i> <i>Bacillus cereus</i> <i>Klebsiella pneumoniae</i>	Via semisseca	Vilela et al., 2010
	<i>Leuconostoc mesenteroides</i> <i>Leuconostoc citreum</i> <i>Leuconostoc pseudomesenteroides</i> <i>Lactobacillus plantarum</i> <i>Weissella</i>	Via semisseca	Evangelista et al., 2014a
	<i>Leuconostoc pseudomesenteroides</i> <i>Weissella confusa</i>	Via seca	Evangelista et al., 2015

	<i>Lysinibacillus fusiformis</i> <i>Lactobacillus fermentum</i> <i>Lactococcus lactis</i> <i>Actinobacterium sp.</i>		
	<i>Bacillus humi</i> <i>Bacillus simplex</i> <i>Brevibacillus parabrevis</i> <i>Gluconobacter oxydans</i> <i>Lysinibacillus macroides</i> <i>Microbacterium testaceum</i> <i>Paenibacillus lactis</i> <i>Pantoea dispersa</i> <i>Enterococcus faecium</i> <i>Enterococcus faecalis</i>	Via seca	Ribeiro et al., 2018
Fungos	<i>Hanseniaspora uvarum</i> <i>Pichia anômala</i> <i>Pichia kluyveri</i> <i>Torulaspora delbrueckii</i> <i>Kluyveromyces marxianus</i> <i>Candida pseudonitermedia</i> <i>Pichia ohmeri</i> <i>Issatchenkia orientalis</i>	Via seca	Masoud et al., 2004;
	<i>Candida saitoana</i> <i>Candida fermentati</i> <i>Debaromyces polymorfus</i> <i>Pichia guilliermondii</i> <i>Candida membranifaciens</i> <i>Debaryomyces hansenii</i> <i>Pichia anômala</i> <i>Arxula adeninivorans</i>	Via seca	Silva et al., 2008

	<i>Saccharomyces cerevisiae</i>		
	<i>Aspergillus</i> <i>Cladosporium</i> <i>Fusarium</i> <i>Penicillium</i>	Via seca	Silva et al., 2010
	<i>Torulaspora delbrueckii</i> <i>Rhodotorula mucilaginosa</i> <i>Saccharomyces</i> sp. <i>Hanseniaspora uvarum</i> <i>Kloeckera</i> sp. <i>Candida membranifaciens</i>	Via semisseca	Vilela et al., 2010
	<i>Meyerozyma caribbica</i> <i>Hanseniaspora uvarum</i> <i>Torulaspora delbrueckii</i> <i>Pichia kluyveri</i> <i>Pichia anômala</i> <i>Saccharomyces cerevisiae</i> <i>Pichia guilliermondii</i> <i>Pichia caribbica</i> <i>Kluyveromyces marxianus</i> <i>Candida pseudonitermedia</i> <i>Pichia ohmeri</i> <i>Issatchenkia orientalis</i>	Via seca	Evangelista et al., 2015