

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

MELLANYE COSTA CASTELLI

**MODIFICAÇÃO DAS PROPRIEDADES BIOQUÍMICAS DO CAFÉ POR MEIO DA
APLICAÇÃO DE ENZIMAS PRÉ-SELECIONADAS**

FRANCISCO BELTRÃO

2022

MELLANYE COSTA CASTELLI

**MODIFICAÇÃO DAS PROPRIEDADES BIOQUÍMICAS DO CAFÉ POR MEIO DA
APLICAÇÃO DE ENZIMAS PRÉ-SELECIONADAS**

**Modification of Biochemical Properties of Coffee Through the Application of
Pre-Selected Enzymes**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito parcial à obtenção do
título de Bacharel em Engenharia Química da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná.
Orientadora: Maria Helene Giovanetti Canteri.
Coorientadora: Irede Angela Lucini Dalmolin.

FRANCISCO BELTRÃO

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

Esta licença permite compartilhamento, remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, mesmo para fins comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es). Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

MELLANYE COSTA CASTELLI

**MODIFICAÇÃO DAS PROPRIEDADES BIOQUÍMICAS DO CAFÉ POR MEIO DA
APLICAÇÃO DE ENZIMAS PRÉ-SELECIONADAS**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título
de Bacharel em Engenharia Química da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(UTFPR).

Data de aprovação: 24/junho/2022.

Maria Helene Giovanetti Canteri
Doutorado em Tecnologia de Alimentos
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Irede Angela Lucini Dalmolin
Doutorado em Engenharia de Alimentos
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Tânia Maria Cassol
Doutorado em Química
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

“A folha de aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso”

FRANCISCO BELTRÃO

2022

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por permanecer comigo o tempo todo, contribuindo para que eu visse as coisas com maior clareza, inspiração e por me conceder os dons do Espírito Santo.

Agradeço também a minha família, em especial à minha mãe e ao meu pai, Patrícia e Vicente, por todo o suporte, por me darem forças nos momentos mais críticos e por nunca duvidarem de minha capacidade.

À minha orientadora, Prof^a. Dr^a. Maria Helene Giovanetti Canteri, pela disponibilidade e atenção, pelo conhecimento e sabedoria compartilhado. Também à minha coorientadora Prof^a. Dr^a. Irede Lucini Dalmolin.

Ao Élcio, pelo fornecimento da matéria-prima e cooperação com o entendimento do processo de beneficiamento do café.

Agradeço a todas as pessoas que contribuíram de alguma maneira para a realização desta pesquisa.

RESUMO

Colheu-se cerca de 3,3 quilogramas de café (*Coffea arabica* L.) maduro, em Lácio, município do interior de São Paulo, sendo separado em três lotes, um com aplicação de enzimas digestivas proteolíticas e amilolíticas sobre os grãos, o segundo sem tratamento e o terceiro lote procedeu-se com fermentação natural em bancada por uma semana. O objetivo desta pesquisa foi realizar testes nas bebidas do café, dentre os quais; compostos fenólicos, pH, acidez, sólidos solúveis e cor; para aferir a qualidade destes cafés em comparação com um café comercial Tradicional e outro *Gourmet*. Com isso, pode ser avaliada a viabilidade de produzir café exótico em laboratório como alternativa para manter a qualidade e distinção do café sem o papel do animal utilizado como reator biológico, evitando maus tratos. As análises físico-químicas nas bebidas do primeiro lote, com tratamento enzimático, indicaram um rendimento de 27,91%, teor de compostos fenólicos de 456,44 µg/100 mg, pH de 5,97, acidez total de 75 mL/g, sólidos solúveis de 0,33 °brix, cor de L: 38,9, a: 11,5 e b: 14,4. Nas bebidas do segundo lote, sem tratamento, o rendimento mostrou-se ser de 34,01%, teor de compostos fenólicos de 898,67 µg/100 mg, pH de 6,75, acidez total de 7,3 mL/g, sólidos solúveis de 0,42 °brix, cor de L: 29, a: 5,1, b: -1. Nas bebidas do terceiro lote, com fermentação natural, o rendimento apresentou-se com 36,26%, teor de compostos fenólicos de 707,20 µg/100 mg, pH de 5,75, acidez total de 64,6 mL/g, sólidos solúveis de 0,25 °brix e cor de L: 42,9, a: 11,5 e b: 16,2. Já nas análises dos cafés comerciais, o café Tradicional apresentou-se com teor de compostos fenólicos de 6879,33 µg/100 mg, pH de 5,97, acidez total de 42,7 mL/g, sólidos solúveis de 2,08 °brix e cor de L: 31,3, a: 8,7 e b: 4,5; e o café comercial *Gourmet* apresentou-se com teor de compostos fenólicos de 2513,26 µg/100 mg, pH de 5, acidez total de 46,7 mL/g, sólidos solúveis de 1,33 °brix e cor de L: 30,6, a: 7,5 e b: 2,5. O café controle apresentou o maior rendimento, pH mais elevado e menor acidez, já o café Tradicional, apresentou mais compostos fenólicos e sólidos solúveis. O café enzimático apresentou a maior acidez. Conclui-se que é possível substituir o reator biológico pelas enzimas exógenas, pois houve uma alteração significativa nas características físico-químicas que conferem qualidade ao café.

Palavras-chave: café; análises físico-químicas; enzimas; fermentação; qualidade.

ABSTRACT

About 3.3 kilograms of mature coffee (*Coffea arabica* L.) were harvested in Lácio, a city in the interior of São Paulo, being separated into three batches, one with the application of proteolytic and amylolytic digestive enzymes on the beans, the second without treatment and the third batch proceeded with natural fermentation on a bench for a week. The objective of this research was to carry out tests on coffee beverages, among which; phenolic compounds, pH, acidity, soluble solids and color; to assess the quality of these coffees in comparison with a traditional commercial coffee and another Gourmet. With this, the feasibility of producing exotic coffee in the laboratory can be evaluated as an alternative to maintain the quality and distinction of coffee without the role of the animal used as a biological reactor, avoiding mistreatment. The physical chemical analyzes of the drinks from the first batch, with enzymatic treatment, indicated a yield of 27.91%, phenolic compounds content of 456.44 µg/100 mg, pH of 5.97, total acidity of 75 mL/g, 0.33°brix soluble solids, L color: 38.9, a: 11.5 and b: 14.4. In the drinks of the second batch, without treatment, the yield was 34.01%, phenolic compounds content of 898.67 µg/100 mg, pH of 6.75, total acidity of 7.3 mL/g, 0.42°brix soluble solids, L color: 29, a: 5.1, b: -1. In the beverages of the third batch, with natural fermentation, the yield was 36.26%, phenolic compounds content of 707.20 µg/100 mg, pH of 5.75, total acidity of 64.6 mL/g, 0.25°brix soluble solids and L color: 42.9, a: 11.5 and b: 16.2. In the analysis of commercial coffees, the Traditional coffee presented a phenolic content of 6879.33 µg/100 mg, pH of 5.97, total acidity of 42.7 mL/g, soluble solids of 2.08 °brix and L color: 31.3, a: 8.7 and b: 4.5; and the commercial coffee Gourmet presented a phenolic content of 2513.26 µg/100 mg, pH of 5, total acidity of 46.7 mL/g, soluble solids of 1.33 °brix and color of L : 30.6, a: 7.5 and b: 2.5. The control coffee presented the highest yield, the highest pH and the lowest acidity, whereas the Traditional coffee presented more phenolic compounds and soluble solids. The enzymatic coffee presented the highest acidity. It is concluded that it is possible to replace the biological reactor by exogenous enzymes, as there was a significant change in the physicochemical characteristics that confer quality to the coffee.

Keywords: coffee; physicochemical analysis; enzymes; fermentation; quality.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	07
2 OBJETIVOS	08
2.1 OBJETIVOS GERAIS	08
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	08
3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	09
3.1 QUALIDADE E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO CAFÉ	09
3.1.1 COMPOSTOS FENÓLICOS	11
3.1.2 ACIDEZ	11
3.1.3 AÇÚCARES	12
3.1.4 SÓLIDOS SOLÚVEIS	13
3.1.5 FIBRA ALIMENTAR	13
3.1.6 ENZIMAS PROTEOLÍTICAS E AMILOLÍTICAS	14
3.2 CLASSIFICAÇÃO E NORMAS DOS CAFÉS COMERCIAIS	14
3.3 GRAUS DE TORRA	16
4 METODOLOGIA	17
4.1 MATERIAL	17
4.2 MÉTODOS	17
4.2.1 PREPARO DAS AMOSTRAS DO CAFÉ ATÉ A SECAGEM DOS FRUTOS	17
4.2.2 TORREFAÇÃO DO CAFÉ	18
4.2.3 PREPARO DAS BEBIDAS	19
4.2.4 ANÁLISES FÍSICO-QUÍMICAS	19
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	28
REFERÊNCIAS	29

1 INTRODUÇÃO

A bebida do café é apreciada no mundo inteiro, sendo parte da cultura de diversos países. Seu consumo é mais evidenciado em países altamente industrializados, por suas propriedades únicas que trazem benefícios à saúde como: estimular o metabolismo, memória, concentração, reduzir o risco de certas doenças e, principalmente, promover a sensação de alerta, como já comprovado cientificamente. As técnicas de cultivo e o processo de produção, basicamente, interferem na qualidade do café.

O café considerado o mais caro do mundo, chamado de *Kopi Luwak*, originou-se na Indonésia após constatarem que o café produzido a partir dos grãos coletado das fezes de um mamífero, que ingeria os frutos maduros, era superior em qualidade do que aquele cultivado pelo método tradicional, conferindo um aroma de frutas vermelhas, menos amargor e muito menos acidez. No Brasil, o café Jacu, passa por um processo de transformação natural no sistema digestivo de um animal, no caso, uma ave. A maior desvantagem desse processo natural que ocorre em ambos os cafés é a exploração dos animais, muitas vezes mantidos em cativeiro, sob péssimas condições e com uma dieta quase que exclusiva do fruto do cafeeiro e pobre nos demais nutrientes.

A proposta do presente trabalho é não utilizar mais o animal como reator biológico, mas sim algumas enzimas pré-selecionadas, a fim de mimetizar o tratamento enzimático que o café sofre ao passar pelo sistema digestivo destes animais.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar possíveis modificações promovidas por enzimas específicas que simulem a ação no trato digestório de animais onívoros, aplicadas aos grãos de café durante o processamento do grão para produção da bebida.

2.2 Objetivos específicos

- Avaliar as características físico-químicas dos grãos de café a serem utilizados como matéria-prima, antes da torrefação e aplicação das enzimas;
- Aplicar enzimas em um lote de grãos de café, bem como promover a fermentação em outro lote para produção de enzimas naturais, antes da torrefação;
- Promover a torrefação e posterior moagem dos diferentes lotes de grãos de café, submetidos ou não à ação de enzimas;
- Comparar as características físico-químicas dos lotes de pó de café produzido: fermentado, com e sem a aplicação das enzimas;
- Analisar físico-quimicamente as bebidas, preparadas diferentes amostras de café, em condições similares de concentração, tempo e temperatura de infusão, bem como tipo de filtração.

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O café torrado usualmente consumido é produzido a partir do beneficiamento do fruto maduro de diferentes espécies do gênero *Coffea*, dentre as quais está a *Coffea arabica*. O fruto é submetido a um tratamento térmico até atingir o ponto de torra escolhido, podendo apresentar resquício do endosperma ou ser adicionado de aroma (BRASIL, 2005).

O café mais caro do mundo se chama *Kopi Luwak*, sendo vendido nos Estados Unidos por cerca de 90 dólares a porção, ainda na década passada. Infelizmente, muitas pessoas não sabem que sua produção envolve a exploração e o sofrimento animal, principalmente do mamífero civeta, típico da Indonésia, segundo informações da rede ABC News (SCHEER, 2015).

Enquanto o grão passa pelo sistema digestório do animal, sofre um processo de modificação parecido com o utilizado pela indústria cafeeira para remover a polpa do grão de café, mas que envolve bactérias diferentes das usadas pela indústria, além das enzimas digestivas do animal. É isso que dá ao *Kopi Luwak* seu sabor característico inigualável, garantem os apreciadores, como “uma mistura de chocolate e suco de uva, menos ácido e amargo do que os cafés comuns” (CAFEICULTURA, 2007).

3.1 Qualidade e composição química do café

O principal componente psicoativo do café é, sem dúvida, a cafeína. Os efeitos comportamentais mais notáveis ocorrem após a ingestão de doses baixas a moderadas (50 - 300 mg) deste composto, verificando-se uma melhora na performance cognitiva e psicomotora, ou seja, melhora do estado de alerta, da energia, da capacidade de concentração, do desempenho em tarefas simples, da vigilância auditiva, do tempo de retenção visual e diminuição da sonolência e do cansaço. O principal mecanismo de ação da cafeína deve-se à sua similaridade estrutural com a molécula de adenosina, um potente neuromodulador endógeno, que inibe a liberação de diversos neurotransmissores: glutamato, ácido gama-aminobutírico, acetilcolina e monoaminas. A cafeína pode ligar-se a receptores da adenosina, bloqueando-os. Deste modo, a ação majoritariamente inibitória da

adenosina fica impedida, sendo o efeito da cafeína, conseqüentemente, estimulante (ALVES; CASA; OLIVEIRA, 2009).

Em todo país cultivam-se plantas provenientes de duas espécies; *Coffea arabica* e *Coffea canephora*. Para muitos, os produtos provenientes daquela apresentam melhor qualidade em relação aos produtos desta (OLIVEIRA; OLIVEIRA; MOURA, 2012).

De acordo com Oliveira (2006) apud Rodrigues (2012), a composição química do grão de café pode variar devido a diversos fatores como clima, região, altitude, solo, espécie, manejo pré e pós-colheita. Essa variação contribui para a obtenção de bebidas com características sensoriais diferentes, pois quando o grão cru é submetido à torração ocorrem diversas reações responsáveis por tais características.

Segundo Barbosa (2002) apud Rodrigues (2012), a temperatura do ar de secagem deve ser no máximo 75 °C, visto que temperaturas superiores originam um produto de qualidade inferior. Temperaturas inferiores a 30 °C podem permitir desenvolvimento de micro-organismos desencadeando processos fermentativos prejudiciais à bebida do café.

Segundo Shimizu *et al.* (2005), o aroma do café é formado por mais de 800 compostos voláteis e os precursores relacionados com a formação dos mesmos são: açúcares, aminoácidos, peptídeos, trigonelina, ácidos clorogênicos, ácidos orgânicos, lipídios e carotenoides. Interações entre açúcares redutores e o grupamento amino de aminoácidos e peptídeos, ou mesmo de proteínas (reação de Maillard), são tidas como essenciais para o desenvolvimento de aroma. Além do conteúdo endógeno da semente, outra fonte de açúcares para a ocorrência da reação de Maillard são os açúcares redutores formados durante a torração, a partir da quebra sacarose.

De acordo com Pinto (2002) apud Rodrigues (2012), a casca dos frutos do cafeeiro perde sua coloração esverdeada podendo adquirir cor vermelha ou amarela, na qual ocorre degradação de clorofila e síntese de pigmentos como carotenoides. Síntese de açúcares, componentes voláteis (ésteres, aldeídos, cetonas, entre outros), alterações nos ácidos presentes e diminuições no teor de compostos fenólicos responsáveis pela adstringência dos frutos marcam o período da maturação. Durante o amadurecimento dos frutos destaca-se o aumento na quantidade de açúcares solúveis enquanto se verifica a degradação de polímeros de parede.

O alto teor de umidade é um fator que influencia na qualidade do café, pois facilita a atividade de micro-organismos e enzimas, afetando a preservação do produto e alterando suas características, como aroma e sabor. De acordo com a portaria n° 377, de 26 de abril de 1999 estabelecida pela Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), o café torrado e moído tem como limite máximo permitido de 5,0 % de teor de água (KANEKO, 2015).

3.1.1 Compostos fenólicos

Os compostos fenólicos são conhecidos por suas características antioxidantes *in vitro*; dentre os quais figuram os ácidos clorogênicos (ACG), considerados os mais importantes e em maior quantidade no café. Durante o processo de torrefação, esses compostos fenólicos são intensamente degradados, originando pigmentos e componentes voláteis do aroma, como fenol e vinilguaiacol (MONTEIRO; TRUGO, 2005).

De acordo com Pinto (2002) apud Rodrigues (2012), a quantidade de compostos fenólicos presentes no café está inversamente relacionada ao grau de maturação, ou seja, frutos mais maduros apresentam baixos índices destes compostos, resultando, conseqüentemente, em bebidas menos adstringentes e de melhor qualidade

3.1.2 Acidez

A acidez da bebida do café é uma característica utilizada para avaliar a qualidade. De acordo com Carvalho *et al.* (1994) apud Pádua; Pereira; Fernandes (2001) há um crescente aumento da acidez com a diminuição da qualidade do café e vice-versa, em uma relação inversa entre acidez e qualidade. Fernandes *et al.* (2001) apud Rodrigues (2012) mencionam como ideal o pH entre 4,95 e 5,20 tornando a bebida palatável sem excesso de amargor ou acidez.

O café possui cerca de 30 ácidos, alguns deles com propriedades benéficas para a saúde e para a pele (como o ácido clorogênico). Esses ácidos são frágeis portanto, quanto maior a temperatura da torra, menor a quantidade de ácidos. Ou seja:

cafés de torra clara tendem a ser mais ácidos, os de torra média têm níveis de acidez mais equilibrados e os de torra escura, mais encorpados, são menos ácidos. Os ácidos clorogênicos são quebrados em ácido quínico, (responsável pela amargura, adstringência e acidez) e ácido cafeico. Os ácidos orgânicos podem ser cítricos, málicos, acéticos e tartáricos, considerados agradáveis ao paladar. O processo de pós-colheita tem influência forte sobre os níveis de acidez do café. Os processamentos por via seca (em que os frutos são encaminhados diretamente para a secagem após separação hidráulica), por exemplo, aumentam naturalmente o corpo, a doçura e o aroma do café, mas mascaram a acidez na bebida. Dessa forma, essa nota é menos tonificada, sutil, indo de moderada a baixa. O processamento por via úmida, por sua vez, consiste no despulpamento, fermentação e remoção da mucilagem. Somente em seguida os grãos são destinados à secagem, resultando em bebida de maior acidez e aroma e corpo menos marcantes (u.COFFEE, 2018).

3.1.3 Açúcares

Os açúcares estão diretamente ligados à qualidade do café, contribuindo com o seu sabor adocicado, uma das características mais desejáveis no café. Ainda se discute sobre o tipo e a concentração de açúcares nos grãos, e também de como essa concentração exerceria maior influência nos atributos de qualidade da bebida, tais como: sabor, amargor, cor, acidez e aroma. De fato, existe uma relação positiva entre a qualidade do café e a quantidade de açúcares redutores e não redutores, ao passo que maiores concentrações de açúcares no grão cru permitem um aumento desses componentes nas reações do processo de torrefação (SANTOS *et al.*, 2018).

De acordo com Santos *et al.* (2018), substâncias voláteis, principalmente furanos, são formadas com a combinação de açúcares e proteínas, responsáveis, em grande parte, pelo aroma do café (PUERTA, 2011; ARRUDA *et al.*, 2012). Com relação aos açúcares livres dominantes nos grãos de café, esses são basicamente frutose, glicose e sacarose; porém, também podem ser encontrados traços de outros açúcares, como estaquiose, rafinose, arabinose, manose e galactose (ILLY; VIANI, 1998). A sacarose é o açúcar de baixa massa molar de maior abundância no café, e seu teor pode variar de 3 a 7%, e de 6 a 9% em base seca, principalmente em grãos

das espécies robusta e arábica, respectivamente (PUERTA, 2011, apud SANTOS *et al.*, 2018).

3.1.4 Sólidos solúveis

Segundo Kaneko (2015), uma maior quantidade de sólidos solúveis é desejada, acima de 25%, tanto pelo ponto de vista do rendimento industrial, quanto por sua contribuição para assegurar o corpo da bebida. A associação desses compostos não voláteis com a formação do corpo da bebida é considerada como sendo de suma importância na qualidade.

Desta forma, torna-se mais viável utilizar cultivares com maior quantidade de sólidos solúveis, propiciando obter bebida de boa qualidade. Existe uma variação no teor de sólidos solúveis entre diferentes espécies e cultivares. A espécie Robusta apresenta valores entre 26,07% e 30,6%, ao passo que para a espécie Arábica os valores se situam entre 23,85% e 27,31% (MORAES *et al.*, 1973, apud KANEKO, 2015).

3.1.5 Fibra alimentar

A Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) define fibra alimentar como qualquer material comestível que não seja hidrolisado pelas enzimas endógenas do trato digestivo humano (BRASIL, 2003).

Para a *American Association of Cereal Chemists* (AACC, 2001), fibra alimentar corresponde às partes comestíveis de plantas ou carboidratos que resistem à digestão e absorção no intestino delgado humano, com fermentação completa ou parcial no intestino grosso com efeitos fisiológicos benéficos. Os constituintes das fibras alimentares podem ser polissacarídeos não amiláceos e oligossacarídeos (celulose, hemicelulose, poli frutoses, gomas e mucilagens, e pectinas), carboidratos análogos (amidos resistentes e maltodextrinas, componentes obtidos por síntese química ou enzimática), ligninas, substâncias associadas com polissacarídeos não-amiláceos (ceras, suberina) e fibras de origem animal (quitina, quitosana, colágeno e condroitina) (TUNGLAND; MEYER, 2002, apud BASÍLIO, 2018).

3.1.6 Enzimas proteolíticas e amilolíticas

Segundo Abreu (2008), em meio a todos os componentes responsáveis pela qualidade da bebida, as proteases têm se mostrado de grande relevância, promovendo a quebra de determinadas proteínas e liberando aminoácidos na realocação e formação de novas proteínas relacionadas ao aroma e sabor (LUDWIG *et al.*, 2000). McCarthy *et al.* (2007), em uma patente publicada nos Estados Unidos, defendem que se existem variações nos níveis de degradação de peptídeos e proteínas entre grãos de café com diferentes qualidades, muito provavelmente, estas podem ser causadas pela diferença nas atividades de proteases endógenas nos diferentes grãos.

Ainda de acordo com Abreu (2008), estudos anteriores mostraram uma relação negativa entre a atividade de proteases e qualidade da bebida em cafés cultivados em regiões de clima quente, que apresentam bebida de qualidade inferior e clima mais ameno (SILVA *et al.*, 2005). No entanto, essas mesmas enzimas podem ser as responsáveis pelo alto teor de aminoácidos normalmente detectado em 18 grãos de café que passaram por processamento úmido, apresentando qualidade da bebida superior à apresentada pelos grãos processados pelo método seco (SELMAR *et al.*, 2001). Acredita-se que esta diferença de qualidade encontrada em plantas de diferentes regiões esteja diretamente ligada, entre outros fatores, à temperatura, que pode influenciar os níveis de expressão de proteases e modificar o padrão de proteínas encontrado nos frutos (SILVA *et al.*, 2005, apud ABREU, 2008).

3.2 Classificação e normas dos cafés comerciais

Os cafés brasileiros convencionais torrados e moídos são classificados conforme a proporção de grãos arábica e conilon no *blend* ou mistura. A Associação Brasileira das Indústrias de Café (ABIC) atende à Norma da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo (SAA/SP) para classificação de café torrado e moído Tradicional, sem restrição de proporção no *blend*; Superior ou *Premium*, que pode conter no máximo 15% de conilon e o *Gourmet*, 100% arábica. Os cafés Superior

ou *Premium* e *Gourmet* são considerados especiais (SÃO PAULO, 2007a; 2007b; 2010). O consumo da bebida de café vem aumentando no Brasil, principalmente dos cafés especiais (ABIC, 2011 apud CONTI *et al.*, 2013). Com a introdução e consolidação mundial do conceito de café exótico (café extravagante, fora do comum e singular) já são encontrados no mercado brasileiro os cafés exóticos Civeta (ou KopiLuwak) e Jacu (ou Jacu *Bird Coffee*), dentre outros menos difundidos.

A composição química do café em grão depende de fatores ambientais, genéticos, e condições de manejo pré e pós-colheita, sendo a torração uma etapa essencial para a produção de compostos que conferem as características sensoriais do café. Os açúcares e as proteínas do grão são os principais componentes que contribuem para estas características de sabor e aroma do café torrado (CARVALHO *et al.*, 1994, apud JUNIOR *et al.*, 2015).

O café Civeta é proveniente da Indonésia das ilhas Java, Sumatra e Sulawesi. A produção é muito escassa devido ao método, o qual proporciona um aroma único (MARCONE, 2004 apud CONTI *et al.*, 2011). O “processamento” dos grãos é realizado no aparelho digestivo do mamífero civeta (*Paradoxurus hermaphroditus*), que utiliza a visão e olfato durante o período noturno para selecionar apenas os frutos vermelhos e maduros para o consumo. Os grãos, após serem defecados pelo mamífero, são separados das fezes e beneficiados. O Brasil também possui um café exótico, chamado de “Jacu *Bird Coffee*”, da espécie arábica e proveniente do Estado do Espírito Santo, comercializado pela fazenda Camocim, onde há apenas produção de café orgânico certificado pelo Instituto Biodinâmico (IBD) Certificações. Neste caso, os frutos são consumidos pela ave jacu (*Penelope superciliaris*). Entre os dois cafés exóticos pode-se citar mais uma diferença, o café Jacu comercializado contendo apenas grãos de café arábica orgânico, já o café Civeta pode conter grãos arábica e/ou conilon, não orgânicos.

Segundo Conti *et al.* (2013), Marccone (2004) comparou cafés exóticos Civeta (provenientes da Indonésia e da Etiópia) da espécie *Canephora*, variedade robusta, com o controle (grãos da mesma variedade, não exóticos). Os grãos crus dos cafés Civeta mostraram-se mais duros, brilhantes, vermelhos, escuros e apresentavam a superfície com micro poros causados pela ação do suco gástrico e das enzimas digestivas. A eletroforese indicou substancial quebra das proteínas de reserva nos grãos exóticos. Os vários tipos de subunidades foram mais susceptíveis à proteólise

e também formaram diversos produtos de reação de Maillard, gerando perfis de aroma e sabor diferentes nas bebidas confirmados pela análise com nariz eletrônico.

3.3 Graus de torra

De modo geral, quanto mais escura a torra, menos ácido será o café, e quanto mais leve for a torrefação, menos aroma a bebida apresentará. Na torra escura, o café também fica menos encorpado. Nos aspectos de corpo e aroma, o ideal equilibrado fica entre uma torra média e média-escura, mas sem dúvida alguma a qualidade do café selecionado vai ter influência para além do processo de torrefação que vier a sofrer (CLUBE CAFÉ, 2014).

A torra clara acentua a acidez e o aroma do café pela preservação dos óleos aromáticos da planta, deixando sua fragrância mais suave, mas em compensação desenvolve seu corpo e diminui o amargor da bebida. A temperatura padrão para torrar os grãos varia de 180 a 240 °C e, no caso da torra média, o tempo mínimo é de sete minutos para se atingir uma cor ligeiramente amarronzada ou bege. Muito apreciada pelos norte-americanos, sendo ótima para o uso em máquinas de café expresso. Este tipo de torra também é conhecido pelas designações de “New England”, “Half-city” ou “Cinnamon”, devido à cor semelhante à da casca da canela. Na torra média, chega-se ao balanceamento entre as quatro principais características do café, que são corpo, acidez, aroma e amargor. A torrefação regular acentua o corpo da bebida, deixando-a com um sabor um pouco mais rústico e aveludado. O processo pode demorar de nove a onze minutos. É ideal para ser utilizada em coador de pano ou filtro de papel. Já, na torra escura, um tempo de torrefação de doze a treze minutos, a bebida resultante é menos ácida e levemente mais amarga. O cuidado neste caso é para não exagerar a ponto de “queimar” de vez os grãos, acentuando-se demais o amargor e praticamente eliminando a acidez e o corpo da bebida. O sabor da bebida fica mais robusto, pois é feita de grãos que apresentam um pouco de óleo na superfície. Também é conhecida como “Espanha”, “Cuba” ou “French-roasted”. Quando os grãos são torrados por mais ou menos quinze minutos, a cor fica realmente muito escura e dá origem a um café bem forte, aromático e saboroso, porque são voláteis e seus açúcares naturais tornam-se caramelizados (CLUBE CAFÉ, 2014).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material

Colheu-se cerca de 3,28 quilogramas de grãos de café (*Coffea arabica L.*) maduros, de coloração avermelhada, em Lácio, município do interior do estado de São Paulo, separadas em três lotes e conservadas durante o período de análise em temperatura ambiente.

Adquiriu-se também dois pacotes de 250 gramas de café torrado e moído, sendo um considerado de qualidade superior (Café *Gourmet*) e outro de qualidade inferior (Café Tradicional).

Utilizou-se para os testes as enzimas Alcalase 2.4 L FG, uma protease; a AMG 300 L, uma exo-1,4-alfa-D-glucosidase (glucoamilase); a Termamyl SC, uma alfa-amilase termoestável, gentilmente cedidas por uma distribuidora da empresa Novozymes.

4.2 Métodos

4.2.1 Preparo das amostras do café até a secagem dos frutos

Ao primeiro lote de grãos, denominado neste trabalho de enzimático (ENZ), com 980,4 gramas; adicionou-se 1 L da solução tampão fosfato de pH 6, retirou-se 25 mL deste volume e adicionou-se o mesmo volume da enzima Termamyl. Levou-se a suspensão em estufa a 40° C por três dias; após isso, o pH foi corrigido de 4,2 para 7,43 com NaOH 0,1 M e adicionou-se 25 mL da enzima Alcalase, permanecendo em estufa, novamente, a 40° C por um dia. Em seguida a solução apresentou pH 4,05, quando se adicionou 25 mL da enzima Amiloglucosidase, em estufa, mais uma vez, a 40° C por um dia e ao final deste procedimento realizou a secagem a 40° C por três dias. Mediu-se o pH dos frutos e após peneiramento, pesou-se o material. Secou-se o segundo lote, sem tratamento térmico ou fermentativo, sendo denominado de controle (CTRL) com 1000,1 gramas; em estufa a 40 °C por um dia. Ao terceiro lote de café previamente fermentado durante o transporte entre a cidade de origem (Lácio/SP) e a cidade de destino (Francisco Beltrão/PR), nomeado de FERM, com 1302 gramas, adicionou-se dois litros de água e duzentos gramas de sal, mediu-se o

pH da solução salobra (100 g/L) em temperatura ambiente, permanecendo em repouso por uma semana. Em seguida, o material foi filtrado em peneira e desidratado em estufa a 40°C por três dias, quando foi pesado.

O rendimento (%) foi determinado de acordo com a equação 1.

$$R (\%) = w_{di} * 100 / w_{ai} \quad (1)$$

Em que:

W_{di} = massa (gramas) após a secagem do respectivo lote;

W_{ai} = massa (gramas) antes da secagem do respectivo lote.

4.2.2 Torrefação do café

Antes da torrefação, foram separadas as cascas/polpas (exocarpo e mesocarpo) das sementes (endocarpo e endosperma) do café. Amostras das frações foram reservadas para as análises. Procedeu-se com a torrefação com a outra parte da amostra, utilizando um tambor rotativo cilíndrico (torrefador de café), madeira e papelão como combustível da fogueira, que foi construída de maneira improvisada com tijolos na UTFPR, *campus* Francisco Beltrão, conforme Figura 1.

Figura 1 – Foto da torrefação das sementes de cada lote do café colhido



Fonte: Autoria Própria (2021)

4.2.3 Preparo das bebidas

Todos os lotes de café foram submetidos à torrefação e moagem. Prepararam-se as bebidas, em iguais condições de temperatura da água para infusão e tipo de método para filtração, de acordo com a recomendação em embalagem dos cafés comerciais: 40 gramas de café para cada 500 mL de água potável a 85 °C em cafeteira elétrica.

Produziram-se as bebidas de cinco diferentes pós de café: dois comerciais e três produzidos em laboratório, com e sem aplicação das enzimas e outro submetido à fermentação natural. Imediatamente após a produção da bebida, foram realizadas as análises físico-químicas comparativas nas amostras.

4.2.4 Análises físico-químicas

As análises físico-químicas do café em grãos antes da torrefação, após torrefação e da bebida foram realizadas conforme o manual de Métodos Físico-químicos para análises de alimentos do Instituto Adolfo Lutz (2008), em triplicata, determinando: pH, acidez total titulável, teor de cinzas, teor de umidade e sólidos solúveis.

Em todos os lotes da amostra mediu-se o pH em equipamento devidamente calibrado das soluções antes de cada secagem e nas bebidas. Também para todos os lotes da amostra realizou-se a análise de acidez nos grãos verdes, antes da torrefação e nas bebidas. Para isso, diluíram-se as amostras de café em água (1:20 g/mL) para os três lotes.

Quanto a análise de acidez nas bebidas, diluíram-se as amostras das bebidas em água, sendo 1:10 g/mL para o café ENZ e FER, 1:50 g/mL para o CTRL e 1:100 g/mL para os cafés comerciais Tradicional e *Gourmet*. Usou-se o indicador fenolftaleína e titulado hidróxido de sódio 0,01 M até mudar a coloração. A acidez (mL/100 g) foi calculada segundo equação 2.

$$\text{Acidez (mL/100 g)} = V \cdot f \cdot M \cdot 100/A \quad (2)$$

Em que:

V = Volume gasto de hidróxido de sódio (mL)

F = fator de correção de hidróxido de sódio

M = molaridade da solução de hidróxido de sódio

A = massa da amostra (g)

Analisou-se o teor de cinzas por incineração em mufla a 500 °C nas cascas do café e nos grãos verdes, antes da torrefação; para todos os lotes.

Pesou-se uma parcela de cada amostra em cadinhos previamente aquecidos e resfriados em dessecador até temperatura ambiente e pesados. Carbonizaram-se as amostras em temperatura baixa e incineradas em mufla a 550 °C, até eliminação completa do carvão. As amostras foram resfriadas em dessecador até temperatura ambiente e pesadas.

Para a determinação do teor de umidade, realizadas no café após cada etapa de secagem, nas cascas e nos grãos triturados verdes, em todos os lotes, levaram-se os cadinhos a estufa, sendo resfriados em dessecador até temperatura ambiente, pesados e acrescidos de parte da amostra, permanecendo em estufa de 105 °C até massa constante.

A análise de sólidos solúveis procedeu-se por meio de refratômetro, devidamente calibrado, para as bebidas de todos os lotes.

Determinou-se o teor de fibra solúvel e fibra insolúvel de acordo com o método descrito por AOAC (2000), utilizando as enzimas alfa-amilase, alcalase e protease. Analisaram-se as fibras do café antes da torrefação e de suas cascas, separadamente, em todos os lotes.

Quantificaram-se os compostos fenólicos totais das bebidas de todas as amostras de café utilizando o método de Folin-Ciocalteu (TOOR; SAVAGE, 2005), com adaptações e em triplicata.

Diluiu-se cada amostra de café em água Mili Q, sendo 1:10 g/mL para o ENZ e FERM, 1:25 g/mL para CTRL, 1:50 g/mL para o café comercial *Gourmet* e 1:100 g/mL para o café comercial Tradicional. Após, foram adicionados 0,8 mL da diluição especificada para o Café A e 0,2 mL de água Mili Q em tubos de ensaio para o Café B e 1 mL da diluição especificada anteriormente para as demais amostras, que foram misturados com 0,5 mL de reagente Folin-Ciocalteu puro e 7,5 mL de Mili Q, sendo agitado no vórtex. Depois de 3 minutos, foi adicionado 1,0 mL de solução de carbonato de sódio saturado a 20%. As amostras permaneceram em repouso por 60 minutos em

temperatura ambiente e a absorvância foi medida no comprimento de onda de 765 nm usando um espectrofotômetro UV-Vis. Realizou-se a análise de cor em colorímetro Hunterlab, de acordo com a escala L^* a^* b^* ou CIELAB, recomendada pela Commission Internationale de L'Eclairage (CIE). O sistema tri-axial ("tristimulus") de cores fornece três eixos com as coordenadas L^* , a^* e b^* para determinar a coloração. No eixo x a coordenada a^* varia do vermelho (+ a^*) ao verde (- a^*); no eixo y, a coordenada b^* do amarelo (+ b^*) ao azul (- b^*) e o eixo z corresponde às cores que vão do branco (+ L^*) ao preto (- L^*).

A granulometria está diretamente ligada ao perfil de extração sólido-líquido, pois o tamanho do raio do grânulo influencia a difusividade efetiva do líquido pelo interior do sólido. O método utilizado no presente estudo está descrito por American Society of Agricultural and Biological Engineers (2007). As análises foram realizadas com cinco vibrações, de quinze minutos para cada amostra. As peneiras utilizadas para a análise foram de 2; 1; 0,71; 0,5; 0,355 e 0,25 mm de abertura. As equações utilizadas (3 e 4) para o cálculo do diâmetro médio do grânulo estão descritas a seguir.

$$d_{mg} = 10^{[(\sum_{i=1}^n) n(w_i \cdot \log(\text{dim})) / (\sum_{i=1}^n) n(w_i)]} \quad (3)$$

Em que:

$$\text{dim} = (d_i \cdot d_{i+1})^{0,5} \quad (4)$$

Dim = abertura média da peneira (mm)

D_i = abertura da peneira (mm)

W_i = massa da amostra retida na peneira (g)

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O alto teor de umidade é um fator que influencia na qualidade do café, pois facilita a atividade de micro-organismos e enzimas, afetando a preservação do produto e alterando suas características, como aroma e sabor (KANEKO, 2015). O teor de umidade dos grãos verdes encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1 – Análises nos grãos verdes de café

Amostra	Cinzas nos grãos verdes (%)	Fibras nos grãos verdes frescos (%)	Fibras nos grãos verdes triturados (%)	Umidade nos grãos verdes (%)	Umidade nos grãos verdes triturados (%)
ENZ	3,72 ± 0,16	9,0 ± 0,5	71,7 ± 5,1	28,72 ± 0,40	86,55 ± 0,23
CTRL	3,81 ± 0,08	8,4 ± 0,6	73,3 ± 5,4	31,99 ± 0,52	89,31 ± 0,05
FERM	4,57 ± 0,08	7,9 ± 1,2	69,1 ± 2,5	29,05 ± 1,78	86,27 ± 0,05

Nota: ENZ=com tratamento enzimático; CTRL- sem tratamento enzimático; FERM- fermentado

Fonte: Autoria Própria (2022)

Os teores de fibras totais nos grãos verdes variaram de 7,9 a 9%; nos grãos verdes triturados, esta variação foi de 69,1 a 73,3% e nas cascas (Tabela 2), de 26 a 45,4%. ADANS e DOUGAN (1985) citam valores de 35 a 44% de fibra para a borra de café integral, enquanto RAVINDRANATH *et al.* (1972), analisando borras resultantes da extração de café solúvel a partir da variedade robusta e arábica, encontraram teores de 19,7 a 22,1%.

Tabela 2 – Análises nas cascas do café

Amostra	Acidez nas cascas (mL/ 100 g)	Cinzas nas cascas (%)	Fibras nas cascas (%)	Umidade nas cascas (%)
ENZ	87,50 ± 1,30	8,19 ± 0,71	45,4 ± 3,3	85,35 ± 0,03
CTRL	46,30 ± 1,30	5,52 ± 0,98	27,9 ± 0,4	87,20 ± 0,10
FERM	27,50 ± 1,20	20,86 ± 1,03	26,0 ± 9,1	75,33 ± 1,08

Nota: ENZ=com tratamento enzimático; CTRL- sem tratamento enzimático; FERM- fermentado

Fonte: Autoria Própria (2022)

Os grãos de café do lote ENZ ficaram majoritariamente (45,42%) retidos na peneira de 1 mm, assim como do FERM (34,13%). Para o café do lote CTRL, os grãos ficaram retidos majoritariamente (29,35%) na peneira de 0,355 mm. O café comercial A apresentou a maior parte (45,78%) de seus grãos retidos na peneira de 0,5 mm e o café comercial B apresentou a maior parte (39,1%) de seus grãos retidos na peneira de 0,71 mm. Os grãos de café ficaram grudados nas peneiras durante a troca de material para a análise, o que pode ser explicado pelo seu alto teor de umidade, visto que ficaram expostos ao ar ambiente antes da análise. O resultado de retenção em cada peneira referente à análise de granulometria está descrito na Tabela 3.

Tabela 3 – Análise de granulometria nos grãos de café torrados e moídos

	ENZ	CTRL	FERM		Comercial Tradicional	Comercial Gourmet
Abertura da peneira (mm)	%	%	%	Abertura da peneira (mm)	%	%
2,000	11,99%	1,19%	5,26%	1,000	2,40%	4,26%
1,000	45,42%	27,34%	34,13%	0,710	5,09%	20,96%
0,710	17,92%	18,84%	22,53%	0,500	38,93%	39,10%
0,500	9,30%	18,47%	13,53%	0,355	45,78%	31,70%
0,355	6,15%	29,35%	8,65%	0,250	4,12%	1,81%
Panela	9,23%	4,81%	15,91%	Panela	3,68%	2,17%
Total	100,00%	100,00%	100,00%	Total	100,00%	100,00%
	%	%	%			

Nota: ENZ=com tratamento enzimático; CTRL- sem tratamento enzimático; FERM- fermentado

Fonte: Autoria Própria (2022)

O diâmetro médio dos grânulos dos cafés comerciais varia levemente em torno de 0,7 mm. Para os cafés ENZ, CTRL E FERM, a variação do diâmetro médio dos grânulos foi de 0,75 a 1,03 mm, sendo que o ENZ e FERM apresentaram 1,03 e 0,94 mm, respectivamente, ou seja, valores bem próximos. Nota-se estas relações de diâmetro entre os grãos analisados na Tabela 4.

Tabela 4 – Diâmetro médio dos grânulos de café torrados e moídos

Amostra	dmg (mm)
ENZ	1,03
CTRL	0,75
FERM	0,94
Comercial Tradicional	0,52
Comercial <i>Gourmet</i>	0,59

Nota: ENZ=com tratamento enzimático; CTRL- sem tratamento enzimático; FERM- fermentado

Fonte: Aatoria Própria (2022)

As bebidas analisadas apresentaram pH especificado conforme tabela abaixo. O pH da bebida variou de 5 (*B*) a 6,75 (CTRL). Moura *et al.* (2007^a) observaram em grãos torrados de café da espécie arábica que quanto maior o grau de torra, maior era o pH. Em estudo posterior, Moura *et al.* (2007b) relataram que quanto maior o percentual de conilon no *blend*, maior o pH. Observa-se esta relação na Tabela 5.

Tabela 5 – Temperatura e pH das bebidas e do café em solução

Amostra	pH da bebida	pH do café em solução, antes da secagem
ENZ	5,97 ± 0,3	3,98 ± 0,2
CTRL	6,75 ± 0,2	4,20 ± 0,4
FERM	5,75 ± 0,1	3,91 ± 0,1
Comercial Tradicional	5,97 ± 0,2	
Comercial <i>Gourmet</i>	5,00 ± 0,4	

Nota: ENZ=com tratamento enzimático; CTRL- sem tratamento enzimático; FERM- fermentado

Fonte: Aatoria Própria (2022)

A acidez total titulável na bebida (Tabela 6) dos diferentes lotes variou de 7,3 (mL/g) (CTRL) a 75 (mL/g) (ENZ), sendo que os resultados das análises do lote controle após torrefação podem diferir de estudos previamente realizados por ser uma amostra que passou do grau de torrefação. Dados da literatura indicam que o aumento do percentual do café conilon no *blend* tende a diminuir a acidez do café (CLARKE, 1986; MENDES, 1999; MOURA *et al.*, 2007b). A acidez nas cascas varia de 87,5 (mL/g) (ENZ) a 27,5 (mL/g) (FERM), e mostrou-se mais elevada comparada à bebida.

A variação de sólidos solúveis totais nas bebidas foi de aproximadamente 0,25 °brix (FERM) a 2,08 °brix (café comercial A). Os valores de grau brix indicam a quantidade de sólidos solúveis, principalmente açúcares, presentes na polpa do fruto. Alves (2009), observou relação entre valores de grau brix e qualidade de bebida, sendo que os cafés com notas superiores a 80 pontos, apresentaram valores de °brix maiores que 20.

Quanto maior o percentual de conilon no *blend*, maior era o teor de sólidos solúveis, conforme verificado por Moura *et al.* (2007a), relação que pode ser observada ao comparar o café comercial A e o B, pois como citado anteriormente, o café A possui um *blend* de conilon e arábica.

Observa-se a análise de compostos fenólicos em µg/ 100 mg, sólidos solúveis em °brix e acidez em mL/100 g na Tabela 6.

Tabela 6 – Análises nas bebidas

Amostra	Acidez na bebida (mL/ 100 g)	Sólidos Solúveis (°brix)	Compostos Fenólicos (µg/ 100 mg)
ENZ	75,00 ± 0,00	0,33 ± 0,14	456,44 ± 0,10
CTRL	7,30 ± 1,80	0,42 ± 0,29	898,67 ± 0,90
FERM	64,60 ± 1,80	0,25 ± 0,00	707,20 ± 0,19
Comercial Tradicional	42,70 ± 3,60	2,08 ± 0,29	6879,73 ± 0,47
Comercial <i>Gourmet</i>	46,70 ± 0,40	1,33 ± 0,14	2513,26 ± 0,43

Nota: ENZ=com tratamento enzimático; CTRL- sem tratamento enzimático; FERM- fermentado

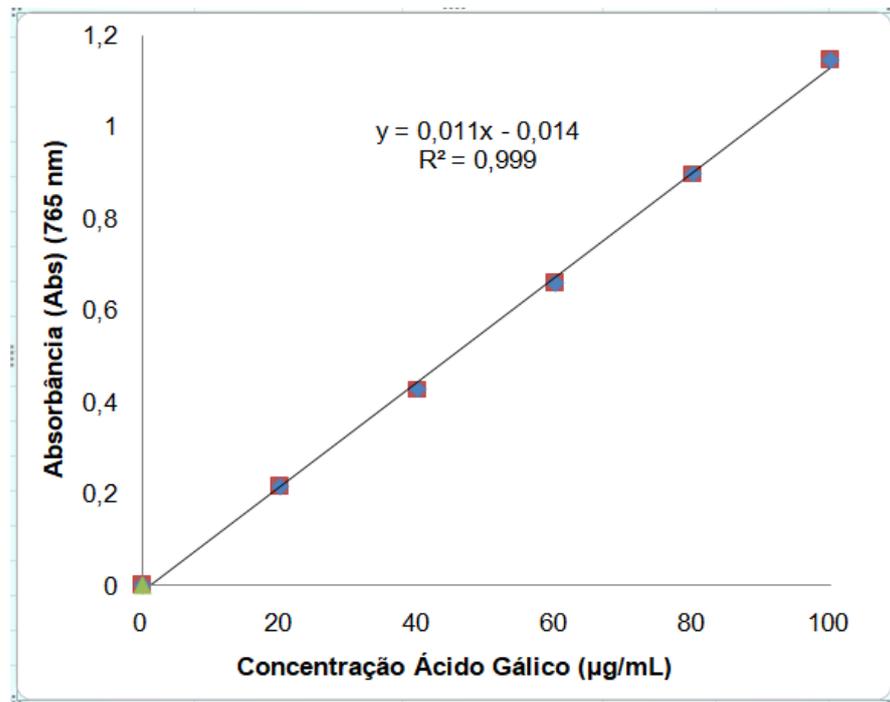
Fonte: Autoria Própria (2022)

O maior teor de compostos fenólicos foi observado no café Tradicional, com 68,8 µg/100 mg e o menor, no café ENZ, com 4,56 µg/100 mg. Durante a torra, os compostos fenólicos são intensamente degradados, originando pigmentos e componentes voláteis, com reduções em torno de 60% para os cafés arábica e conilon (TRUGO, MOREIRA e DE MARIA, 2000; MENEZES, 1994). Pereira (1997) verificou aumento no teor de compostos fenólicos em grãos com maior presença de defeitos, sendo o mesmo comportamento observado por Carvalho *et al.* (1970) e Pimenta, Costa e Resende Chagas (2000).

Para expressar os resultados de compostos fenólicos, utilizou-se a curva padrão de ácido gálico apresentada na Figura 2, com os valores de concentração

equivalentes a 0, 20, 40, 60, 80 e 100 $\mu\text{g mL}^{-1}$. A equação da reta encontrada foi “ $y = 0,011x - 0,014$ ” e os resultados foram expressos em miligramas equivalentes de ácido gálico por 100 g de amostra ($\text{mg AG } 100 \text{ g}^{-1}$), conforme figura 2.

Figura 2 – Curva padrão de ácido gálico para a concentração de compostos fenólicos totais do café



Fonte: Autoria Própria (2022)

Os parâmetros de cor medidos foram: L = luminosidade (0 = preto e 100 = branco); a (-80 até 0 = verde, do zero ao +100 = vermelho); b (-100 até zero = azul; do zero ao +70 = amarelo).

O parâmetro de cor L* situou-se na faixa de 29 (CTRL) a 42,9 (FERM) (Tabela 7).

Tabela 7 – Análise de cor nas bebidas

Amostra	L	a	b
ENZ	38,9 ± 0,6	11,5 ± 0,0	14,4 ± 0,4
CTRL	29,0 ± 0,2	5,1 ± 0,1	-1,0 ± 0,0
FERM	42,9 ± 0,4	11,5 ± 0,2	16,2 ± 0,6
Comercial <i>Gourmet</i>	30,6 ± 0,6	7,5 ± 0,5	2,5 ± 0,4
Comercial Tradicional	31,3 ± 0,2	8,7 ± 0,0	4,5 ± 0,2

Nota: ENZ=com tratamento enzimático; CTRL- sem tratamento enzimático; FERM- fermentado

Fonte: Autoria Própria (2022)

O grau de torra das amostras foi avaliado por meio da medida da cor no sistema CIELAB.

De acordo com Conti *et al.* (2013), é possível correlacionar o valor L^* com o grau de torra dos grãos de café, sendo que quanto menor o valor, maior é o grau de torra. Martins (2008) observou valores de 27,97 para a torra clara, de 18,97 para a média e 12,74 para a escura em grãos arábica, bem como valores de 28,84 para a torra clara, de 18,67 para a média e de 14,53 para a escura em grãos conilon. Campanha, Dias e Benassi (2010) e Dias (2005) indicaram faixas características de valores de L^* para diferentes graus de torra, entre 28 e 40 para a torra clara e para as torras média e escura as faixas de 16 a 30 e 13 a 21, respectivamente, avaliando cafés arábica e conilon puros. Os resultados expressos na tabela estão coerentes com a literatura, exceto pela amostra do lote CTRL, que foi torrada demasiadamente neste estudo, correspondendo ao grau de torra escura.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho demonstrou que é possível alterar as propriedades físico-químicas do café com o uso de enzimas amilolíticas e proteolíticas a fim de mimetizar a ação de outras enzimas do sistema digestivo de animais onívoros, citados anteriormente, na produção de café exótico. Parâmetros como pH, acidez, sólidos solúveis, compostos fenólicos e cor foram entre diferentes amostras e tratamentos, permitindo observar que os cafés submetidos ao tratamento enzimático e à fermentação apresentaram características diferenciadas daquelas dos cafés comerciais.

Uma sugestão para trabalhos futuros seria analisar estas propriedades nas bebidas de café submetidas a um tratamento enzimático similar, mas com diferentes períodos (e mais curtos) de ação enzimática.

REFERÊNCIAS

- ABREU, H. M. C. **Proteases e qualidade da bebida de cafés cultivados em regiões climatologicamente diferentes**. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2008.
- ADANS, M. R. & DOUGAN, Waste Products In: CLARKE, R. J. & MACRAE, R. Coffee: Technology, v.2, **Elsevier Applied Science**, London, p. 282-291, 1985.
- ALMEIDA, D. L.; DOS SANTOS, C. S.; NUNES, P. S. O.; PAVAN, J. P.S.; SANTOS, L. G. A.; ALVES, M.C.; PEREIRA, V.P., CARVALHO, W. S.; SILVA, V. A.; CARVALHO, S. P. **Teor de grau Brix em progênies de cafeeiros de grãos graúdos “Big Coffee VL”**. 2018.
- ALVES, R. C.; CASA, S.; OLIVEIRA, B. Benefícios do café na saúde: mito ou realidade?. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 32 n. 8, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422009000800031>. Acesso em: 21 set. 2020.
- AOAC. Official methods of analysis of the AOAC International. **AOAC**, 16th ed. Gaithersburg: 2000.
- ASABE. 2007. Method of determining and expressing particle size of chopped forage materials by screening. **ANSI/ASAE S424.1:663–665**.
- BASÍLIO, E. P. **Caracterização da película prateada de café arábica, aplicação em bolo de chocolate e seus efeitos no teor de fibra alimentar, atividade antioxidante e atributos sensoriais**. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) - Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2018.
- BRASIL. **Resolução RDC Nº 277, de 22 de setembro de 2005**: Regulamento técnico para café, cevada, chá, erva-mate e produtos solúveis. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), [S.I.], 2005. Disponível em: http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/anvisa/2005/rdc0277_22_09_2005.html. Acesso em: 21 set. 2020.
- BRASIL. **Resolução RDC Nº 54 de 12 de novembro de 2012**: Regulamento Técnico sobre Informação Nutricional Complementar. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), [Brasília], 2003.
- CAFEICULTURA. O Café mais raro e caro do Mundo – *Kopi Luwak* - custa US\$ 600.00 por meio kilo. **Cafeicultura**, [S.I.], jul. 2007. Disponível em: <https://revistacafeicultura.com.br/index.php?mat=11449>. Acesso em: 13 ago. 2020.
- CAMPANHA, F.G.; DIAS, R.C.E.; BENASSI, M.T. Discriminação de espécie de café por caveol e cafestol: influência da torra e dos defeitos. **Coffee Science**, Lavras, v.5, n.1, p.87–96, 2010.

CARVALHO, A.; GARRUTTI, R. S.; PUPO, L. M.; MONACO, L. C. Ocorrência dos principais defeitos do café em várias fases de maturação dos frutos. **Bragantina Boletim Científico do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo**, Campinas, v. 29, n.20, p.207-220, 1970.

CLARKE, R.J. The flavor of coffee. In: MORTON, I.D.; MACLEOD, A.J. **Food flavors**. Part B: the flavours of beverages. Amsterdam: Elsevier Science Publ., 1986.

CLUBE CAFÉ. **Conheça os diferentes tipos de torra do grão de café**. [S.l.], 2014. Disponível em: <<http://blog.clubecafe.net.br/tipos-de-torra-do-grao-de-cafe/#:~:text=De%20modo%20geral%2C%20quanto%20mais,caf%C3%A9%20tamb%C3%A9m%20fica%20menos%20encorpado>>. Acesso em: 03 abr. 2022.

CONTI, M. C. M. D.; KITZBERGER, C. S. G.; SCHOLZ, M. B. S.; PRUDENCIO, S. H. Características físicas e químicas de cafés torrados e moídos exóticos e convencionais. **B. CEPPA**, Curitiba, v. 31, n. 1, p. 161-172, 2013.

CONTI, M. C. M. D.; PRUDENCIO, S. H. Avaliações física, química e sensorial de cafés torrados e moídos, de diferentes categorias e marcas comerciais. **VII Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**, Araxá, MG, 2011.

DIAS, R.C.E. **Discriminação de espécies de café (*Coffea arabica* e *Coffea canephora*) em diferentes graus de torra**. 2005. 106 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos), Universidade Estadual de Londrina. Disponível em: <<http://bibliotecadigital.uel.br/document/?code=vtls000108937>> Acesso em: 16 de março 2011.

IAL (Instituto Adolfo Lutz). **Métodos físico-químicos para análise de alimentos**. ZENEON, O. (Coord.); PASCUET, N. S. (Coord.); TIGLEA, P (Coord.). São Paulo: Instituto Adolfo Lutz, 1020 p., 2008.

JUNIOR, L. S. S.; GELINSKI, J. M. L. N.; SOCCOL, C. R. Análise microbiológica de café em diferentes etapas de processamento obtido pela espécie animal jacu (*Penelopeochrogaster*). **IX Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**, Curitiba, PR, 2015.

KANEKO, R. S. **Efeito da procedência e embalagem nas características físico-químicas de café torrado e moído**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Tecnologia em Alimentos) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2015.

MARTINS, A.C.C.L. **Determinação de precursores da serotonina – triptofano e 5-hidroxitriptofano - em café por CLAE-par iônico**. 2008. 97 f. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2008.

MENDES, L.C. **Otimização do processo de torração do café robusta (*Coffea canephora Conillon*) para formulação de blends com café arábica (*Coffea arabica*)**. 1999. 101 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999.

MENEZES, H.C. **Variação dos monoisômeros e diisômeros do ácido cafeoilquínico com a maturação de café**. 1994. 171 f. Tese (Doutorado em Tecnologia de Alimentos), Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1994.

MONTEIRO, M. C.; TRUGO, L. C. Determinação de compostos bioativos em amostras comerciais de café torrado. **Quím. Nova**, São Paulo, v. 28, n. 4, Jul./Ago., 2005.

MORIEL, P.; MADUREIRA, H. L.; UWAGOYA, A. K. Y.; WLIAN, L.; PINCINATO, E. C. Influência do fumo na atividade da amilase salivar e na curva glicêmica. **Rev. Nutr.**, Campinas, v. 23, n. 4, 2010.

MOURA, S.C.R.; GERMER, S.P.M.; ANJOS, V.D.A.; MORI, E.E.M.; MATTOSO, L.H.C.; FIRMINO, A.; NASCIMENTO, C.J.F. Avaliações físicas, químicas e sensoriais de blends de café arábica com café *canephora* (robusta). **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v.10, n.4, p. 271 -277, out./dez. 2007a.

MOURA, S.C.R.; GERMER, S.P.M.; ANJOS, V.D.A.; MORI, E.E.M.; MATTOSO, L.H.C.; FIRMINO, A.; NASCIMENTO, C.J.F. Influência dos parâmetros de torração nas características físicas, químicas e sensoriais do café arábica puro. **Brazilian Journal of Food Technology**, Campinas, v.10, n.1, p. 17-25, jan./mar. 2007b.

OLIVEIRA, I. P.; OLIVEIRA, L. C.; MOURA, C. S. F. T. Cultura de café: histórico, classificação botânica e fases de crescimento. **Revista Faculdade Montes Belos**, v. 5, n. 4, [São Luís de Montes Belos], ago. 2012.

PÁDUA, F.R.M.; PEREIRA, R.G.F.A.; FERNANDES, S.M. Polifenóis, pH, acidez titulável total, sólidos solúveis totais, fibra bruta e resíduo mineral fixo de diferentes espécies de café arábica e conilon. **II Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**. [S.I.], 2001.

PEREIRA, R.G.F.A. **Efeito da inclusão de grãos defeituosos na composição química e qualidade do café “estritamente mole”**. 1997. 94 f. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos), Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1997.

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

RAVINDRANATH, R.; YOUSUF ALI KHAN, R.; OBY REDDY, T.; THIRUMALA RAO, S. D.; REDDY, B. R. Composition and characteristics of Indian coffee bean, spent grounds and oil. **J. Sci. Fd Agric.**, v.23, p.307-310, 1972.

RODRIGUES, Iara Ribeiro. **Composição química do café do Alto Vale do Jequitinhonha e comparação dos efeitos sub-crônicos da cafeína e do café em ratos**. Dissertação (Mestrado em Química Orgânica) - Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, MG, 2012.

ROSSI, D. M. **Utilização de carne mecanicamente separada de frango para produção de um hidrolisado proteico a partir de enzimas microbianas.** Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agrícola e do Ambiente) - Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.

SALES, J. F.; ALVARENGA, A. A.; OLIVEIRA, J. A.; NOGUEIRA, F. D.; REZENDE, L. C.; SILVA, F. G. Germinação de sementes de café (*Coffea arabica* L.) submetidas a diferentes concentrações e tempos de embebição em celulase. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 27 n. 3, 2003.

SANTOS, R. A.; PRADO, M. A.; PERTIERRA, R. E.; PALACIOS, H. A. Análises de açúcares e ácidos clorogênicos de cafés colhidos em diferentes estádios de maturação e após o processamento. **Braz. J. Food Technol.**, Campinas, v. 21, ed. 2017163, 2018.

SCHEER, A. *Kopi Luwak*, o café "gourmet" que causa sofrimento e mata milhares de animais. **Anda**, [S.l.], jul. 2015. Disponível em: <https://www.anda.jor.br/2015/07/kopi-luwak-cafe-gourmet-causa-sofrimento-mata-milhares-animais/>. Acesso em: 13 ago. 2020.

SHIMIZU, M. M.; SILVA, E. A.; MAZZAFERA, P.; COLOMBO, C. A.; BAPTISTA, G. G. Efeito da temperatura em aminoácidos e proteases de café. **Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil** (4.: 2005: Londrina, PR). Anais... Brasília, D.F.: Embrapa Café, 2005. Disponível em: <http://www.sbicafe.ufv.br/handle/123456789/2125>>. Acesso em: 28 ago. 2020.

TOOR, R. K.; SAVAGE, G. P. Antioxidant activity in different fractions of tomatoes. 2005. **Food researchinternational**, [S.l.], v. 38, n. 5, p. 487-494, 2005.

TRUGO, L.C.; MOREIRA, R.F.A.; DE MARIA, C.A.B. Componentes voláteis do café torrado. Parte II: compostos alifáticos, alicíclicos e aromático. **Química Nova**, São Paulo, v.23, n.2, p.195-206, 2000.

u.COFFEE. **Acidez no café: o que é, como afeta e como controlar.** [S.l.], 2018. Disponível em: <https://blog.ucoffee.com.br/acidez-no-cafe-o-que-e/>>. Acesso em: 25 ago. 2020.