

CARACTERIZAÇÃO FÍSICO-QUÍMICA DE CASCAS DE CAFÉ: UM ESTUDO COMPARATIVO ENTRE O PROCESSAMENTO VIA SECA E FERMENTADO

CARACTERIZACIÓN FÍSICOQUÍMICA DE LAS HUNAS DE CAFÉ: UN ESTUDIO COMPARATIVO ENTRE PROCESAMIENTO SECO Y FERMENTADO

PHYSICOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF COFFEE HUSK: A COMPARATIVE STUDY BETWEEN DRY AND FERMENTED PROCESSING

Maria Vitória Lima Costa Donato¹; Samanta Rayelly de Souza Silva²; Maria Érica da Silva Tavares³ Elisandra Rabêlo da Silva⁴; Suzana Pedroza da Silva⁵

DOI: <https://doi.org/10.31692/IIICIAGRO.0016>

RESUMO

O processamento do café gera uma quantidade significativa de resíduos, sendo a casca um dos principais subprodutos deste processamento, rica em matéria orgânica, nutrientes e compostos bioativos, como cafeína, polifenóis e taninos, no entanto, essa matéria-prima é descartada de forma incorreta, sem aproveitar seu potencial bioativo. Com a crescente preocupação com a saúde, o meio ambiente e a qualidade de vida, os consumidores têm buscado produtos sustentáveis, incluindo o café orgânico e o uso de subprodutos de forma sustentável. O objetivo deste estudo foi caracterizar as cascas de café orgânico arábica processadas por via seca natural e fermentação anaeróbica na região de Taquaritinga do Norte, em Pernambuco, e comparar estatisticamente os resultados obtidos para fins de usos alimentícios. O estudo foi conduzido utilizando cascas de café processadas por via seca natural e fermentação anaeróbica, coletadas em duas fazendas na região de Taquaritinga do Norte. Foram realizadas análises físico-químicas nas cascas, incluindo umidade, cinzas, lipídios, proteínas, atividade de água, pH, condutividade, acidez, sólidos solúveis, cor, açúcares redutores e cafeína. Os resultados mostraram diferenças significativas entre as cascas processadas de forma natural e fermentada em relação a diversos parâmetros. A partir destes resultados, com estas características observadas em cada tipo de casca, é possível determinar em qual ramo cada uma seria melhor aplicável, contribuindo para a reutilização das propriedades características e o prolongamento da vida útil deste resíduo. Demonstrando a importância de estudar sobre os processamentos pós-colheita do café e como influenciam nos subprodutos gerados, sendo necessário investir de forma contínua na pesquisa e inovação da produção de café, sendo possível que o produtor consiga definir, de forma viável e eficiente, um melhor direcionamento de seus resíduos gerados pelo aumento na demanda e consumo de cafés.

Palavras-Chave: Café orgânico; Casca de café; Caracterização físico-química; Reutilização de resíduos; Subprodutos sustentáveis.

RESUMEN

El procesamiento del café genera una cantidad significativa de residuos, siendo la cáscara uno de los principales subproductos de este proceso, rica en materia orgánica, nutrientes y compuestos bioactivos como cafeína, polifenoles y taninos. Sin embargo, esta materia prima se descarta de manera incorrecta, sin aprovechar su potencial bioactivo. Con la creciente preocupación por la salud, el medio ambiente y

1 Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, vitoriadonato57@gmail.com

2 Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, samantarayelly@gmail.com

3 Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, mericatavares@hotmail.com

4 Engenharia de Alimentos, Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, rabeloelisandra1@gmail.com

5 Doutora em Engenharia Química, Universidade Federal do Agreste de Pernambuco, suzana.pedroza@ufape.edu.br

la calidad de vida, los consumidores han estado buscando productos sostenibles, incluyendo el café orgánico y el uso sostenible de subproductos. El objetivo de este estudio fue caracterizar las cáscaras de café orgánico arábica procesadas por vía seca natural y fermentación anaeróbica en la región de Taquaritinga do Norte, en Pernambuco, y comparar estadísticamente los resultados obtenidos para su uso en alimentos. El estudio se llevó a cabo utilizando cáscaras de café procesadas por vía seca natural y fermentación anaeróbica, recolectadas en dos fincas de la región de Taquaritinga do Norte. Se realizaron análisis físico-químicos en las cáscaras, incluyendo humedad, cenizas, lípidos, proteínas, actividad de agua, pH, conductividad, acidez, sólidos solubles, color, azúcares reductores y cafeína. Los resultados mostraron diferencias significativas entre las cáscaras procesadas de forma natural y fermentada en relación a varios parámetros. A partir de estos resultados, con estas características observadas en cada tipo de cáscara, es posible determinar en qué ámbito sería mejor aplicable cada una, contribuyendo a la reutilización de las propiedades características y la prolongación de la vida útil de este residuo. Esto demuestra la importancia de estudiar los procesos post-cosecha del café y cómo influyen en los subproductos generados, siendo necesario invertir de manera continua en la investigación y la innovación en la producción de café, para que el productor pueda definir de manera viable y eficiente una mejor gestión de sus residuos generados debido al aumento en la demanda y consumo de café.

Palabras Clave: café orgánico; cáscara de café; Caracterización físico-química; reutilización de residuos; subproductos sostenibles.

ABSTRACT

The processing of coffee generates a significant amount of waste, with the husk being one of the main byproducts of this process, rich in organic matter, nutrients, and bioactive compounds such as caffeine, polyphenols, and tannins. However, this raw material is incorrectly discarded without harnessing its bioactive potential. With the growing concern for health, the environment, and quality of life, consumers have been seeking sustainable products, including organic coffee and the sustainable use of byproducts. The objective of this study was to characterize the husks of organic arabica coffee processed through natural dry and anaerobic fermentation methods in the region of Taquaritinga do Norte, Pernambuco, and statistically compare the obtained results for food-related purposes. The study was conducted using husks of coffee processed through natural dry and anaerobic fermentation methods, collected from two farms in the Taquaritinga do Norte region. Physicochemical analyses were performed on the husks, including moisture, ash, lipids, proteins, water activity, pH, conductivity, acidity, soluble solids, color, reducing sugars, and caffeine. The results showed significant differences between husks processed naturally and those fermented in relation to various parameters. Based on these results and the observed characteristics of each type of husk, it is possible to determine in which field each one would be best applicable, contributing to the reuse of characteristic properties and the extension of the shelf life of this waste. This demonstrates the importance of studying post-harvest coffee processing and its influence on the generated byproducts, highlighting the need for continuous investment in research and innovation in coffee production, enabling producers to define a more viable and efficient management of their waste generated due to the increased demand and consumption of coffee.

Keywords: Organic coffee; coffee husk; Physical-chemical characterization; Waste reuse; sustainable by-products.

INTRODUÇÃO

O café é uma importante *commodity* comercializada no mundo, onde sua produção está relacionada ao manejo utilizado no cultivo, aumentando a demanda de consumo por cafés de alta qualidade no mercado brasileiro e mundial (TOLESSA *et al.*, 2017; HAILE; KANG, 2019; AGNOLETTI *et al.*, 2020). Além disso, o tipo de processamento utilizado durante a pós-colheita, sendo ele via seca, úmida ou semiúmida, e os fatores internos e externos característicos do fruto café tem grande impacto na qualidade sensorial das bebidas a serem originadas (SANZ-

URIBE *et al.*, 2017).

A agroindústria, no decorrer de suas atividades, gera uma quantidade de resíduos e subprodutos (como cascas, caroços, sementes, bagaços, entre outros) que variam em relação a matéria-prima utilizada, a quantidade e a sazonalidade (VIANA; CRUZ, 2016). O processamento do café gera uma grande quantidade de subprodutos, sendo a casca um dos principais subprodutos gerados, devido a pouca informação e compreensão dos produtores, esta matéria-prima é descartada de forma incorreta, sendo mal aproveitada e pouco explorada em relação ao seu potencial bioativo pela indústria alimentícia e farmacêutica (CRUZ *et al.*, 2015, MANZAR *et al.*, 2020).

Sendo evidente e crescente a preocupação populacional com a saúde, o meio ambiente e qualidade de vida. Existe um crescimento no nível informacional dos consumidores, que buscam a inserção no nicho de consumo sustentável, adquirindo produtos de empresas que se adequem ao contexto de produção sustentável e comercialização socialmente justa (SÁ *et al.*, 2014). Donato *et al.* (2021) ressaltam que os consumidores são conquistados pela utilização de projetos sustentáveis no setor cafeeiro, além de que a produção de café orgânico e a adoção de atividades sustentáveis em toda a cadeia produtiva proporciona valorização de consumo nos mercados nacional e internacional.

Logo, o presente estudo teve como objetivo caracterizar física e físico-quimicamente as cascas de café de manejo agrônomico orgânico, tipo arábica, processados por via seca natural e por fermentação anaeróbica produzidas na região de Taquaritinga do Norte-PE e, comparar estatisticamente os resultados obtidos para fins de usos alimentícios.

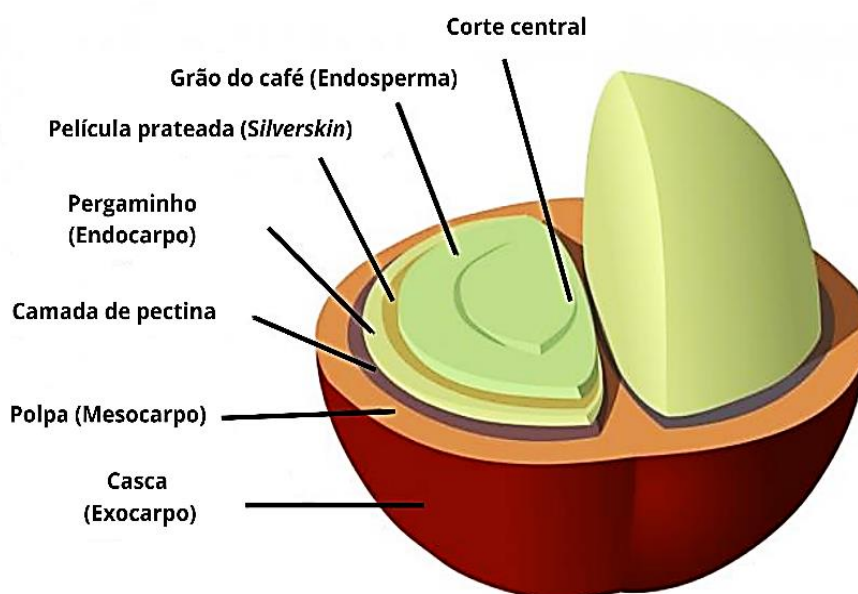
REFERENCIAL TEÓRICO

O café pertence à família *Rubiaceae* e ao gênero *Coffea*, possuindo, em média, 103 espécies descritas, onde mais conhecidas são *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* L. (SAKIYAMA; FERRÃO, 2014). Segundo Phrommarat (2019), sendo uma importante *commodity* mundial, o café envolve atividades desde o cultivo do fruto até a chegada dos grãos ao consumidor, gerando resíduos que impactam o meio ambiente.

O fruto do café (Figura 01), denominado cereja, é coberto por várias camadas: a primeira delas é o exocarpo, uma camada monocelular coberta com uma substância cerosa que protege o fruto; em seguida têm-se o mesocarpo, que é uma polpa viscosa com uma camada pectinácea de mucilagem aderida ao endocarpo; o endocarpo, fina camada revestida de polissacarídeos; depois o *silverskin* (película prateada), camada de semente composta de

polissacarídeos, monossacarídeos, proteínas, polifenóis e outros compostos menores; e, por fim, normalmente possui duas sementes de formato elíptico contendo endosperma e embriões (FARAH; SANTOS, 2015).

Figura 01: Anatomia da cereja do café

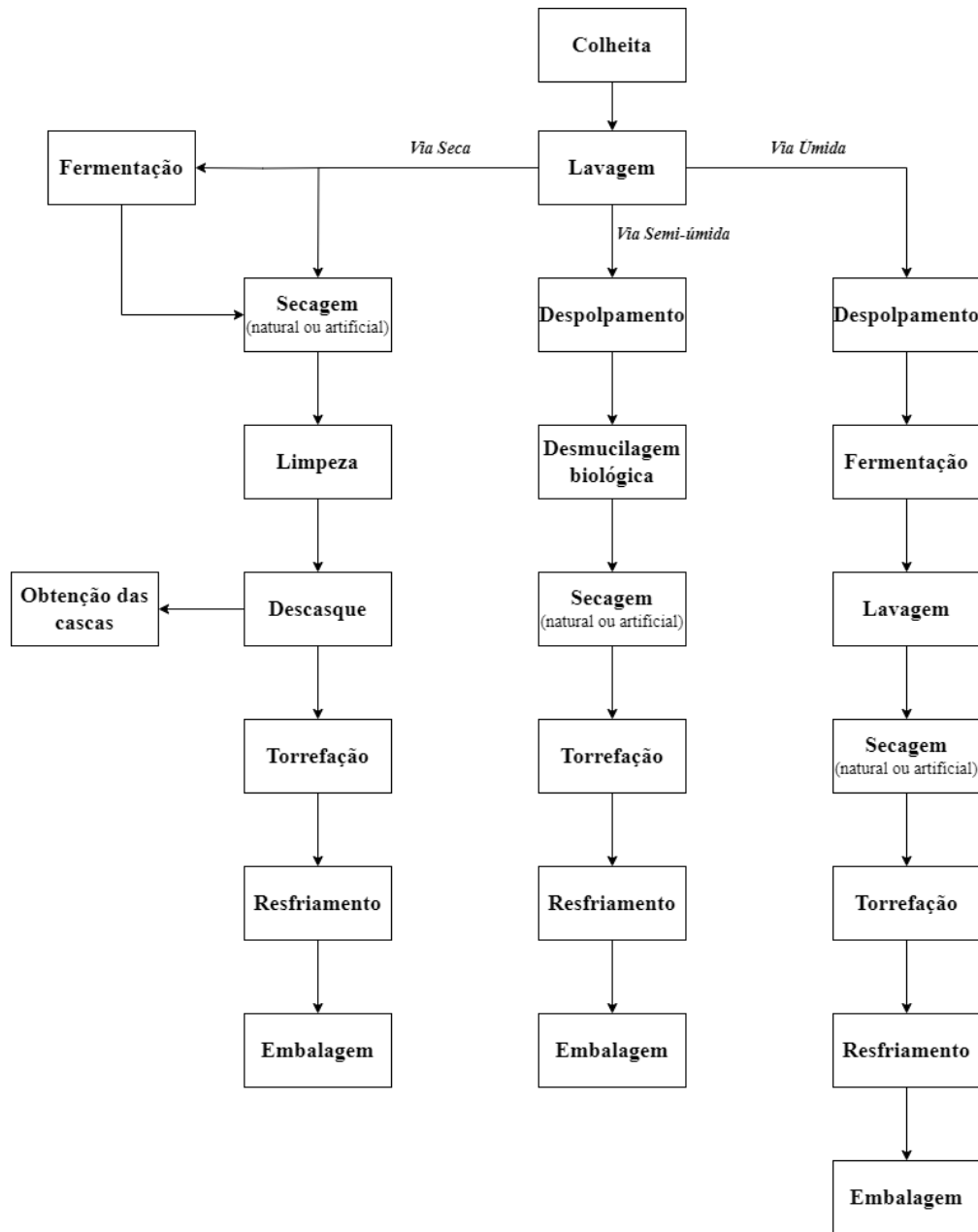


Fonte: Adaptada de Farah e Santos (2015).

O tipo de processamento (Figura 02) a ser utilizado, sendo por via seca, por via úmida ou semiúmida, tem influência direta na qualidade final do grão, além de gerar impactos na rentabilidade da produção, visando a redução da umidade entre 10 a 12%, permitindo o armazenamento do grão verde por um período maior (EVANGELISTA *et al.*, 2014). Segundo Esquivel e Jiménez (2012), no processamento por via seco, as cerejas do café são submetidas a operação de secagem de forma integral, ou seja, com todas as partes que as constituem. Já o processamento por via úmida é caracterizado pela retirada do exocarpo e mesocarpo do fruto, de forma mecânica ou fermentativa, antes que sejam secas (BRESSANI, 2017). E no processamento semiúmido, os frutos são despulpados e expostos ao processo de secagem, onde a fermentação tende a ocorrer natural (VILELA *et al.*, 2010).

A cereja do café possui naturalmente uma microbiota, composta por enzimas e microrganismos, devido a isso, a fermentação ocorre espontaneamente nos frutos e, dependendo das condições ambientais e da composição química do grão, influencia na qualidade dos grãos e da bebida café, com isso ao ser conduzida de forma controlada produz bebidas com aromas e sabores especiais (PUERTA, 2015). Além disso, durante o processo, a microbiota é responsável pela produção de enzimas pectinolíticas e celulolíticas, a fim de degradar a mucilagem e a polpa do fruto (SILVA *et al.*, 2008).

Figura 02: Fluxograma representando os processamentos pós-colheita do café



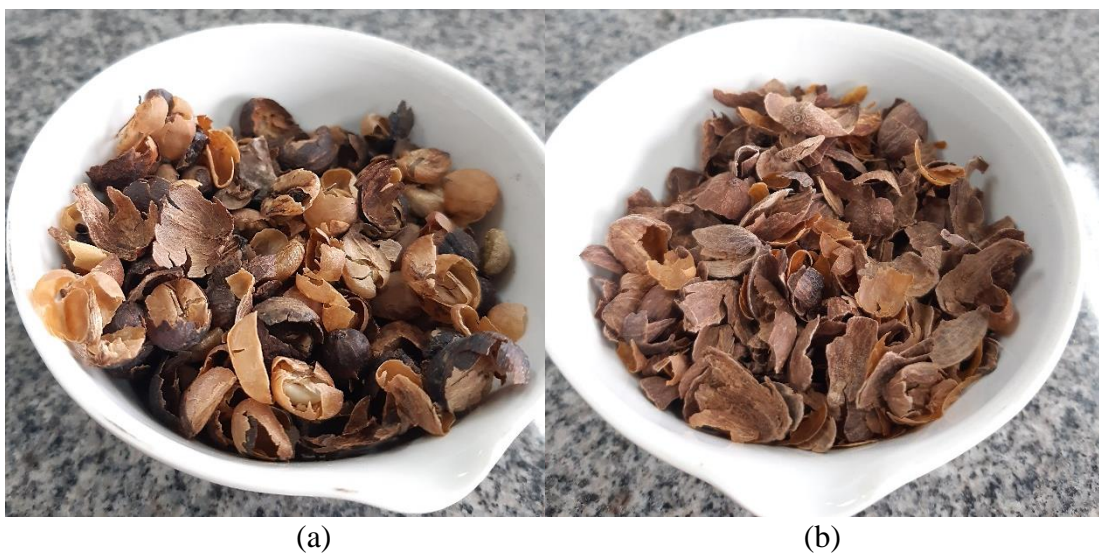
Fonte: Adaptada de PEREIRA *et al.* (2019).

O setor agroindustrial tem crescido ao longo dos anos e investido cada vez mais em seus processamentos, gerando grande quantidade de subprodutos, em muitos casos estes são considerados como parte do custo operacional, sendo mal aproveitados e descartados de forma incorreta no meio ambiente, trazendo perdas para a economia e impactando nos recursos e fonte de renda populacional (NASCIMENTO; FRANCO, 2015). Silva *et al.* (2019) apresentam que alguns resíduos de produções já possuem aplicação na agropecuária, sendo usados na cobertura e proteção do solo e no enriquecimento da alimentação de animais.

No processamento dos grãos de café, em sua maioria a casca do café (Figura 03) é obtida

pelo processamento via seca, sendo ele fermentado ou não, após o processo de secagem e representa 30% do total do fruto, sendo um dos resíduos gerados mais importantes, uma vez que o volume gerado deste subproduto é contabilizada pela safra colhida e processada de café (FREITAS, 2016). A casca do café é constituída por alta carga de matéria orgânica, nutrientes e componentes como a cafeína, polifenóis e taninos, dessa forma o emprego desta no âmbito agro alimentício, para obtenção de compostos e agregação de valor é de grande interesse econômico e industrial (FREITAS, 2022).

Figura 03: Cascas de café obtidas pelo processamento por via seca por rota natural (a) e fermentada (b)



Fonte: Própria (2023).

Sendo um subproduto proveniente do processamento do café é importante ressaltar que seu aumento, a nível mundial, está relacionado ao aumento do consumo do café, uma vez que esta matéria-prima é uma grande fonte de compostos bioativos, sua valorização e uso é de interesse alimentício, farmacêutico e cosmético (ALVES *et al.*, 2017), podendo ainda ser aplicado em ramos da construção civil (MIRANDA, 2021).

METODOLOGIA

A pesquisa realizada caracteriza-se como do tipo quantitativa. As cascas de café, ambas beneficiadas via seca, obtidas por cafés *Arábica typica* provenientes de rota natural e fermentada foram coletadas no Sítio Florentina e na Fazenda Sítio Várzea Grande, respectivamente, ambos localizados no município de Taquaritinga do Norte – PE, no Agreste Pernambucano, na microrregião do Alto do Capibaribe.

As análises foram realizadas no Laboratório de Análise de Alimentos na Universidade

Federal do Agreste de Pernambuco (UFAPE), utilizando as cascas provenientes dos grãos crus de café, moídas em moagem fina e padronizadas a fim de obter granulometria menor que 32 Mesh (0,5 mm). Na caracterização físico-química, foram realizadas as seguintes análises: umidade, cinzas, lipídeos, proteínas, atividade de água, pH, condutividade, acidez total titulável, sólidos solúveis totais, cor, açúcares redutores e cafeína, seguindo as metodologias do Instituto Adolfo Lutz (2008), Quast e Aquino (2004), Bradford (1976). Todas as análises foram realizadas em triplicata.

Para o tratamento dos dados obtidos nas análises físicas utilizou-se o software R e RStudio, considerando diferença estatisticamente significativa quando $p \leq 0,05$ de acordo com a análise de variância (ANOVA) e o teste de Tukey.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos em relação aos parâmetros avaliados para a caracterização físico-química das cascas obtidas de cafés processados por via seca natural e via úmida fermentada. Os resultados são apresentados como média \pm desvio padrão, onde os que estão na mesma linha seguidos por diferentes letras (a, b) são significativamente diferentes pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Tabela 01: Parâmetros avaliados para caracterização físico-química das cascas obtidas por grãos crus de café, pelos processamentos por via seca natural e via úmida fermentada, com seus devidos coeficientes de variação.

Parâmetros	Casca Natural	Casca Fermentada	Coefficiente de Variação (%)
Umidade (%)	11,12 \pm 0,11 ^b	12,07 \pm 0,3 ^a	2,37
Cinzas (%)	4,13 \pm 0,29 ^b	8,41 \pm 0,64 ^a	7,95
Lipídeos (%)	11,08 \pm 0,46 ^b	14,88 \pm 0,42 ^a	3,39
Proteínas (g/L)	0,45 \pm 0,46 ^b	0,82 \pm 0,07 ^a	10,66
Aw	0,59 \pm 0,00 ^b	0,63 \pm 0,00 ^a	0,25
pH	5,45 \pm 0,03 ^a	4,19 \pm 0,01 ^b	0,40
Cond.(μ s.cm ⁻¹)	1,96 \pm 0,02 ^b	3,73 \pm 0,01 ^a	0,45
ATT(%)	1,81 \pm 0,13 ^b	4,46 \pm 0,00 ^a	2,48
SST (%)	1,20 \pm 0,00 ^b	1,83 \pm 0,06 ^a	2,69
Δ E	24,22 \pm 0,70 ^a	19,44 \pm 1,65 ^b	5,80
AR (g/L)	3,83 \pm 0,07 ^a	1,71 \pm 0,19 ^b	5,09
Cafeína (mg/100mL)	0,09 \pm 0,00 ^a	0,09 \pm 0,00 ^a	0,10

Proteínas: expresso em gramas por litro; A_w : Atividade de água; Cond.: Condutividade elétrica; ATT: Acidez Total Titulável; SST: Sólidos Solúveis Totais; Δ E: valor total na diferença de cor; A.R.: Açúcares Redutores: expresso em gramas por litro; Cafeína: expresso em miligramas de cafeína por 100 mL de clorofórmio. **Fonte:** Própria (2023).

O parâmetro de umidade diferiu estatisticamente entre as amostras, onde a casca fermentada apresentou maior resultado (12,07%). As cascas apresentaram valores de umidade

semelhantes ao do grão de café cru, onde para este o limite máximo tolerável é de 12,5% (BRASIL, 2003), uma vez que as amostras foram obtidas da matéria-prima antes de ser submetida ao processo de torrefação. Vale ressaltar que na casca de café, a umidade é influenciada por fatores anteriores ao processo de secagem dos frutos, como o beneficiamento e as condições de armazenamento (NEVES, 2016).

O parâmetro de cinzas apresentou diferença estatística entre as amostras, onde a casca fermentada apresentou maior resultado (8,41%), sugerindo que esta possui uma maior quantidade de resíduos inorgânicos. É importante ressaltar que este parâmetro, assim como nos grãos de café, refere-se à qualidade da amostra e a quantidade de compostos inorgânicos, em sua maioria sais minerais (como potássio, cálcio, fósforo, magnésio, entre outros), presentes após a queima em altas temperaturas na mesma (TEIXEIRA *et al.*, 2017).

Em relação ao teor de lipídeos, as amostras diferiram estatisticamente, onde a casca fermentada apresentou maior resultado (14,88%), levando a considerar que frutos fermentados possuem maior concentração de lipídeos que os frutos de café naturais. Sendo uma variável importante para discriminação de cafés fermentados (OLIVEIRA *et al.*, 2021), uma vez que durante o processo de fermentação, há uma migração destes compostos do endosperma para o exocarpo do café, a fim de contribuir com as reações proporcionadas pelo fenômeno (WILLIAMSON; HATZAKIS, 2019).

Para o teor de proteínas, as amostras também apresentaram diferença estatística entre si, onde a casca fermentada apresentou maior resultado (0,82%), sugerindo que esta possui maior concentração proteica que a casca natural. Este parâmetro, embora seja pouco explorado em relação a fermentação de cafés, representa potencial precursor de nitrogênio para formação de compostos voláteis, visto que durante o processo fermentativo atuam como indutores da degradação de açúcares e, após a degradação dos aminoácidos, como doadores de nitrogênio (HWANG *et al.*, 2012).

O parâmetro de atividade de água está relacionado a probabilidade de desenvolvimento microbiano e provável deterioração, que possa interferir nas características sensoriais e na preservação de alimentos (ANUNCIACÃO; JUNIOR, 2016). Os resultados obtidos para este parâmetro apresentaram diferença estatística entre as amostras, embora a casca fermentada tenha apresentado maior resultado (0,630 Aw), indicando maior disponibilidade de água na amostra, ambas encontram-se dentro da faixa de atividade onde o crescimento de microrganismo deteriorantes é mínimo (FENNEMA, 2010).

O parâmetro de pH apresentou diferença estatística entre as amostras, onde a casca natural apresentou maior resultado (5,45). A partir disso, é possível relacionar a fermentação

com aumento da formação de ácidos no exocarpo do fruto do café (CRUZ, 2016), onde este processo ocorre em função da degradação dos açúcares presentes para o crescimento microbiológico, resultando em uma diminuição do pH. (BRANDO; BRANDO, 2014).

Para condutividade elétrica observou-se diferença estatística entre as amostras, onde a casca fermentada apresentou o maior valor ($3,73 \mu\text{s}\cdot\text{cm}^{-1}$), indicando maior presença de íons na amostra, visto que este parâmetro quantifica os íons liberados durante a absorção de líquido por sólido poroso, e está relacionada com a integridade das membranas celulares da amostra (AGNOLETTI, 2015).

O parâmetro de acidez total titulável (ATT) apresentou diferença estatística entre as amostras, onde a casca fermentada apresentou maior resultado (4,46%). Segundo Peisino *et al.* (2015), este parâmetro varia de acordo com o nível de fermentação e o grau de maturação dos frutos de café. Além disso, observa-se uma relação entre a acidez total titulável e o pH, sendo inversamente proporcionais, quanto maior foi a acidez total, menor será o pH da amostra. Este fato é atribuído ao acúmulo de ácidos no exocarpo do fruto café, formados pelo processo fermentativo (BRUYN *et al.*, 2017).

Para o teor de sólidos solúveis totais (SST) apresentou-se diferença estatística entre as amostras, onde a casca fermentada apresentou maior resultado (1,83%), indicando que esta amostra possui maior concentração de sólidos solúveis. Este parâmetro é um importante atributo de qualidade porque, além da sacarose, incluem compostos como trigonelina, cafeína e ácidos presentes na casca do café que atuam como precursores de voláteis como furanos, aldeídos e ácidos carboxílicos (MACEDO *et al.*, 2020).

O parâmetro de variação total de cor (ΔE) também apresentou diferença estatística entre as amostras, onde a casca natural apresentou maior resultado (24,22), indicando que esta amostra se apresenta mais escura que a casca fermentada. Watawana *et al.* (2015) apresenta este comportamento em função do processo fermentativo que se submeteu os frutos de café, onde este fenômeno promove a polimerização de compostos fenólicos em macromoléculas de cor marrom e, durante o mecanismo, a microbiota presente no fruto degrada os polifenóis em moléculas menores, proporcionando homogeneidade de coloração no exocarpo do fruto fermentado, em comparação ao fruto natural.

Os açúcares redutores são monossacarídeos que possuem capacidade de oxidação na presença de agentes oxidantes em soluções alcalinas, além disso são fontes primárias para o crescimento enzimático e microbiológico em fermentações (FENNEMA, 2010). Para este parâmetro se observou diferença estatística entre as amostras, onde a casca natural apresentou maior resultado (3,83%), indicando que esta possui maior concentração de glicose e frutose em

sua composição. Isto se justifica pelo fato de, durante o processo fermentativo, a microbiota presente no fruto utilizar estes carboidratos como substrato para formação de compostos voláteis e precursores das reações de caramelização e reação de Maillard (LEE *et al.*, 2015).

Para a cafeína, não houve diferença estatística entre as amostras, indicando que neste parâmetro as cascas natural e fermentada são similares. Visto que, assim como nos grãos de café crus, este baixo valor se deve ao fato desta matéria-prima não ter sido submetida ao processo de torrefação, uma vez que este tende a aumentar a quantidade desta substância devido a exposição dos grãos a altas temperaturas (MUSSATTO *et al.*, 2011).

Diante destes resultados observa-se que este subproduto pode ser utilizado para novos fins, uma vez que sua separação da matéria-prima já faz parte do processamento regular do café, não exige investimentos ou custos adicionais para sua reutilização (ALVES *et al.*, 2017), onde também é possível contribuir com o prolongamento da vida útil deste resíduo e diminuir a contaminação de solos e fontes de água (SÁNCHEZ-MOLINA *et al.*, 2018).

Existem vários estudos que propõem a utilização das cascas de café em diversos segmentos levando em consideração a diminuição de impactos ambientais gerados pelo beneficiamento, onde ambas as cascas de café, por serem fonte de nutrientes essenciais (como nitrogênio, fósforo e potássio) e compostos bioativos (como antioxidantes e polifenóis), podem ser utilizadas como substrato para produção de mudas de espécies florestais (SILVA *et al.*, 2020) e mudas de mamoeiro (OLIVEIRA *et al.*, 2019); criação de biopolímeros (MONCADA, 2022); alternativa para solubilização de potássio em rochas (PESSOA *et al.*, 2015); alternativa de substrato em processos fermentativos (FREITAS, 2016) e produção de enzimas (RÊGO *et al.*, 2019); matéria-prima no processo de gaseificação e geração de energia elétrica (FREITAS; RENÓ, 2022); matéria-prima alternativa para produção de açúcar (SABOGAL-OTÁLORA *et al.*, 2022) e para a produção de biodiesel (EMMA *et al.*, 2022).

CONCLUSÕES

Através da metodologia empregada foi possível relacionar os resultados obtidos para as cascas provenientes de cafés processados por via seca natural e via úmida fermentada, onde a maioria dos parâmetros, com exceção de cafeína, apresentaram diferença significativa, dentre os quais a casca fermentada apresentou maiores resultados para composição centesimal. Dessa forma, é possível afirmar que a casca fermentada apresenta características mais ácidas, maior teor lipídico e proteico, maior percentual de resíduos inorgânicos e orgânicos, cor mais clara e menor percentual de açúcares redutores, podendo ser direcionada a reutilização em processos

de produção de biodiesel, na solubilização de rochas ou como substratos na produção de mudas; em contrapartida, a casca natural apresenta características mais alcalinas, coloração mais escura e com maior percentual de açúcares redutores, devido a isso pode ser utilizada como matéria prima alternativa para produção de açúcar ou substrato para produção enzimática e culturas microbiológicas.

A partir destes resultados, com estas características observadas em cada tipo de casca, é possível determinar que ambos os tipos de casca podem ser aplicados no ramo agroindustrial e alimentício, devido ao seu valor nutricional, podendo ser adicionadas em farinhas para preparação de alimentos funcionais ou utilizadas como substrato em fermentações, contribuindo para a reutilização e o prolongamento da vida útil deste resíduo. Demonstrando a importância de estudar sobre os processamentos pós-colheita do café e como influenciam nos subprodutos gerados, sendo necessário investir de forma contínua na pesquisa e inovação da produção de café, sendo possível que o produtor consiga definir, de forma viável e eficiente, um melhor direcionamento de seus resíduos gerados pelo aumento na demanda e consumo de cafés.

REFERÊNCIAS

AGNOLETTI, B. Z. Avaliação das propriedades físico-químicas de café arábica (*Coffea arabica*) e conillon (*Coffea canephora*) classificados quanto a qualidade da bebida. **Dissertação de Mestrado - Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Universidade Federal do Espírito Santo. Porto Alegre- ES, 2015.

AGNOLETTI, B.Z.; PINHEIRO, P.F.; PEREIRA, L.L.; OLIVEIRA, E.C.S.; FILGUEIRAS, P. R. Discriminação de Café Arábica Quanto à Qualidade Sensorial Utilizando Cromatografia Gasosa e PLS-DA. **Revista Ifes Ciência**, [S. l.], v. 6, n. 3, p. 147-158, 2020.

ALVES, R.C.; RODRIGUES, F.; NUNES, M.A.; VINHA, A.F.; OLIVEIRA, M.B.P.P. State of the art in coffee processing by-products. **In: GALANAKIS, C.M. Handbook of Coffee Processing By-Products**. Academic Press, Elsevier, v.1, p.1-26. 2017

ANUNCIACÃO, A.S.; JÚNIOR, L.S.S. Análise da qualidade do café obtido por torrefação à vácuo. **Revista Congresso Sul Brasileiro de Engenharia de Alimentos – CSBEA**, v.2, n.1. 2016.

BRADFORD, M.M. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. **Analytical Biochemistry**. 1976.

BRANDO, C. H. J.; BRANDO, M. F. Methods of coffee fermentation and drying. In: SCHWAN, R.; FLEET, G. Cocoa and Coffee Fermentations - Fermented Foods and Beverages Series. **CRC Press**, 1st Edition, p. 341-366. Boca Raton, FL. 2014.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 8, de 11 de junho de 2003**. Disponível em: <https://www.abic.com.br/institucional/legislacao/>.

Acesso em: 24 maio 2023.

BRESSANI, A. P. P. Avaliação química e sensorial de café Catuaí amarelo fermentado pelo processamento por via seca com inoculação de leveduras. 2017. 101 f. **Dissertação** (Mestrado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.

BRUYN, F.; ZHANG, S.J.; POTHAKOS, V.; TORRES, J.; LAMBOT, C.; MORONI, A.V.; CALLANA, M.; SYBESMA, W.; WECKX, S.; VUYST, L. Exploring the impacts of postharvest processing on the microbiota and metabolite profiles during green bean production. **Applied and Environmental Microbiology**, v.83, p.2398–2416. 2017.

CRUZ, R.; MENDES, E.; TORRINHA, Á.; MORAIS, S.; PEREIRA, J. A.; BAPTISTA, P.; CASAL, S. Revalorization of spent coffee residues by a direct agronomic approach. **Food Research International**, v.73, p.190-196. 2015.

CRUZ, T.A. Avaliação Física, Química e Físico-química Dos Cafés das Microrregiões da Chapada de Minas. **Trabalho de Conclusão de Curso em Química**. Faculdade de Ciências Exatas e Tecnológicas. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhoca e Mucuri – UFJM. Diamantina- MG, 2016.

DONATO, M.V.L.C.; SANTOS, W.W.V.; MEDEIROS, A.L.T.; SILVA, S.P. Desafios da Produção de Café Orgânico: Certificação, Mercado e Sustentabilidade. *In: II Congresso Internacional da Agroindústria - Inovação, Gestão e Sustentabilidade na Agroindústria*. **Anais**. 2021.

EMMA, A.F.; ALANGAR, S.; YADAV, A.K. Extraction and characterization of coffee husk biodiesel and investigation of its effect on performance, combustion, and emission characteristics in a diesel engine. **Energy Conversion and Management: X**, v.14. 2022.

ESQUIVEL, P.; JIMÉNEZ, V. M. Functional properties of coffee and coffee by products. **Food Research International**, v. 46, n. 2, p. 488-495, 2012

EVANGELISTA, S. R.; SILVA, C.F.; MIGUEL, M.G.P.C; CORDEIRO, C.S.; PINHEIRO, A.C.M.; DUARTE, W.F.; SCHWAN, R.F. 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.

FARAH, A; SANTOS, T. F. The Coffee Plant and Beans: An Introduction. *In: PREENDY, V. Coffee in Health and Disease Prevention*. Academic Press. 1008p. p. 5-10. Estados Unidos, 2015.

FENNEMA, O.R. **Química de Alimentos**. 4ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2010.

FREITAS, W.L.C. **Estudo da casca de café como matéria prima em processos fermentativos**. 2015. Tese (Doutorado em Microbiologia Aplicada) - Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Lorena, 2016.

FREITAS, L. C. F.; RENÓ, M. L. G. Environmental and economic evaluation of coffee residues. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 27, n. 4, p. 715–721, 2022.

HAILE, M; KANG, W. H. The Role of Microbes in Coffee Fermentation and Their Impact on Coffee Quality. **Journal of Food Quality**. Volume 2019, Article ID 4836709, 6 pages. 2019.

HWANG, C.F.; CHEN, C.C.; HO, C.T. Contribution of coffee proteins to roasted coffee volatiles in a model system. **International Journal of Food Science and Technology**, v.47, p.2117-2126, 2012.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. Normas Analíticas do Instituto Adolfo Lutz. **Métodos físico-químicos para análises de alimentos**. 1020 p. 4ª ed. (1ª Edição digital), 2008.

LEE, L. W; CHEONG, M. W; CURRAN, P; YU, B; LIU, S. Q. Coffee fermentation and flavor – An intricate and delicate relationship. **Food Chemistry**, v. 185, p. 182-191. 2015.

MACEDO, L.L.; ARAÚJO, C.S.; VIMERCATI, W.C.; HEIN, P.R.G., PIMENTA, C.J.; SARAIVA, S.H. Evaluation of chemical properties of green coffee beans using near infrared spectroscopy NIR spectroscopy for estimating intact green coffee properties. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v.101, n.8. 2020.

MANZAR, M.S.; ZUBAIR, M.; KHAN, N.A.; HUSAIN KHAN, A.; BAIG, U.; AZIZ, M.A.; BLAISI, N.I.; ABDEL-MAGID, H.I. Adsorption behaviour of green coffee residues for decolourization of hazardous congo red and eriochrome black T dyes from aqueous solutions. **International Journal of Environmental Analytical Chemistry**, p.1-17. 2020.

MIRANDA, E.H.N. Cinzas da casca do café como material cimentício suplementar. 2021. 46p. **Dissertação de Mestrado**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Biomateriais. Universidade Federal de Lavras. Lavras-MG, 2021

MONCADA, L.J.S. Predicción de propiedades ópticas en biopolímeros con base a residuos del café (Coffea) mediante espectroscopia THz, acoplado a herramientas quimiométricas. **Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero de Industrias Alimentarias**. Escuela Profesional de Ingeniería de Industrias Alimentarias. Facultad de Ingeniería de Industrias Alimentarias y Biotecnología. Universidad Nacional de Frontera. Sullana – Peru, 2022.

MUSSATTO, S. I.; MACHADO, E. M. S.; MARTINS, S.; TEIXEIRA, J. A. Production, composition, and application of coffee and its industrial residues. **Food and Bioprocess Technology**, v. 4, n. 5, p. 661-672. New York, 2011.

NASCIMENTO, W.; FRANCO, C. Avaliação do potencial dos resíduos produzidos através do processamento agroindustrial no Brasil. **Revista Virtual de Química**, v.7, n.6, p.1968 – 1987. 2015.

NEVES, J.V.G. Cascas Residuais de Café Orgânico: Composição Química, Potencial Antioxidante, Fatores Antinutricionais e Aplicação Tecnológica. 2016. 93p. **Dissertação de Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos**. Programa de Pós-Graduação em Engenharia e Ciência de Alimentos. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Itapetinga-BA, 2016.

OLIVEIRA, E.C.S.; LUZ, J.M.R.; CASTRO, M.G.; FILGUEIRAS, P.R.; GUARÇONI, R.C.; CASTRO, E.V.R.; SILVA, M.C.S; PEREIRA, L.L. Chemical and Sensory discrimination of coffee: Impacts of the planting altitude and fermentation. **Research Square**, v.1. 2021.

OLIVEIRA, V.S.; NETO, A.C.C.; SOUZA, F.H.; BOHRY, L.; SOUZA, J. C.; PLOTEGHER, R. T.; PINHEIRO, A. P. B.; BERILLI, S. S.; BERILLI, A.P.C.G.; SCHMILDT, E.R. Utilização de palha de café como substrato alternativo para produção de mudas de mamoeiro. **Revista Ifes Ciência**, [S. l.], v. 5, n. 1, p. 180-188, 2019.

PEISINO, F.M.; PEREIRA, L.L.; CARDOSO, W.S.; CATEN, C.S.; COSTA, R.G.; BUSATO, T.; PIMENTA, L.H.B.; BRIOSCHI, D.; VENTURIN, B. Caracterização e Avaliação de pH Acidez Titulável e Extrato Aquoso de Cafés Finos por Estratos de Altitude. *In: IX Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil*. **Anais**. Curitiba-PR, 2015.

PEREIRA, L. L.; GUARÇONI, R.C.; MOREIRA, T.R.; SOUZA, L.H.B.P; CARDOSO, W.S.; MORELI, A.P; SILVA, S.F.; TEN CATEN, C.S. Very beyond subjectivity: The limit of accuracy of Q-Graders. **Journal of texture studies**, v.50, n.2, p.172-184, 2019.

PESSOA, R.S.; SILVA, C.A.; MORETTI, B.S.; FURTINI NETO, A.E.; INDA, A.V.; CURI, N. Solubilization of potassium from alternativa rocks by humic and citric acids and coffee husk. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 39, n. 6, p. 553–564, 2015.

PHROMMARAT, B. Life cycle assessment of ground coffee and comparison of different brewing methods: A case study of organic arabica coffee in Northern Thailand. **The Environment and Natural Resources Journal**, v. 17, n. 2, p. 96-108, 2019.

PUERTA, G. I. Cinética química de la fermentación del mucílago de café a temperatura ambiente. **Cenicafé** v. 64, n.1, p.42-59. 2015.

QUAST, L. B.; AQUINO, A. D. oxidação dos lipídios em café arábica (*Coffea arabica* L.) e café robusta (*Coffea canephora* P.). **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v.22, n.2, p.325-336. Curitiba, 2004.

RÊGO, A.P.B.; CUNHA, J.R.B.; SANTOS, R.S.; ASSIS, F.G.V.; LEAL, P.L. Produção de enzimas CMCase e pectinase por processo fermentativo utilizando casca de café suplementada com manipueira como substrato. **Revista Brasileira de Energias Renováveis**, v.8, n.1, p.104-121. 2019.

SÁ, M.A.; GONÇALVES, E.B.; SOUZA, V.A.B.; LAPOLLI, É. Mafra. Produtores orgânicos e a sustentabilidade. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v 9, n. 2, p. 84-97, 2014.

SABOGAL-OTÁLORA, A.M.; PALOMO-HERNÁNDEZ, L.F.; PIÑEROS-CASTRO, Y. Sugar production from husk coffee using combined pretreatments. **Chemical Engineering and Processing – Process Intensification**, v.176. 2022.

SAKIYAMA, N. S.; FERRÃO, A. G. Botany and Production of Coffee. *In: R. F. SCHWAN, N. S. FLEET, G. H. Cocoa and Coffee Fermentations - Fermented Foods and Beverages Series*. CRC Press, 1st Edition, p. 341-366. Boca Raton, FL. 2014.

SÁNCHEZ-MOLINA, J.; CORPAS-IGLESIAS, F.; ÁLVAREZ-ROXO, D. Aplicaciones de los Nutrientes Tecnológicos en la Industria Cerámica del Area Metropolitana de Cúcuta. **Ecoe Ediciones Ltda. Bogotá**, 2018.

SANZ-URIBE, J. R.; YUSIANTO; MENON, S. N.; PEÑEULA, A.; OLIVEROS, C.; HUSSON, J.; BRANDO, C.; RODRIGUEZ, A. Postharvest Processing - Revealing the Green Bean. *In: FOLMER, B. The Craft and Science of Coffee*. Academic Press. 556 p. p. 51-79. 2017.

SILVA C.F.; BATISTAM, L.R.; ABREU, L.M.; DIAS, E.S.; SCHWAN, R.F. Succession of bacterial and fungal communities during natural coffee (*Coffea arabica*) fermentation. **Food Microbiology**. v 25, p 951–957, 2008.

SILVA, I., LIMA, R., RUZENE, D., SILVA, D. Resíduos agroindustriais como biomassa alternativa para geração de energia distribuída em comunidades rurais. *In: Energias alternativas: tecnologias sustentáveis para o nordeste brasileiro*. Associação Acadêmica de Propriedade Intelectual, p.189 – 211. Aracajú-SE, 2019.

SILVA, O.M.C.; HERNANDÉZ, M.M.; ARAUJO,G.C.R.; CUNHA, F.L.; EVANGELISTA, D.V.P.; LELES, P.S.S.; MELO, L.A. Potencial uso da casca de café como constituinte de substrato para produção de mudas de espécies florestais. **Ciência Florestal**, v.30, n.4, p.1161–1175. 2020.

TEIXEIRA, O.R., PASSOS, F.R., MENDES, F.Q. Qualidade físico-química e microscópica de 14 marcas comerciais de café torrado e moído. **Coffee Science**, v. 11, n. 3, p. 396 – 403. Lavras-MG, 2017.

TOLESSA, K., D'HEER, J.; DUCHATEAU, L.; BOECKX, P. Influence of growing altitude, shade and harvest period on quality and biochemical composition of Ethiopian specialty coffee. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 97, n. 9, p. 2849-2857, 2017.

VIANA, L.G.; CRUZ, P.S. Reaproveitamento de Resíduos Agroindustriais. *In: Congresso Baiano de Engenharia Sanitária e Ambiental*, IV COBESA, Cruz das Almas – BA, 2016.

VILELA, D.M.; PEREIRA, G.V.M.; SILVA, C.F; BATISTA, L.R.; SCHAWN, R.F. 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.

WATAWANA, M.I., JAYAWARDENA, N.; WAISUNDARA, V.Y. Enhancement of the Functional Properties of Coffee Through Fermentation by “Tea Fungus” (Kombucha). **Journal of Food Processing and Preservation**, v.39, n.6, p.2596–2603.2015.

WILLIAMSON, K.; HATZAKIS, E. Evaluating the effect of roasting on coffee lipids using a hybrid targeted-untargeted NMR approach in combination with MRI. **Food Chemistry**, v.299, n.125039. 2019.