



CLARA MARIANA GONÇALVES LIMA

**ATIVIDADE ANTIOXIDANTE, COMPORTAMENTO
REOLÓGICO, ESTABILIDADE OXIDATIVA E
POTENCIAL ANTIBACTERIANO DE ÓLEOS DO CAFÉ
ARÁBICA**

Lavras-MG

2019

CLARA MARIANA GONÇALVES LIMA

**ATIVIDADE ANTIOXIDANTE, COMPORTAMENTO
REOLÓGICO, ESTABILIDADE OXIDATIVA E
POTENCIAL ANTIBACTERIANO DE ÓLEOS DO CAFÉ
ARÁBICA**

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

Prof^a. Dra. Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira

Orientadora

Prof. Dr. Diego Alvarenga Botrel

Coorientador

Lavras-MG

2019

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

Lima, Clara Mariana Gonçalves.

Atividade antioxidante, comportamento reológico, estabilidade oxidativa e potencial antibacteriano de óleos do café arábica / Clara Mariana Gonçalves Lima. - 2019.

69 p.

Orientador(a): Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira.

Coorientador(a): Diego Alvarenga Botrel.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de Lavras, 2019.

Bibliografia.

1. Fluidos. 2. Conservantes. 3. Saúde. I. Pereira, Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga. II. Botrel, Diego Alvarenga. III. Título.

CLARA MARIANA GONÇALVES LIMA

**ATIVIDADE ANTIOXIDANTE, COMPORTAMENTO
REOLÓGICO, ESTABILIDADE OXIDATIVA E
POTENCIAL ANTIBACTERIANO DE ÓLEOS DO CAFÉ
ARÁBICA**

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

APROVADA em 19 de março de 2019.

Dr. Vanderley Almeida Silva

IFSMG - Machado

Dra. Caroline Lima Angélico

EPAMIG

Dra. Rosemary Gualberto Fonseca Alvarenga Pereira
Orientadora

Lavras-MG

2019

Aos meus pais,

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por me permitir chegar até aqui incólume às adversidades da vida;

À minha mãe, Rita, por ser a minha maior incentivadora;

Ao meu padrasto-pai (*in memoriam*), Ennio, por ter me proporcionado uma boa educação;

Aos meus irmãos, Felipe e Vittoria, por me darem forças para prosseguir a caminhada;

Ao Departamento de Ciência dos Alimentos – DCA, pela oportunidade de fazer uma pós-graduação *stricto sensu* de qualidade internacional;

À Fundação de Apoio à Pesquisa do Estado de Minas Gerais – FAPEMIG, pela concessão da bolsa de estudos;

À Prof.^a Dra. Rosemary, pela orientação e por todos os ensinamentos;

Ao Prof. Dr. Diego, pela coorientação e apoio;

Ao Prof. Dr. Roney, pela disponibilidade em auxiliar todas as vezes que se fizeram necessárias;

Ao engenheiro de produção, Marcelo, e à Cooperativa Regional de Cafeicultores em Guaxupé - COOXUPÉ, pela doação dos óleos de café;

Ao Núcleo de Estudos em Qualidade, Industrialização e Consumo de Café – QICafé, por todo o aprendizado;

Ao Conselho Consultivo de Ações de Popularização da Ciência, agradeço pela oportunidade de ser representante discente.

À Prof.^a Dra. Roberta, por me acolher no Laboratório de Microbiologia de Alimentos como se eu fosse parte da sua equipe de pesquisa;

À Prof.^a Dra. Elisângela, por colocar à disposição o Laboratório de Pós-Colheita de Frutas e Hortaliças;

Ao Prof. Dr. Luis Antonio Minim, da Universidade Federal de Viçosa, por abrir as portas do Laboratório de Desenvolvimento e Simulação de Processos;

Ao Prof. Dr. Peter do Departamento de Medicina Veterinária, pelo auxílio;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPq, Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia – INCT e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, agradeço pelo apoio.

Aos pós-graduandos Jorge, Rafael, Isabelle e Ana Carolina, agradeço por serem solícitos todas as vezes que os procurei e por me auxiliarem na condução das análises;

À Jéssica e Kelly, contemporâneas de ingresso no mestrado, agradeço pelo compartilhamento de informações;

À colega que, posteriormente, fez-se uma irmã, Ana Carolina, pela atenção despendida;

Às minhas amigas, de longa data, Lidiany e Flavinha, por vibrarem com as minhas conquistas;

À Clênia, pela amizade e pelas palavras de incentivo;

À Adir, pelas orações constantes;

Ao Artur, por me ensinar um pouco sobre o processo de evolução nesse plano terreno.

Muito obrigada!

“Quando acabou de falar, disse a Simão: Faze-te ao largo, e lançaí as vossas redes para pescar.

Respondeu-lhe Simão: Mestre, havendo trabalhado toda a noite, nada apanhamos, mas sob a tua palavra lançarei as redes.

Isto fazendo, apanharam grande quantidade de peixes; e rompiam-se-lhes as redes.

Então, fizeram sinais aos companheiros do outro barco, para que fossem ajuda-los. E foram e encheram ambos os barcos, a ponto de quase irem a pique.”

Lucas 5: 4-7

RESUMO GERAL

Os óleos de café cru e torrado destacam-se, principalmente, por características como o flavor e as propriedades antioxidantes e nutracêuticas que os tornam atrativos para diversos segmentos industriais, incluindo o de alimentos. É crescente a demanda pela utilização de matérias-primas de origem natural na produção de alimentos processados uma vez que a população se preocupa, cada vez mais, com a manutenção e promoção da saúde. Objetivou-se com este estudo, avaliar a atividade antioxidante, o comportamento reológico, a estabilidade oxidativa e o potencial antibacteriano de óleos do café (*Coffea arabica* L.) provenientes de grãos crus e torrados. O processo de obtenção deu-se a partir de grãos crus e torrados, por prensagem a frio, e posterior filtração via cartão filtrante. O delineamento experimental constituiu-se de cinco tratamentos: T1 (100% de óleo torrado); T2 (100% de óleo cru); T3 (50% de óleo torrado e 50% de óleo cru); T4 (75% de óleo torrado e 25% de óleo cru) e T5 (75% de óleo cru e 25% de óleo torrado). O tratamento T4 apresentou maior teor de Compostos Fenólicos Totais e maior eficiência antirradicais DDPH e ABTS^{•+}. Em relação ao comportamento reológico, os óleos de café podem ser caracterizados como fluidos newtonianos porque a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação variaram linearmente, com a reta interceptando no zero. Os tratamentos T4 e T5 apresentaram maior tempo de indução da oxidação, na análise de estabilidade oxidativa. Observou-se atividade antibacteriana, por contato, dos óleos para as cepas bacterianas avaliadas. A utilização de óleos de café arábica como conservantes naturais em alimentos pode ser considerada uma alternativa promissora para a substituição parcial de conservantes químicos em matrizes alimentares.

Palavras-chave: Fluidos. Conservantes. Saúde.

GENERAL ABSTRACT

The green and roasted coffee oils stand out mainly for characteristics such as flavor and the antioxidant and nutraceutical properties that make them attractive for several industrial segments, including food. There is a growing demand for the use of raw materials of natural origin in the production of processed foods, since the population is increasingly concerned with maintaining and promoting health. The objective of this study was to evaluate the antioxidant activity, rheological behavior, oxidative stability and antibacterial potential of coffee (*Coffea arabica* L.) oils from green and roasted grains. The process was obtained from raw and roasted grains, by cold pressing, and subsequent filtration via filter paper. The experimental design consisted of five treatments: T1 (100% roasted oil); T2 (100% green oil); T3 (50% roasted oil and 50% green oil); T4 (75% roasted oil and 25% green oil) and T5 (75% green oil and 25% roasted oil). The T4 treatment presented higher Total Phenolic Compounds content and higher anti-radical efficiency DDPH and ABTS \cdot^+ . In relation to the rheological behavior, the coffee oils can be characterized as Newtonian fluids because the shear stress and the deformation rate varied linearly, with the line intercepting at zero. The treatments T4 and T5 presented higher oxidation induction time in the oxidative stability analysis. Antibacterial activity was observed, by contact, of the oils for the bacterial strains evaluated. The use of arabica coffee oils as natural food preservatives may be considered a promising alternative for the partial substitution of chemical preservatives in food matrices.

Keywords: Fluids. Preservatives. Health.

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE	12
1. INTRODUÇÃO	13
2. REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 O café no Brasil	14
2.2 Composição química dos grãos de café	15
2.3 Óleos de café provenientes de grãos crus e torrados	20
2.4 Atividade antioxidante	22
2.5 Comportamento reológico	25
2.6 Estabilidade oxidativa	25
2.7 Atividade antibacteriana	27
3. CONSIDERAÇÕES FINAIS	28
4. REFERÊNCIAS	29
SEGUNDA PARTE	43
ATIVIDADE ANTIOXIDANTE, COMPORTAMENTO REOLÓGICO, ESTABILIDADE OXIDATIVA E POTENCIAL ANTIBACTERIANO DOS ÓLEOS DE CAFÉ (<i>Coffea arabica</i> L.) CRU E TORRADO	44

PRIMEIRA PARTE

1. INTRODUÇÃO

A composição química do fruto e da semente do cafeeiro é complexa devido aos eventos fisiológicos e reações físicas, químicas e bioquímicas que ocorrem durante o desenvolvimento dos frutos e a execução dos procedimentos na pós-colheita (BORÉM, 2015; CLARKE; MACRAE, 1989). Dentre os compostos presentes nos grãos, tem-se a cafeína, proteínas, carboidratos (sacarose, glicose, frutose, arabinose, galactose, maltose e polissacarídeos), lipídios (triglicerídeos e ácidos graxos), minerais (potássio, magnésio cálcio, sódio, ferro, manganês, zinco, cobre e estrôncio), compostos fenólicos, fibras e uma vitamina do complexo B, a niacina, que é formada após a torrefação (RIBEIRO, 2015; CANO-MARQUINA; TARÍN; CANO, 2013; PAULUCI et al., 2000; ILLY; VIANI, 2005; CASAL et al., 2000; TRUGO, 1984). Destacam-se entre os inúmeros componentes, a cafeína e ácidos clorogênicos por seus efeitos fisiológicos e os lipídeos, pela diversidade de usos e aplicações, nas indústrias alimentícia e farmacêutica.

Os lipídeos do café, constituem fonte de compostos fenólicos, ácidos graxos, álcoois terpenos, fitoquímicos, tocoferóis, carotenóides, fitoesteróis, dentre outros. Os compostos citados exercem várias funções do ponto de vista biológico como, por exemplo, atividade antioxidante, antimutagênica, antibacteriana e antiviral, estimulante do sistema nervoso central e imune, propriedades analgésica e ansiolítica, são auxiliares na liberação de adrenalina, na prevenção de doenças cardiovasculares e reumatológicas (ANWAR et al., 2016; VINECK; BLOCH, 2014; GUZZO et al., 2012; CHENG et al., 2007; MELLO; KUNSLER; FARAH, 2007). Os teores de cafeína e lipídeos mantem-se praticamente inalterados durante a torração.

As mudanças que ocorrem nos grãos de café durante o processo de torrefação são de natureza física e química como por exemplo, a reação de Maillard, caramelização e degradação de Strecker (BUFFO; CARDELLI-FREIRE, 2004). Aminoácidos sulfurados, hidroxiaminoácidos e os aminoácidos, em geral, reagem com compostos carbonilados como os carboidratos e com outros produtos intermediários da reação de Maillard para formar compostos voláteis, que também podem ser produto da degradação da trigonelina, do ácido quínico, de pigmentos e lipídeos em menor escala, gerando finalmente uma complexa rede de compostos voláteis (DE MARIA; MOREIRA; TRUGO, 1999). No café torrado, os lipídeos têm como função principal a preservação dos componentes voláteis.

Ressalta-se que o desenvolvimento do sabor e aroma constitui um processo altamente complexo e não completamente elucidado, pois ocorrem, simultaneamente, reações de desidratação, hidrólise e catálise as quais liberam gases e formam compostos aromáticos.

Estima-se que após a torrefação do café sejam formados mais de 2000 compostos químicos (FARAH et al., 2006; OOSTERVELD; VORAGEN; SCHOLS, 2003; FLAMENT, 2001; DAGLIA et al., 1998).

É crescente a demanda pela utilização de matérias-primas de origem natural na produção de alimentos processados (COHEN et al., 2018) uma vez que a população se preocupa, cada vez mais, com a manutenção da saúde (MARKLE; FISHER; SMEGO, 2015).

Diversos estudos foram conduzidos com o óleo de café torrado visando à utilização industrial, com foco no estudo das propriedades físicas (BHUIYAN et al., 2016; RABA et al., 2015; FERRARI et al., 2010), químicas (HURTADO-BENAVIDES; DORADO; SÁNCHEZ-CAMARGO, 2016), físico-químicas (CALLIGARIS et al., 2009; ARAÚJO; SANDI, 2007) e tecnológicas (PRASAD; PADMA; ANANDHARAMAKRISHNAN, 2019; FREIBERGER et al., 2015; SANDI et al., 2012). Porém, são escassos os trabalhos com óleos de café oriundos de grãos crus e torrados e o potencial do uso combinado dos referidos óleos como ingrediente na formulação de produtos alimentícios.

Objetivou-se, com este trabalho, estudar a atividade antioxidante, o comportamento reológico, a estabilidade oxidativa e o potencial antibacteriano de óleos do café arábica provenientes de grãos crus e torrados.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O café no Brasil

O cultivo do café se espalhou rapidamente pelo Brasil em função das condições climáticas. Em um espaço de tempo relativamente curto, saiu de uma posição secundária para a de produto base da economia brasileira. Desenvolveu-se com total independência, ou seja, apenas com recursos nacionais, constituindo a primeira realização exclusivamente brasileira que visou à produção de riquezas (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DO CAFÉ - ABIC, 2012).

O cafeeiro é uma planta perene, de porte arbustivo, pertencente à família Rubiaceae e ao gênero *Coffea*. Somente duas espécies desse gênero produzem frutos que têm importância econômica a *Coffea arabica* L. e a *Coffea canephora* Pierre, popularmente conhecidas como arábica e conillon e/ou robusta, respectivamente (WAGEMAKER et al., 2011; MATTIELLO et al., 2005; NAIDU et al., 2008).

O café arábica por apresentar melhor qualidade, tem uma bebida de maior valor comercial, alcançando preços superiores ao do café robusta que é muito utilizado em *blends* e na indústria de café solúvel por ter um maior teor de sólidos solúveis, apresentado maior rendimento industrial (REIS; CUNHA; CARVALHO, 2011).

Segundo dados do Conselho dos Exportadores de Café do Brasil - CECAFÉ (2018), o país é o maior produtor e exportador mundial de café. A cafeicultura nacional caracteriza-se como forte, competitiva internacionalmente e geradora potencial de receitas. Em 2018 a produção total de café no Brasil foi estimada em 61,7 milhões de sacas, e o Valor Bruto da Produção - VBP calculado em R\$ 25,05 bilhões (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA, 2018).

Nesse cenário, o estado de Minas Gerais possui o maior parque cafeeiro do Brasil, sendo o principal estado produtor (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2018). Possui mais de um milhão de hectares plantados, produzindo mais de 50% de toda a safra brasileira de café. As regiões mineiras que se destacam pela qualidade do produto são Cerrado, Chapadas de Minas, Matas de Minas, Mantiqueira de Minas e Sul de Minas (EMPRESA DE ASSISTÊNCIA TÉCNICA E EXTENSÃO RURAL DO ESTADO DE MINAS GERAIS - EMATER, 2016).

Vale destacar que há uma tendência da utilização do café para além da bebida, como, por exemplo, aditivos em alimentos processados (CEVALLOS, 2019), fonte de enzimas (RÊGO et al., 2019), adsorventes (RAMOS et al., 2018), adubos (CARNIER et al., 2019) e combustíveis (ANDRÉ, 2018).

2.2 Composição química dos grãos de café

Dentre os constituintes do café, são encontrados diversos compostos bioativos como ácidos clorogênicos, trigonelina, cafeína, vitamina B3 e quinídeos (TOCI; FARAH; TRUGO, 2006; SALDAÑA; MAZZAFERA; MOHAMED, 1997). São reconhecidos por suas propriedades benéficas à saúde humana, atuam na inibição da biossíntese dos leucotrienos, no efeito trófico sobre a microbiota intestinal, como estimulante do sistema nervoso central e antidepressivo, na redução dos riscos de incidência de várias doenças crônicas como câncer, diabetes e doenças cardiovasculares (ARAÚJO; MANCINI FILHO, 2006; SVILAAS et al., 2004).

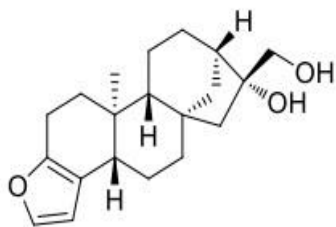
A fração lipídica representa em torno de 10-16% da composição química do grão de café arábica cru, composta principalmente por triacilgliceróis, esteróis e tocoferóis (AZEVEDO et

al., 2008; SPEER; SPEER, 2006). São expelidos para a camada de superfície do grão durante a torrefação formando uma camada que impede a volatilização de aromas e a perda imediata destes componentes (CLIFFORD; WILSON, 1985).

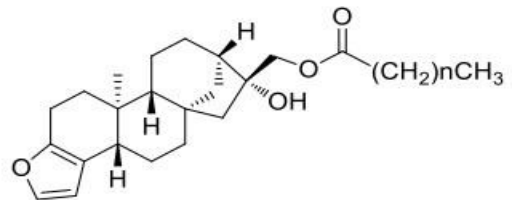
Adicionalmente, o óleo de café apresenta uma fração insaponificável que contém cafestol e caveol, dois furanoditerpenos da família dos cauranos, de interesse devido aos seus efeitos fisiológicos (DURÁN et al., 2017). Os palmitatos de cafestol e de caveol aumentam a atividade da glutathione S-transferase (GST), um grupo de enzimas multifuncionais capaz de atuar na defesa das células contra o estresse oxidativo e frente às substâncias estranhas ao organismo, conhecidas como xenobióticos (LAM; SPARNINS; WATTERBERG, 1982). Os diterpenos em questão apresentam ainda atividade anti-inflamatória (KIM et al., 2004) e potencial antioxidante (LEE; JEONG, 2007). O cafestol e o caveol estão presentes na forma livre e esterificada com diferentes ácidos graxos como pode ser observado na Figura 1.

Figura 1. Estrutura química do cafestol livre (A), cafestol esterificado (B), caveol livre (C) e caveol esterificado (D).

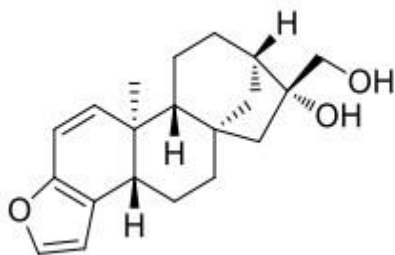
(A)



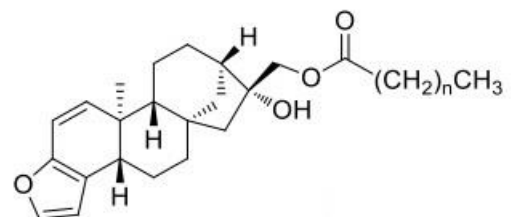
(B)



(C)



(D)



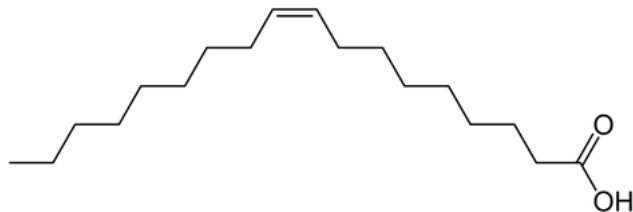
Fonte: www.sigmaaldrich.com

Os principais ácidos orgânicos presentes nos grãos de café são os cítrico, málico, clorogênico e quínico (KITZBERGER, 2012; BERTRAND et al., 2012; LINGLE, 2011; BALZER, 2001). O conteúdo de ácidos carboxílicos em cafés está associado ao nível de maturação dos grãos. Concentrações de ácido quínico e málico diminuem com o desenvolvimento do processo de maturação, já o ácido cítrico apresenta menores valores nos estágios iniciais de desenvolvimento do fruto (ROGERS et al., 1999).

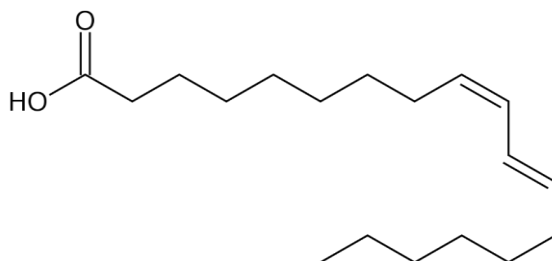
Sabe-se que os ácidos graxos encontrados como componentes de óleos e gorduras são membros do grupo de ácidos carboxílicos. Uma molécula de ácido graxo consiste em uma longa cadeia hidrocarbônica (CH_2), ligada a um grupo carboxílico em uma das extremidades (Figura 2). Com raras exceções, os ácidos graxos constituem os triacilgliceróis dos óleos e gorduras dos alimentos, possuem número par de átomos de carbono dispostos em uma cadeia linear, em decorrência de sua produção a partir de unidades de acetato derivados da acetil coenzima A. Ressalta-se que a maioria dos ácidos graxos de óleos e gorduras comestíveis possui uma cadeia carbônica de 16 a 18 carbonos, embora alguns alimentos apresentem ácidos graxos contendo 12, 14, 20 ou 22 carbonos (NUNES, 2013).

Figura 2. Estrutura química dos ácidos oleico (E) e linoleico (F)

(E)



(F)



Fonte: www.sigmaaldrich.com

Os compostos fenólicos são um grupo de metabólitos secundários que permitem aos vegetais a adaptação a ambientes bióticos e abióticos conferindo atributos de cor, aroma e sabor

além das propriedades tecnológicas e funcionais aos alimentos (OKSANA et al., 2012; BOUDET, 2007; TOMAS-BARBERAN; ESPIN, 2001). São mais de 8.000 compostos fenólicos já identificados, sendo os principais pertencentes à classe dos flavonóides, ácidos fenólicos, estilbenos e taninos. Muitas pesquisas acerca desse grupo de substâncias têm sido realizadas no sentido de afirmar que o consumo regular e em quantidades adequadas de vegetais, frutas e bebidas ricas em compostos fenólicos está associado à prevenção de diversas doenças crônicas não transmissíveis (PEREIRA; ANGELIS-PEREIRA, 2014).

Os fenólicos possuem propriedades fisiológicas e farmacológicas, como por exemplo, a atividade antioxidante conferida devido às propriedades redutoras e à estrutura química. Essas características desempenham um papel importante na neutralização de radicais livres e quelação de metais de transição, agindo tanto na etapa de iniciação como na propagação do processo oxidativo. Os intermediários formados pela ação de antioxidantes fenólicos são relativamente estáveis, em razão da ressonância do anel aromático presente na estrutura dessas substâncias. Entre os principais componentes da fração fenólica tem-se os ácidos clorogênicos, na forma de diversos isômeros (ABOUL-ENEIN; BERCZYNSKI; KRUK, 2013; DAMODARAN et.al., 2010; SOUZA et al., 2007; FARAH; DONANGELO, 2006).

Além disso, os fenólicos exercem também diversos outros efeitos biológicos específicos, por meio de mecanismos de ação mais complexos (CATALÁN et al., 2017), podendo apresentar eficácia quimiopreventiva (PAN et al., 2015; MANOHAR et al., 2013; BARVE et al., 2009), promover a modificação da ação de enzimas como cicloxigenases e lipoxigenases (HALLIWELL; RAFTER; JENNER, 2005), interagir nas vias de transdução de sinais (ZHANG et al., 2012) e com fatores de transcrição envolvidos em mecanismos de regulação da célula (HANEISHI et al., 2012) e atuar na supressão e prevenção de hiperplasias (OROZCO-SEVILLA et al., 2013).

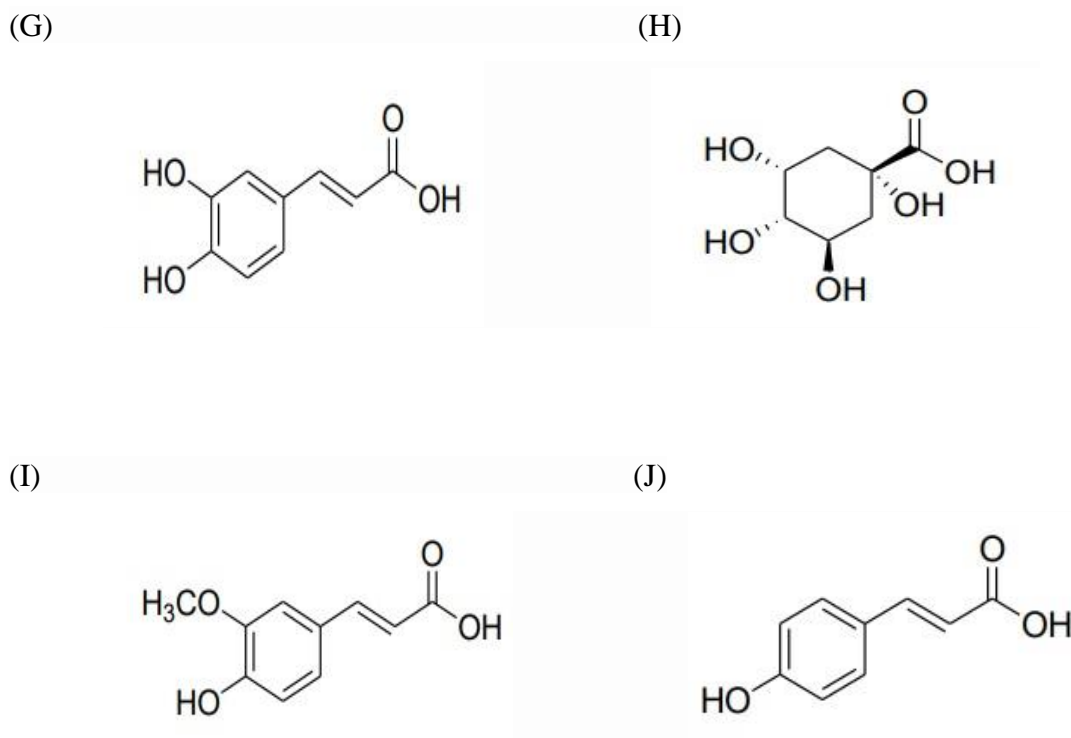
O grupo de compostos em questão são gradualmente decompostos, na torrefação do café, resultando na formação das melanoidinas, voláteis de aromas como o silicato de metila, vanilina e eugenol, além da liberação de CO₂. O ácido clorogênico é hidrolisado à ácidos caféico e quínico cujos sabores, são mais amargos e adstringentes do que dos outros ácidos, pois seu grupo cíclico é um fenol. Diversos compostos fenólicos têm sido identificados em café torrado e alguns deles são originados dos ácidos clorogênicos (PARR; BOWELL, 2000; MENEZES, 1994).

Antes da torrefação, um grande número de compostos voláteis é hidrocarboneto, após o processo, prevalecem os furanos e os compostos nitrogenados (PARLIMENT et al., 1999). Alguns compostos heterocíclicos têm sido considerados de alto impacto para o aroma do café

torrado. Dentre estes, destacam-se o 2-furil-metanotiol, o caveofurano, o N-furil-2-metil-pirrol, o 2- etilfurano, o N-etil-2-formil-pirrol, a tio-butirolactona e o 2-acetil-3-metil-tiofeno (OLIVEIRA, 2001).

A importância de compostos não voláteis do café como a trigonelina e os ácidos clorogênicos relaciona-se com a função de serem precursores de certos voláteis durante o processo de torrefação, contribuindo para o sabor e aroma característicos (MALTA; CHAGAS, 2009). Segundo Mullen et al. (2013). Os ácidos clorogênicos mais comuns nos grãos de café são os formados a partir dos ácidos caféico (G), quínico (H), ferúlico (I) e *p*-cumárico (J), principalmente (Figura 3).

Figura 3. Principais precursores dos ácidos clorogênicos no café.

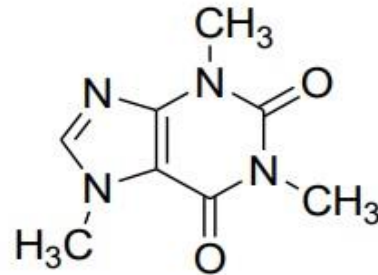


Fonte: www.sigmaaldrich.com

Outro constituinte do café que merece destaque é a cafeína (Figura 4), principalmente devido às propriedades estimulantes, farmacológicas e fisiológicas. É classificada como alcalóide do grupo das xantinas e designada quimicamente como 1,3,7-trimetilxantina. É empregada em alguns medicamentos atuando como agente antagonizador do efeito calmante, também se liga aos receptores da adenosina, bloqueando sua ação normal no cérebro de forma

a aumentar a atividade neural (RAHIMI et al., 2018; SINCLAIR; GEIGER, 2000; BARONE; ROBERTS, 1996).

Figura 4. Estrutura química da cafeína.



Fonte: www.sigmaaldrich.com/brazil.html

Já os açúcares livres predominantes nos grãos de café são frutose, glicose e sacarose, os componentes traços que podem ser encontrados são galactose, ribose, arabinose, estaquinose, rafinose, manose e ramnose (SANTOS et al., 2018; KITZBERGER, 2012). Durante o processo de torrefação do café, os açúcares redutores reagem com aminoácidos dando origem a compostos responsáveis pela cor marrom e aroma inerente (PEREIRA et al., 2000).

2.3 Óleos de café provenientes de grãos crus e torrados

Os óleos vegetais são amplamente utilizados em aplicações industriais devido ao seu papel importante na composição de diversos produtos alimentícios, farmacêuticos e cosméticos. Os lipídios podem atuar como emolientes, emulsificantes, veiculadores de aromas, modificadores de viscosidade, ligantes e lubrificantes. As aplicações específicas dependem das características do óleo, que também são passíveis de variações de acordo com as sementes utilizadas (AZEVEDO et al., 2008). São constituídos por uma mistura de tri, di e monoacilgliceróis, ácidos graxos livres, glicolipídeos, esteróis e outras substâncias (BERSET; CUVELIER, 1996).

Os óleos vegetais são constituídos principalmente por triacilgliceróis, que são substâncias formadas a partir da reação de uma molécula de glicerina e três moléculas de ácidos graxos. Vale salientar que os comprimentos das cadeias carbônicas e os graus de insaturação determinam das propriedades físicas e químicas dos óleos. As composições químicas também contam com esteróis, vitaminas lipossolúveis, tocoferóis, compostos fenólicos, ácidos graxos

livres e mono e diacilgliceróis (LEHNINGER; NIELSON; COX, 2018; KAMAL-ELDIN, 2006).

Os lipídeos são compostos que exercem várias funções do ponto de vista biológico, tais como: atividade antioxidante, estimulação do sistema imunológico, atividade antibacteriana e antiviral. Constituem, ainda, uma importante fonte de energia, contribuindo para manter um volume reduzido de alimentos necessários à manutenção do organismo (VOET; VOET; PRATT, 2014).

Entre os produtos resultantes do processamento dos grãos de café, destaca-se o óleo. Este pode ser obtido por compressão mecânica, isento de solventes com o objetivo de preservar as suas características e compostos ativos. No entanto, outras técnicas podem ser utilizadas para a extração dos óleos de café, como a extração por solventes e fluidos supercríticos (FRASCARELI et al., 2012; TURATTI, 2001).

A maior parte dos lipídeos está presente na forma líquida no interior das células do grão (MAGGIOLI, 2014). O óleo de café cru é um produto composto principalmente por triglicerídeos sendo o teor de matéria insaponificável relativamente alto (9,0 a 14,4%) quando comparado aos óleos vegetais que, em média, apresentam valores abaixo de 1% (SPEER; KOLLING-SPEER, 2006; GARATTINI, 1993; GROLLIER; PLESSIS, 1988; FOLSTAR, 1985; KHAN; BROWN, 1953). O óleo em questão possui propriedades de quimioproteção contra toxinas de ação carcinogênica e propriedades de proteção contra radiações solares UVB, sendo utilizado em formulações de filtros solares e cremes anti-idade (WAGEMAKER et al., 2016; WAGEMAKER et al., 2015; WAGEMAKER et al., 2014; WAGEMAKER et al., 2013; WAGEMAKER et al., 2012; WAGEMAKER et al., 2011).

O óleo de café proveniente dos grãos torrados, obtido por compressão, é composto por uma fração de lipídios e uma típica fração de voláteis de aroma de café. Essa fração contém boa proporção de constituintes aromáticos de baixa e média volatilidade (ROSELIUS; VITZTHUM; HUBERT, 1982). Comumente estão presentes no referido óleo as pirazinas, piridinas e derivados de furano (FRASCARELI, 2010; OLIVEIRA et al., 2005; BAREL; JACQUET, 1994).

O óleo de café cru é utilizado na indústria de cosméticos por sua propriedade emoliente fornecida pelos ácidos graxos e sua capacidade de bloquear radiações solares ultravioleta. Por ser rico em fitoesteróis, promovem excelente hidratação, rápida penetração e boa aderência em aplicações cosméticas (ALVAREZ; RODRIGUEZ, 2000). Além disso, possui propriedades tonificantes, suavizantes e antissépticas sendo empregado em formulações de cremes, hidratantes e sabonetes.

O óleo de café torrado é utilizado como fonte de aroma e sabor em produtos de confeitaria, balas, chocolates e na produção de café solúvel (ARAÚJO, 2011; HOFMANN; SCHIEBERLE, 2002; OLIVEIRA et al., 2005).

Durante o processamento, estocagem ou uso, os óleos podem sofrer alterações em sua estrutura glicéridica, que podem ser causadas pelo contato com agentes externos: a água, que leva a alterações hidrolíticas; o oxigênio atmosférico, que acarreta em alterações oxidativas e a temperatura que provoca alterações como a isomerização. Vale ressaltar que os óleos vegetais apresentam boa resistência aos processos oxidativos. Esse fato se deve à presença de antioxidantes naturalmente presentes nas fontes vegetais (ESKIN; SHAHIDI, 2015; JORGE, 2009; MORETTO; FETT, 1998).

2.4 Atividade antioxidante

Compostos antioxidantes compõem a classe dos alimentos funcionais, e a investigação acerca da capacidade antioxidante dos alimentos, sobretudo de produtos vegetais, tem sido objeto de estudo em muitas pesquisas na área de alimentos.

Os antioxidantes constituem substâncias capazes de inibir ou impedir a oxidação. A ação antioxidante pode se dar, teoricamente, de várias formas: ligando-se competitivamente ao oxigênio, retardando a etapa de iniciação, interrompendo a etapa de propagação pela destruição ou pela ligação dos radicais livres, inibindo os catalisadores ou estabilizando os hidroperóxidos (OLIVEIRA et al., 2009; OETTERER; REGITANO-d'ARCE; SPOTO, 2006).

A Portaria nº 398 de 30/04/99 da Secretaria de Vigilância Sanitária do Ministério da Saúde define alimento funcional como sendo todo alimento ou ingrediente que, além das funções nutricionais básicas, quando consumido na dieta usual, produz efeitos metabólicos e/ou fisiológicos e/ou efeitos benéficos à saúde, devendo ser seguro para consumo sem supervisão médica (BRASIL, 1999).

Os principais antioxidantes presentes nos produtos vegetais são: ácido ascórbico, carotenoides, tocoferóis e compostos fenólicos.

Os compostos fenólicos, substâncias que apresentam radical hidroxila ligados a um anel benzênico, constituem uma ampla faixa de polifenóis, agrupados em diferentes classes de acordo com a sua estrutura química. Variam desde fenóis simples, ácidos fenólicos e flavonóides, até polímeros complexos como a lignina (BELITZ; GROSCH, 2009; CHITARRA; CHITARRA, 2006).

Os ácidos fenólicos caracterizam-se por terem um anel benzênico, um grupamento carboxílico e um ou mais grupamentos de hidroxila e/ou metoxila na molécula, conferindo propriedades antioxidantes tanto para os alimentos como para o organismo (FERGUSON; HARRIS, 1999; CROFT, 1998).

Os antioxidantes fenólicos reagem com os radicais por doação de um átomo de hidrogênio ou de um elétron, detendo a reação de propagação em cadeia pela formação de compostos inativos e o radical do antioxidante é estabilizado por ressonância. Os fatores que influenciam essa atividade antioxidante incluem posição e número de hidroxilas, polaridade, solubilidade, potencial de redução, estabilidade do composto fenólico a operações de processamento do alimento e estabilidade do radical fenólico (DAMODARAN et.al., 2010).

A atividade antioxidante de um alimento é resultado da ação de cada um de seus componentes antioxidantes, estes podem interagir entre si e produzir efeitos sinérgicos ou inibitórios (KUSKOSKI et al., 2005; ABREU, 2010). Assim, a atividade antioxidante total de um alimento pode ser maior ou menor que a soma da atividade antioxidante de cada composto avaliado separadamente (BORGUINI, 2006).

Não há uma metodologia universal para a determinação da atividade antioxidante em alimentos, devido aos diferentes princípios em que se baseiam as diferentes metodologias e à complexidade das matrizes alimentares (ALVES et al., 2010).

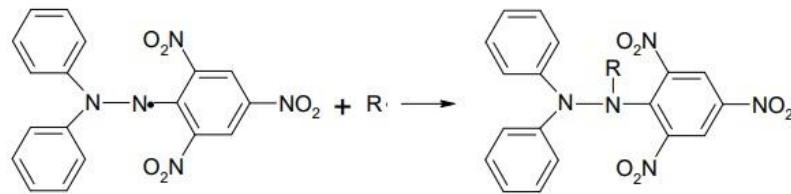
O método de Folin-Ciocalteu é bastante empregado na quantificação total de compostos fenólicos, porém não é possível a identificação individual dos compostos na amostra (PRIOR et al., 2005). Neste ensaio, o reagente possui coloração amarela (forma oxidada), reage com os compostos fenólicos, sob condições alcalinas, ocasionando a dissociação dos fenólicos com a formação de ânions fenolatos que, por sua vez, reduzem o reagente formando o complexo azul de molibdênio (forma reduzida) (GONÇALVES, 2008). O método baseia-se em uma reação colorimétrica, que pode ser avaliada por espectrofotometria à 750 nm, onde a intensidade da coloração da solução, contendo o reagente e o extrato que se quer analisar, permite a quantificação das substâncias redutoras (SOUSA, 2012).

Os métodos DPPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil) e ABTS (2,2-azino-bis (ethylbenzothiazoline- 6-sulfonic acid) diammonium salt) se baseiam em reações de transferência de elétron, em que um composto antioxidante reduz um substrato oxidante por meio da transferência de elétrons (PAZINATTO, 2008).

O DPPH é um radical nitrogênio orgânico estável de cor violeta intenso, simula as espécies reativas de oxigênio (ROS) e ao receber um elétron do agente antioxidante tem seu elétron emparelhado. A sua intensidade de coloração é reduzida, podendo ser medida a

atividade antioxidante pelo método de espectrofotometria no comprimento de onda 517 nm. À medida que o antioxidante vai inativando os radicais por meio da doação de elétrons, ocorre a diminuição da intensidade da coloração violeta (TIVERON, 2010), ou seja, a redução da absorbância é proporcional à concentração e a atividade antioxidante da amostra (RIBEIRO, 2011). A Figura 5 mostra a estabilização do radical em questão.

Figura 5. Estabilização do radical DPPH.

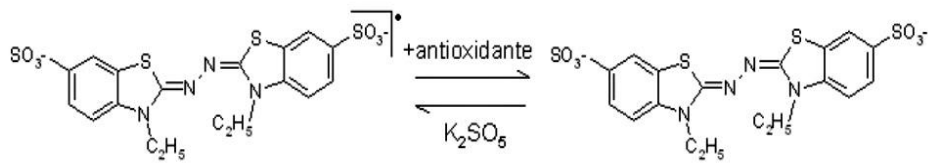


Fonte: www.embrapa.br

A porcentagem de atividade antioxidante (%AA) corresponde à quantidade de DPPH consumida pelo antioxidante. A quantidade de antioxidante necessária para diminuir a concentração inicial de DPPH em 50% é denominada concentração eficiente (EC_{50}), também chamada de concentração inibitória (IC_{50}). Logo, quanto maior o consumo de DPPH por uma amostra, menor será a sua EC_{50} e, conseqüentemente, maior a sua atividade antioxidante (SOUSA et al., 2007).

O ABTS é um método caracterizado pelo sequestro de radicais cátions $ABTS^{+}$ por antioxidantes presentes na reação. Ao contrário do radical DPPH que já vem pronto, o $ABTS^{+}$ necessita ser gerado por meio de reações químicas com persulfato de potássio e água, dando origem a um composto de cor azul esverdeada (RIBEIRO, 2011). A leitura é efetuada por meio da absorbância lida em espectro de absorção de UV-Vis máxima em 734 nm e, à medida que a captura do radical vai ocorrendo, há um decréscimo da absorbância, visualizada pela redução da intensidade da cor do composto (PEREIRA, 2009). A Figura 6 apresenta a estabilização do radical $ABTS^{+}$.

Figura 6. Estabilização do radical ABTS \cdot^+ .



Fonte: www.embrapa.br

Os resultados da atividade antioxidante são expressos como equivalentes a uma solução de TROLOX (6-hydroxy-2,5,7,8-tetramethylchroman-2-carboxylic acid), através da construção de uma curva de calibração com concentrações conhecidas desse composto (MAGALHÃES et al., 2008).

2.5 Comportamento reológico

A reologia é o estudo do comportamento deformacional e do fluxo da matéria submetido a tensões, sob determinadas condições termodinâmicas, ao longo de um intervalo de tempo (FELLOWS, 2006).

Na indústria de alimentos, o conhecimento do comportamento reológico tem desempenhado papel cada vez mais importante, permitindo melhor compreensão do comportamento mecânico dos alimentos, nem sempre fácil de prever e interpretar, como consequência da complexidade da sua composição e dos processos a que são submetidos. Além disso, o estudo reológico permite melhorar e controlar as propriedades funcionais de produtos convencionais e facilita o desenvolvimento de novos produtos (CASTRO, 2003).

Informações sobre a reologia dos produtos alimentícios é imprescindível para projetar equipamentos e tubulações industriais, controlar a qualidade das matérias-primas e produtos acabados, além de contribuir na previsão do prazo de validade dos produtos. Vale salientar que o comportamento reológico dos materiais é muito variado e complexo (RAO, 2014).

2.6 Estabilidade oxidativa

Uma das principais problemáticas que o setor industrial enfrenta é a instabilidade das matérias-primas. Quando expostas a longos períodos de armazenamento, a degradação de óleos

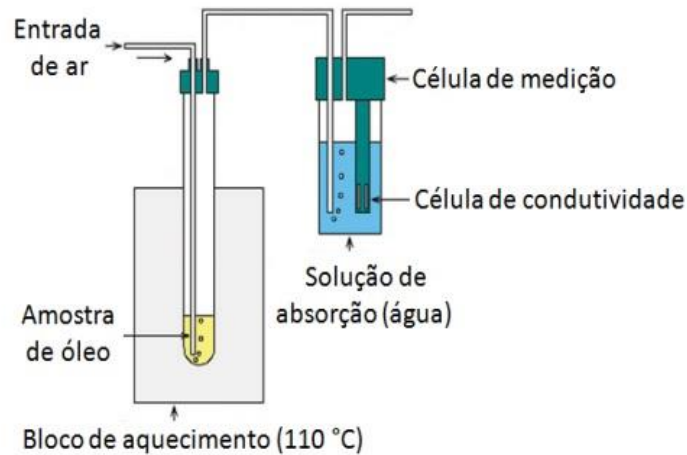
é acelerada por fatores, tais como: oxigênio, temperatura, metais, umidade, entre outras (MACHADO, 2014).

Um dos processos mais importantes de deterioração de compostos lipídicos é a oxidação, tendo como principal consequência o desenvolvimento da rancidez pela formação de odores e flavours indesejáveis (VERLEYEN; DYCK; ADAMS, 2008). Nesse sentido, o conhecimento da estabilidade oxidativa é importante para estabelecer o tipo de embalagem em que o produto deva ser envasado bem como as condições adequadas de armazenamento e transporte com vistas ao aumento da vida útil.

Assim, é importante conhecer os princípios e a complexidade das reações de oxidação lipídica e também os produtos dessas reações. A auto-oxidação é o processo mais comum em óleos e gorduras. O mecanismo de oxidação lipídica, baseado na teoria de radicais, começa com a presença de radicais livres de ácidos graxos insaturados e se inicia quando o radical livre ($R\bullet$) reage rapidamente com o oxigênio e forma os radicais peróxidos ($ROO\bullet$). A partir de então, esses radicais peróxidos se propagam mediante reação em cadeia com mais lipídios e levam à produção de hidroperóxidos ($ROOH$), os quais se decompõem rapidamente para formação de produtos de oxidação secundária (ORDÓÑEZ, J. et al. 2007; OETTERER; REGITANO-d'ARCE; SPOTO, 2006; HALBAUT et al., 1997).

O teste Rancimat é um dos métodos mais utilizados para estabelecer prognósticos sobre a estabilidade oxidativa de óleos e de biodiesel (NADALETI, 2014). A análise pelo referido método (Figura 7) consiste em passar um fluxo de ar constante pela amostra, numa temperatura fixa, em que ocorre, de forma gradativa, a oxidação. O tempo de indução medido é diretamente proporcional à condutividade elétrica da amostra, que aumenta devido à formação de produtos provenientes do processo oxidativo absorvidos em um recipiente que contém água destilada. O término da análise é detectado pelo súbito aumento desta condutividade, período em que ocorre a formação de produtos voláteis do processo oxidativo (JAIN; SHARMA, 2011).

Figura 7. Esquema do ensaio de estabilidade à oxidação pelo equipamento Rancimat.



Fonte: Melo, 2009

2.7 Atividade antibacteriana

Tornou-se crescente a adoção de políticas que objetivam a segurança alimentar de produtos industrializados. Embora a indústria faça uso de diferentes técnicas para garantir a qualidade e inocuidade dos produtos alimentares, as doenças veiculadas por alimentos são um problema de saúde pública (JAY, 2005). Sabe-se que diversos surtos de toxinfecções são causados por bactérias.

A ocorrência das referidas doenças tornou-se foco de discussões devido à preocupação mundial com estratégias que permitam seu controle e, conseqüentemente, garantam a colocação de produtos seguros no mercado consumidor. As alterações no perfil epidemiológico de enfermidades transmitidas por alimentos são devidas à expansão do mercado consumidor, à globalização econômica, alterações dos hábitos alimentares e aumento no consumo de alimentos industrializados ou produzidos fora do lar (HARRIS; ALI; RYU, 2018; CLIVER; RIEMANN, 2002).

Dentre as formas de controle da proliferação microbiana em alimentos pode-se mencionar o uso de aditivos químicos e emprego de compostos naturais como conservantes, com ou sem o auxílio da tecnologia de barreiras. Devido à suspeita sobre a toxicidade de alguns aditivos químicos em produtos e o abuso de utilização de tais compostos, medidas legislativas, cada vez mais enérgicas, tem sido colocadas em vigor, no cenário mundial (IVANOVIC et al., 2012).

Nesse sentido, há um crescente interesse pela busca de antimicrobianos naturais. Vale destacar que óleos vegetais têm sido objeto de estudo quanto ao potencial antibacteriano (MELHORANÇA FILHO; FERREIRA, 2012). Estudos realizados em solo brasileiro verificaram atividade antibacteriana de óleos de babaçu (NOBRE et al., 2018) pequi (EMERENCIANO, 2017), copaíba (BARDAJÍ et al., 2016), buriti (BATISTA et al., 2012), açai e pupunha (MELHORANÇA FILHO; PEREIRA, 2012).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os alimentos funcionais têm sido objeto de crescentes estudos nos âmbitos nacional e internacional. A diversidade de compostos bioativos e a ampla aplicação terapêutica de tais compostos justificam a inesgotável busca de conhecimentos acerca das suas propriedades.

Estudos com óleos de café obtidos de grãos verdes e torrados bem como as possíveis aplicações na indústria alimentícia podem proporcionar o desenvolvimento de processos e formulações, fomentar investimentos em pesquisa e desenvolvimento, além de gerar empregos e renda.

A implementação de novos produtos com adição de misturas de óleo de café verde e torrado sustenta a expectativa das empresas de aumentarem a lucratividade uma vez que os produtos passam a ter maior valor agregado. Nesse sentido, o desenvolvimento de alimentos com apelo funcional constitui um meio importante para a sustentação da competitividade haja vista que os consumidores estão cada vez mais preocupados com a manutenção e promoção da saúde.

Misturas de óleos de café verde e torrado são potenciais conservantes e aromatizantes na indústria alimentícia. Sugere-se como tema para futuros trabalhos de pesquisa, a aplicação dos *blends* em matrizes alimentares associada a testes sensoriais.

4. REFERÊNCIAS

ABOUL-ENEIN, H. Y.; BERCZYNSKI, P.; KRUK, I. Phenolic compounds: the role of redox regulation in neurodegenerative disease and câncer. **Mini-Reviews in Medicinal Chemistry**, v. 13, n.3, p. 385-398, 2013.

ABREU, W. C. **Características físicas, químicas e atividade antioxidante “in vitro” de tomate submetido à desidratação**. 2010. 156 p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.

ALVAREZ, A. M. R.; RODRÍGUEZ, M. L. G. Lipids in pharmaceutical and cosmetic preparations. **Grasas y Aceites**, v. 51, p. 74-96, 2000.

ALVES, C. Q.; DAVID, J. M.; DAVID, J. P.; BAHIA, M. V.; AGUIAR, R. M. Métodos para determinação de atividade antioxidante in vitro em substratos orgânicos. **Química Nova**, v. 33, n. 10, p. 2202-2210, 2010.

ANDRÉ, P. A. G. **Projeto de uma unidade de produção de bioetanol para valorização da borra de café**. 2018. 125 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Instituto Superior de Engenharia do Porto, Porto, 2018.

ANWAR, F.; KAMAL, G. M.; NADEEM, F; SHABIR, G. Variations of quality characteristics among oils of different soybean varieties. **Journal of King Saud University – Science**, v. 28, p. 332-338, 2016.

ARAÚJO, F. A.; MANCINI FILHO, J. Compostos bioativos do café e seus benefícios à saúde. **Revista Higiene Alimentar**, v.20, p.60-65, 2006.

ARAÚJO, J. M. A. **Química de Alimentos – Teoria e Prática**. Viçosa: Editora UFV, 2011.

ARAÚJO, J. M. A.; SANDI, D. Extraction of coffee diterpenes and coffee oil using supercritical carbon dioxide. **Food Chemistry**, v. 101, p. 1087-1094, 2007.

AZEVEDO, A. B. A.; KIECKBUSH, T. G.; TASHIMA, A. K.; MOHAMED, R. S.; MAZZAFERA, P.; MELO, S. A. B. V. Extraction of green coffee oil using supercritical carbon dioxide. **The Journal of Supercritical Fluids**. v.44, p.186-192, 2008.

BALZER, H. H. Acids in coffee. In: CLAKE, R. J; VITZTHUM, O.G. (Ed). **Coffee recente developments**. Berlin: Blackwell Science, p. 18, 2001.

BARDAJÍ, D. K. R.; SILVA, J. J. M.; BIANCHI, T. C.; EUGÊNIO, D. S.; OLIVEIRA, P. F.; LEANDRO, L. F.; ROGEZ, H. L. G.; VENEZIANNI, R. C. S.; AMBROSIO, S. R.; TAVARES, D. C.; BASTOS, J. K.; MARTINS, C. H. G. Copaifera reticulata oleoresin:

chemical characterization and antibacterial properties against oral pathogens. **Anaerobe**, v. 40, p.18-27, 2016.

BAREL, M.; JACQUET, M. La qualité du café ses causes son appréciation, son amélioration. **PlantationS, Recherche, Développement**, v. 1 p. 5-13, 1994.

BARONE, J.J.; ROBERTS, H.R. Caffeine consumption. **Food and Chemical Toxicology**, v. 34, n. 1, p. 119-129,1996.

BARVE. A.; CHEN, C.; HEBBAR, V.; DESIDERIO, J.; SAW, C. L.; KONG, A. N. Metabolism, oral bioavailability and pharmacokinetics of chemopreventive kaempferol in rats. **Biopharmaceutics & Drug Disposition**, v. 30, n. 7, p. 356-365, 2009.

BATISTA, J. S.; OLINDA, R. G.; MEDEIROS, V. B.; RODRIGUES, C. M. F.; OLIVEIRA, A. F.; PAIVA, E. S.; FREITAS, C. I. A.; MEDEIROS, A. C. Atividade antibacteriana e cicatrizante do óleo de buriti *Mauritia flexuosa* L. **Ciência Rural**, v. 42, n. 1, p. 136-141, 2012.

BELITZ, H. -D.; GROSCH,W.; SCHIEBERLE, P. **Food Chemistry**. Berlin: Springer. 2009. Disponível em: <<https://books.google.co.in/books?id=xteiARU46SQC&printsec=frontcover#v=onepage&q&f=false>>. Acesso em: 14 dez. 2018.

BERSET, C.; CUVELIER, M. E. Methodes d'évaluation du degré d' oxidation des lipides et de mesure du pouvoir antioxydant. **Sciences des Aliments**, v. 16, n. 3, p. 219-245, 1996.

BERTRAND, B.; BOULANGER, R.; DUSSERT, S.; RIBEYRE, F.; BERTHIOT, L.; DESCROIX, F.; JOET, T. Climatic factors directly impact the volatile organic compound fingerprint in green Arábica coffee bean as well as coffee beverage quality. **Food Chemistry**, v. 135, p. 2575-2583, 2012.

BORÉM, F. M. **Pós-colheita do café**. Lavras: Editora UFLA, 2015.

BORGUINI, R. G. **Avaliação do potencial antioxidante e de algumas características físico-químicas do tomate (*Lycopersicon esculentum*) orgânico em comparação ao convencional**. 2006. 178 p. Tese (Doutorado em Saúde Pública) - Universidade de São Paulo, São Paulo, 2006.

BOUDET, A. M. Evolution and current status of reserach in phenolic compunds. **Phytochemistry**, v. 68, p. 2722-2735, 2007.

BRASIL. Ministério da Saúde. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Portaria nº 398, de 30 de abril de 1999.

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

BHUIYAN, M. T. H.; CHOWDHURY, M. N.; AKTER, R.; RAHMAN, M. H.; RAHMAN, M. A.; KHAN, M. Determination of thermophysical properties of edible oil at high temperature using differential scanning calorimetry (DSC). **Middle-East Journal of Scientific Research**, v.24, p. 3302-3306, 2016.

CALLIGARIS, S.; MUNARI, M.; ARRIGHETTI, G.; BARBA, L. Insights into the physicochemical properties of coffee oil. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 111, p. 1270-1277, 2009.

CARNIER, R.; BERTON, R. S.; COSCIONE, A. R.; PIRES, A. M. M. CORBO, J. Z. F. Coffee silverskin and expired coffee powder used as organic fertilizers. **Coffee Science**, v. 14, n. 1, p. 24-32, 2019.

CASAL, S.; OLIVEIRA, M. B.; ALVES, M. R.; FERREIRA, M. A. Discriminate Analysis of Roasted Coffee Varieties for Trigonelline, Nicotinic Acid, and Caffeine Content. **Food Chemistry**, v. 48, p. 3420 - 3424, 2000.

CASTRO, A. G. **A química e a Reologia no Processamento dos Alimentos**. Lisboa: Instituto Piaget, 2003.

CATALÁN, U.; BARRUBÉS, L.; VALLS, R. M.; SOLÀ, R.; RUBIO, L. In vitro Metabolomic Approaches to Investigating the Potential Biological Effects of Phenolic Compounds: An Update. **Genomics Proteomics Bioinformatics**, v.16, p. 236-245, 2017.

CEVALLOS, A. A. V. **Análisis del poder edulcorante de la pulpa de café deshidratada (coffea arábica) variedad Caturra**. 2019. 80 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Ingeniería agroindustrial y de alimentos) - Universidad de las Américas, Quito, 2019.

CHAVES, M. H. Fenóis totais e atividade antioxidante de cinco plantas medicinais. **Química Nova**, São Paulo, v.30, n.2, p.351-355, jul. 2007.

CHENG, J. C.; DAI, F.; ZHOU, B.; YANG, L.; LIU, Z. L. Antioxidant activity of hydroxycinnamic acid derivatives in human low density lipoprotein: Mechanism and structure-activity relationship. **Food Chemistry**, v. 104, p. 132-139, 2007.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças – Glossário**. Lavras: Editora UFLA, 2006.

CLARKE, R. J.; MACRAE, R. **Coffee**. Londres: Elsevier, v. 1, n. 2, 1989.

CLIFFORD, M.N. Chemical and physical aspects of green coffee and coffee products. In: CLIFFORD, M.N. & WILLSON, K.C., eds. **Coffee: botany, biochemistry and production of beans and beverage**. Westport, Connecticut, Avi Publishing, 1985.

CLIVER, D. O.; RIEMANN, H. P. **Foodborn Diseases**. San Diego: Academic Press, 2002. Disponível em: <
<https://books.google.com.br/books?id=Ze1n0IEPV8EC&printsec=frontcover&dq=foodborne+illness&hl=pt-BR&sa=X&ved=0ahUKEwigr-rH6avfAhXCIZAKHVljATMQ6AEIKTAA#v=onepage&q=foodborne%20illness&f=false>>. Acesso em: 19 dez. 2018.

COHEN, S. M.; EISENBRAND, G.; FUKUSHIMA, S.; GOODERHAM, N. J.; PETER GUENGERICH, F. P.; HECHT, S. S.; RIETJENS, I. M. C. M.; DAVIDSEN, J. M.; , HARMANH, C. L.; TAYLOR, S. V. Updated procedure for the safety evaluation of natural flavor complexes used as ingredients in food. **Food and Chemical Toxicology**, v. 113, p. 171-178, 2018.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra de café**, v. 5, n. 3, setembro, 2018. Disponível em: <
<file:///C:/Users/Usuario/Downloads/BoletimZCafeZsetembroZ2018.pdf>>. Acesso em: 12 dez. 2018.

CROFT, K. D. The chemistry and biological effects of flavonoids and phenolic acids. **Annals of the New York Academy of Science**, New York, v.854, p.435-442, 1998.

DAGLIA, M.; PAPETTI, A; DACARRO, C.; GAZZANI, G. Isolation of an antibacterial component from roasted coffee. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, v. 18, p. 219-225, 1998.

DAMODARAN, S.; PARKIN, K.L.; FENNEMA, O.R. **Química de Alimentos de Fennema**. Porto Alegre: Editora Artmed, 2010.

DE MARIA, C. A. B.; MOREIRA, R. F. A.; TRUGO, L. C. Componentes voláteis do café torrado. Parte I: compostos heterocíclicos. **Química Nova**, v. 22, p. 209-217, 1999.

DURÁN, C. A. A.; TSUKUI, A.; SANTOS, F. K. F.; MARTINEZ, S. T.; BIZZO, H. R.; REZENDE, C. M. Café: aspectos gerais e seu aproveitamento para além da bebida. **Revista Virtual de Química**, v. 9, p. 107-134, 2017.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Valor bruto da produção**. 8 p., novembro, 2018. Disponível em: <
http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/informe_estatistico/VBP_11_18.pdf>. Acesso em: 5 mar. 2019.

EMERENCIANO, N, M. J. **Avaliação da atividade antibacteriana do óleo de pequi extraído artesanalmente (*Caryocar sp.*)**. 2017. 53 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Nutrição) – Universidade Federal de Pernambuco, Vitória de Santo Antão, 2017.

ESKIN, N. A. M; SHAHIDI, F. **Bioquímica de Alimentos**. Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2015.

FARAH, A.; DONANGELO, C.M. Phenolic compounds in coffee. **Brazilian Journal Plant of Physiololy**, Londrina, v. 18, n. 1, p. 23-26, June/Mar. 2006.

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

FARIA, A. A.; LELES, M. I. G.; IONASHIRO, M.; ZUPPA, T. O.; ANTONIOSI FILHO, N. R. Estudo da Estabilidade Térmica de Óleos e Gorduras Vegetais por TG/DTG e DTA. **Eclética Química**, v. 27, p. 111-119, 2002.

FELLOWS, P. J. **Tecnologia do Processamento de Alimentos – Princípios e Prática**. Porto Alegre: ARTMED, 2006.

FERGUSON, L.R., HARRIS, P.J. Protection against cancer by wheat bran: role of dietary fibre and phytochemicals. **European Journal of Cancer Prevention**, Oxford, v. 8, n. 1, p. 17-25, 1999.

FERRARI, M.; RAVERA, F.; ANGELIS, E.; LIVERANI, F. S.; NAVARINI, L. Interfacial properties of coffeeo oil. **Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects**, v.365, p. 79-82, 2010.

FLAMENT, I. **Coffee flavor chemistry**. Chichester: J. Wiley, 2001. Disponível em: <<https://www.wiley.com/en-us/Coffee+Flavor+Chemistry-p-9780471720386>>. Acesso em: 11 dez. 2018.

FOLSTAR, P. Lipids. **Coffee Chemistry**. Clarke, R. J. and Macrae, R. Amsterdam: Elsevier Applied Science Publishers, 1985.

FREIBERGER, E. B.; KAUFMANN, K. C.; BONA, E.; HERMES, A. P. H.; SAYER, C.; LEIMANN, F. V.; GONÇALVES, O. H. Encapsulation of roasted coffee oil in biocompatible nanoparticles. **LWT – Food Science and Technology**, v. 64, p. 381-389, 2015.

FRASCARELI, E. C.; SILVA, V. M.; TONONA, R. V.; HUBINGER, M.D. Effect of process conditions on the microencapsulation of coffee oil by spray drying. **Food and Bioproducts Processing**, 2012.

FRASCARELI, E. **Microencapsulação de óleo de café através de secagem por atomização: avaliação das propriedades da emulsão e do tipo de material de parede sobre as características do pó**. 2010. 181p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Alimentos) - Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2010.

GARATTINI, S. **Caffeine, Coffee, and health**. New York : Raven Press, 1993. Disponível em: <<http://www.worldcat.org/title/caffeine-coffee-and-health/oclc/645863770>>. Acesso em: 13 dez. 2018.

GASSENMEIER, T.; BUSH, P.; HENSEN H.; SEIPEL, W. Some aspects of reafatting the skin, **Cosmetics & Toiletries**, v. 113, p. 89-92, 1998.

GONÇALVES, A. E. S. S. **Avaliação da capacidade antioxidante de frutas e polpas de frutas nativas e determinação dos teores de flavonóides e vitamina C**. 2008. 88p. Dissertação (Mestrado em Ciências de Alimentos) - Universidade de São Paulo, São Paulo. 2008.

GROLLIER, J. F.; PLESSIS, S. Use of coffee bean oil as a sun filter. US Patent 4793990, 1988. Disponível em: <<https://patents.google.com/patent/US4793990A/en?q=Use&q=coffee+bean+oil&q=sun&q=filter&oq=Use+of+coffee+bean+oil+as+a+sun+filter>>. Acesso em: 13 dez. 2018.

GUZZO, L. S; PEREZ, A. C; ROMERO, T. R. L; AZEVEDO, A. O; DUARTE, I. D. G. Cafestol, a coffee-specific diterpene, induces peripheral antinociception mediated by endogenous opioid peptides. **Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology**, v. 39, p. 412-416, 2012.

HALBAUT, L.; BARBÉ, C.; ARÓZTEGUI, M.; DE LA TORRE, C. Oxidative stability of semi-solid excipient mixtures with corn oil and its implication in the degradation of vitamin A. **International Journal of Pharmaceutics**, v. 147, p. 31-40, 1997.

HALLIWEL, B.; RAFTER, J.; JENNER, A. Health promotion by flavonoids, tocopherols, tocotrienols, and other phenols: direct or indirect effects? Antioxidant or not? **The American Journal of Clinical Nutrition**, v. 81, p. 268S-276S, 2005.

HANEISHI, A.; TAKAGI, K.; ASANO, K.; NAKAMURA, S.; YAMADA, K. Analysis of induction mechanisms of an insulin-inducible transcription factor SHARP-2 gene by (-)-epigallocatechin-3-gallate. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, p. 9850-9855, 2012.

HARRIS, K. J.; ALI, F.; RYU, K. Foodborne illness outbreaks in restaurants and patrons propensity to return. **International Journal of Contemporary Hospitality Management**, v. 30, p. 1273-1292, 2018.

HARTMAN, L; LAGO, R.C.A.; TANGO, J.S.; TEIXEIRA, C.G. The effect of unsaponifiable matter on the properties of coffee seed oil. **Journal of American Oil Chemistry Society**, v.45, n. 8, p. 577-579, 1968.

HOFMANN, T.; SCHIEBERLE, P. Chemical Interactions between Odor-Active Thiols and Melanoidins Involved in the Aroma Staling of Coffee Beverages. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**. v. 50, p. 319-326, 2002.

HURTADO-BENAVIDES, A.; DORADO, D. A.; SÁNCHEZ-CAMARGO, A. P. Study of the fatty acid profile and the aroma composition of oil obtained from roasted Colombian coffee beans by supercritical fluid extraction. **The Journal of Supercritical Fluids**, v. 113, p. 44-52, 2016.

ILLY, A.; VIANI, R. **Espresso Coffee: the Science of Quality**, London: Elsevier, 2005.

IVANOVIC, J.; MISIC, D.; ZIZOVIC, I.; RISTIC, M. In vitro control of multiplication of some food-associated bacteria by thyme, rosemary and sage isolates. **Food Control**, v. 25, p. 110-116, 2012.

JAY, J. M. **Microbiologia de alimentos**. Porto Alegre: Artmed, 2005.

JORGE, N. **Química e tecnologia de óleos vegetais**. São Paulo: Editora Cultura Acadêmica, 2009. Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/arquivo/37639171/livro---quimica-e-tecnologia-de-oleos-vegetais>>. Acesso em: 13 dez. 2018.

KAMAL-EDIN, A. Effect of fatty acids and tocopherols on the oxidative stability of vegetable oils. **European Journal of Lipid Science and Technology**. v. 58, p. 10511061, 2006.

KHAN, N.A.; BROWN, J.B. The composition of coffee oils and its component fatty acids. **Journal American Oil Chemistry Society, Champaign**, v. 30, n.12, p.606-609, 1953.

KIM, J. Y.; JUNG, K. S.; LEE, K J.; NA, H. K.; CHUN, H-K.; KHO, Y-H., JEONG, H. G. The coffee diterpene kahweol suppress the inducible nitric oxide synthase expression in macrophages. **Cancer Letters**, n. 213, p. 147-154, 2004.

KITZBERGER, G. S. G. **Caracterização e discriminação de cafés arábica de diferentes variedades cultivados nas mesmas condições edafoclimáticas**. 2012. 146p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2012.

KUSKOSKI, E.M.; ASUERO, A.G.; TRONCOSO, A.M.; MANCINI-FILHO, J.; FETT, R. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v.25, n.4, p. 726-732, 2005.

LAM, L. K. T.; SPARNINS, V. L.; WATTERBERG, L. W. Isolation and Identification of Kahweol Palmitate and Cafestol Palmitate as Active Constituents of Green Coffee Beans That Enhance Glutathione S-Transferase Activity in the Mouse. **Cancer Research**, v. 42, p. 1193-1198, 1982.

LEE, K. J.; JEONG, H. G. Protective effects of kahweol and cafestol against hydrogen peroxide-induced oxidative stress and DNA damage. **Toxicology Letters**, n. 173, p. 80-87, 2007.

LEHNINGER, A.; NIELSON, D.L.; COX, M.M. **Princípios de Bioquímica**. New York: Worth Publisher, 2018.

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

MACHADO, Y. L. **Avaliação da estabilidade oxidativa e determinação da cinética de oxidação de óleos vegetais, ácido oleico e biodiesel utilizando o método PetroOXY (ASTM D7545)**. 2014. 180 p. Tese (Doutorado em Engenharia Química) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2014.

MAGALHÃES, L. M.; SEGUNDO, M. A.; REIS, S.; LIMA, J. L.. F. C. Methodological aspects about in vitro evaluation of antioxidant properties. **Analytica Chimica Acta**, v. 613, p. 1 – 19, 2008.

MAGGIOLI, M. F. **Retenção de óleo de café verde em complexos coacervados de proteínas concentradas do soro de leite ou soja e goma arábica**. 2014. 95 p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.

MALTA, M. R.; CHAGAS, S. J. R. Avaliação de compostos não-voláteis em diferentes cultivares de cafeeiro produzidas na região do sul de Minas Gerais. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 31, n. 1, p. 57-61, 2009.

MANOHAR, M. FATIMA, I.; SAXENA, R.; CHANDRA, V.; SANKHWAR, P. L.; DWIVEDI, A. (-)-Epigallocatechin-3-gallate induces apoptosis in human endometrial adenocarcinoma cells via ROS generation and p38 MAP kinase activation. **The Journal of Nutritional Biochemistry**, v. 24, n. 6, p. 940-947, 2013.

MARTINS, A. L. **História do Café**. São Paulo: Editora Contexto, 2008.

MARKLE, W. H.; FISHER, M. A.; SMEGO, R. A. **Compreendendo a saúde global**. Porto Alegre: Editora Artmed, 2015.

MARTO, J. ; GOUVEIA, L. F. ; CHIARI, B. G. ; PAIVA, A. ; ISAAC, V. ; PINTO, P. ; SIMÕES, P. ; ALMEIDA, A. J. ; RIBEIRO, H. M. The green generation of sunscreens: Using coffee industrial sub-products. **Industrial Crops & Products**, v. 80, p. 93-100, 2016.

MELHORANÇA FILHO, A. L.; PEREIRA, M. R. R. Atividade antimicrobiana de óleos extraídos de açaí e de pupunha sobre o desenvolvimento de *Pseudomonas aeruginosa* e *Staphylococcus aureus*. **Bioscience Journal**, v. 28, n. 4, p. 598-603, 2012.

MELLO, D.; KUNZLER, D. K.; FARAH, M. a cafeína e seu efeito ergogênico. **Revista Brasileira de Nutrição Esportiva**. São Paulo v. 1, n. 2, p. 30-37, mar/abril, 2007.

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

MOREIRA, R. F. A.; TRUGO, L. C.; DE MARIA, C. A. B. Componentes voláteis do café torrado. Parte II. Compostos alifáticos, alicíclicos e aromáticos. **Química Nova**, v. 23, p. 195-203, 2000.

MORETTO, E.; FETT, R. **Tecnologia de óleos e gorduras vegetais na indústria de alimentos**. São Paulo: Editora Varela, 1998.

MULLEN, W.; NEMZER, B.; STALMACH, A.; ALI, S.; COMBET, E. Polyphenolic and Hydroxycinnamate Contents of Whole Coffee Fruits from China, India, and Mexico Phenolic compounds. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 61, p. 5298-5309, 2013.

NADALETI, W. C. **Planejamento fatorial: estudo da estabilidade oxidativa de blendas de biodiesel de soja, crambe, babaçu e gordura suína**. 2014. 76 p. Dissertação (Mestrado em Energia na Agricultura) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2014.

NOBRE, C. B.; SOUSA, E. O.; SILVA, J. M. F. L.; COUTINHO, H. D. M.; COSTA, J. G. M. Chemical composition and antibacterial activity of fixed oils of *Mauritia flexuosa* and *Orbignya speciosa* associated with aminoglycosides. **European Journal of Integrative Medicine**, n. 23, p. 84-89, 2018.

NUNES, C. A. **Tecnologia de óleos e gorduras para engenharia de alimentos**. Texto acadêmico. Lavras: Editora UFLA, 2013.

OETTERER, M.; REGITANO-d'ARCE, M. A. B.; SPOTO, M. H. F. **Fundamentos de Ciências e Tecnologia de Alimentos**. Barueri: Editora Manole, 2006.

OKSANA, S.; MARIAN, B.; MAHENDRA, R.; BO, S. H. Plant phenolic compounds for food, pharmaceutical and cosmetics production. **Journal of Medicinal Plants Research**, v. 6, p. 2526-2539, 2012.

OLIVEIRA, A. L. **Extração supercrítica de óleo aromático de café torrado**. 2001, 405p. Tese (Doutorado em Engenharia) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2001.

OLIVEIRA, A. C.; VALENTIM, I. B.; GOULART, M. O. F.; SILVA, C. A.; BECHARA, E. J. H.; TREVISAN, M. T. S. Fontes vegetais naturais de antioxidantes. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 689-702, 2009.

OLIVEIRA, A. L.; CRUZ, P. M.; EBERLIN, M. N.; CABRAL, F. A. Brazilian roasted coffee oil obtained by mechanical expelling: compositional analysis by GC-MS. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n. 4, p. 677-682, 2005.

OOSTERVELD, A.; VORAGEN, A.G.J.; SCHOLS, H.A. Effect of roasting on the carbohydrate composition of *Coffea arabica* beans. **Carbohydrate Polymers**, v. 54, p. 183-192, nov. 2003.

ORDÓÑEZ, J. A.; RODÍGUEZ, M. I. C.; ÁLVAREZ, L. F.; SANZ, M. L. G.; MIGUILLÓN, G. D. G. F.; PERALES, L. H.; CORTECERO, M. D. S. **Tecnología de Alimentos. Porto Alegre**: Editora ARTMED, 2007.

OROZCO-SEVILLA, V.; NAFTALOVICH, R.; HOFFMANN, T.; LONDON, D.; CZERNIZER, E.; YANG, C.; DARDIK, A.; DARDIK, H. Epigallocatechin-3-gallate is a potent phytochemical inhibitor of intimal hyperplasia in the wire-injured carotid artery. **Journal of Vascular Surgery**, v. 58, n.5, p. 1360-1365, 2013.

PAN, M.; CHIOU, Y.; CHEN, L.; HO, C. Breast cancer chemoprevention by dietary natural phenolic compounds: specific epigenetic related molecular targets. **Molecular Nutrition & Food Research**, v. 59, p. 21-35, 2015.

PARLIMENT, T. H.; CHI-TANG HO; SCHIEBERLE. **Caffeinated beverages: health benefits, physiological effects, and chemistry**. 217th National American Chemical Society, p. 188 – 261, 1999.

PARR, A. J.; BOLWELL, G. P. Phenols in the plant and in man: the potential for possible nutritional enhancement of the diet by modifying the phenols content or profile. **Journal of the Science of Food and Agricultural**, v. 80, p. 985-1012, 2000.

PAULUCI, L. F.; MORGANO, M. A.; MORI, E. E. M.; BASSI, D. M. Minerais em café cru do Brasil. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas. Industrialização. Embrapa Café. Belo Horizonte: Minsplan, p. 726-729, 2000.

PAZINATTO, C. **Avaliação in vitro da capacidade antioxidante de grãos de amaranto (*Amaranthus cruentus*)**. 2008. 80 p. Dissertação (Mestrado em Alimentos e Nutrição) – Faculdade de Engenharia de Alimentos, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2008.

PEREIRA, R. C.; ANGELIS-PEREIRA, M. C. **Compostos fenólicos na saúde humana: do alimento ao organismo**. Texto acadêmico. Lavras: Editora UFLA, 2014.

PEREIRA, A.C.S. **Qualidade, compostos bioativos e atividade antioxidante total de frutas tropicais e cítricas produzidas no Ceará**. 2009. 120 p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimentos), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, 2009.

PEREIRA, R. G. F. A.; BORÉM, F. M.; VILLELA, T. C.; BARRIOS, E. B. Avaliação da composição química de cafés (*Coffea arabica* L.) da região do alto Rio Grande – Sul de Minas Gerais. In: Simpósio de pesquisa dos cafés do Brasil, 2000, Vitória. **Anais ...** Vitória: IAC, 2000.

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

PRASAD, R. M. N.; REDDY, M. N.; PADMA, I. S.; ANANDHARAMAKRISHMAN, C. Nanoencapsulation of roasted coffee bean oil in whey protein wall system through nanospray drying. **Journal of Food Processing and Preservation**, p. 1-8, 2019.

RABA, D. N.; POIANA, M.; BOROZAN, A. B.; STEF, M.; RADU, F.; POPA, M. Investigation on Crude and High-Temperature Heated Coffee Oil by ATR-FTIR Spectroscopy along with Antioxidant and Antimicrobial Properties. **PLOS ONE**, v. 14, p. 1-20, 2015.

RAHIMI, A.; ZANJANCHIA, M. A.; BAKHTIARIC, S.; DEHSARAEI, M. Selective determination of caffeine in foods with 3D-graphene based ultrasound-assisted magnetic solid phase extraction. **Food Chemistry**, v. 262, p. 206–214, 2018.

RAMOS, R.; ALVARENGA, L. H. C.; PAULA, S. M.; CARBONARI, A. W.; SILVA, M. Produção de adsorventes a base de borra de café industrializado e folhas de *Corymbia citriodora* (eucalipto limão). **Dissertar**, v. 1, n.28, p. 17-22, 2018.

RAO, M. A. **Rheology of Fluid, Semisolid, and Solid Foods – Principles and Applications**. New York: Springer, 2014. <Disponível em: <<https://books.google.com.br/books?id=9-23BAAAQBAJ&pg=PR5&dq=rheological+behavior+of+food&hl=pt-BR&sa=X&ved=0ahUKEwj91rCP9anfAhVOlpAKHdzICrEQ6AEIKTAA#v=onepage&q=rheological%20behavior%20of%20food&f=false>>. Acesso em: 18 dez. 2018.

RÊGO, A. P. B.; CUNHA, C. R. B.; SANTOS, R. S.; VAL DE ASSIS, F. G.; 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.

REIS, P.R.; CUNHA, R. L.; CARVALHO, G.R. **Café Arábica da pós-colheita ao consumo**. Lavras: Editora EPAMIG, 2011.

RIBEIRO, J. M, 2015. **Estudo da composição química e das atividades antioxidante e antibacteriana dos óleos extraídos dos grãos de café (*coffea arabica*) cru e torrado**. 2015.

72 p. Dissertação (Mestrado em Química) – Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, Diamantina, 2015.

RIBEIRO, E. M. G. **Atividade antioxidante e polifenóis totais do fruto de cagaita (*Eugenia dysenterica* DC) com e sem casca**. 2011, 77 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Farmacêuticas) - Faculdade de Farmácia da Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2011.

ROGERS, W. J.; MICHAUX, S.; BASTIN, M.; BUCHELI, P. Changes to the content of sugars, sugar alcohols, myo-inositol, carboxylic acids and inorganic anions in developing grains from different varieties of Robusta (*Coffea canephora*) and Arabica (*C. arabica*) coffees. **Plant Science**, v. 149, p. 115-123, 1999.

ROSELIUS, W.; VITZHUM, O.; HUMBERT, P. Method of extracting coffee containing aroma constituents from roasted coffee. US Patent 4328255, 1982. Disponível em: <<https://patents.google.com/patent/US4328255A/en?q=Method&q=extracting&q=coffee&q=containing&q=aroma&q=constituents&q=roasted+coffee&q=Method+of+extracting+coffee+containing+aroma+constituents+from+roasted+coffee>>. Acesso em: 13 dez. 2018.

SALDAÑA, M. D. A.; MAZZAERA, P.; MOHAMED, R. S. S. Extração dos alcalóides cafeína e trigonelina dos grãos de café com CO₂ supercrítico. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 17, n. 4, 1997.

SANDI, D.; ARAÚJO, J. M. A.; MONTES-MONTES, E. J.; COIMBRA, J. S. R.; FERREIRA, S. R. S. Modeling oil extraction from green and roasted coffee by means of supercritical CO₂. **International Journal of Food Engineering**, v. 8, p. 1-10, 2012

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. **Brazilian Journal of Food Technology**, v. 21, p. 1-10, 2018.

SINCLAIR, C.J.D.; GEIGER, J.D. Caffeine use in sports. A pharmacological review. **Journal of Sports Medicine Physical Fitness**, v. 40, n. 1, p. 71-79, 2000.

SOUZA, J. M. S. **Análise de compostos fenólicos e avaliação da atividade antioxidante e antimicrobiana de extratos aquosos de cogumelos comestíveis produzidos no Brasil**. 2012. 135 p. Dissertação (Mestrado em Ciência de Alimentos) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2012.

SOUZA, E. C.; VILAS BOAS, E. V. B. ; VILAS BOAS, B. M.; RODRIGUES, L. J.; PAULA, N. R. F. Qualidade e vida útil de pequi minimamente processado armazenado sob atmosfera modificada. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 31, p. 1811-1817, 2007.

SOUZA, C. M. M.; SILVA, H. R.; VIEIRA-JUNIOR, G. M.; AYRES, C. L. S. C.; ARAUJO, D. S.; CAVALCANTE, L. C. D.; BARROS, E. D. S.; ARAUJO, P. B. M.; BRANDAO, M. S.; SPEER, K.; KOLLING-SPEER, I. K. The lipid fraction of the coffee bean. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 18, n. 1, p. 201-216, 2006.

SPEER, K.; SPEER, I. K. The lipid fraction of coffee bean. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 18, p. 201-216, 2006.

SVILAAS, A. et al. Intakes of antioxidants in coffee, wine and vegetables are correlated with plasma carotenoids in humans. **Journal of Nutrition**, Philadelphia, v. 134, n.3, p. 562-567, 2004.

TOMAS-BARBERAN, F. A.; ESPIN, J. C. Phenolic compounds and related enzymes as determinants of quality in fruits and vegetables. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 81, n. 81, p. 853-876, 2001.

TRUGO, L. C. **HPLC in coffee analysis**. PhD Thesis, University of Reading, England, 1984.

TSUKUI, A.; OIGMAN, S. S.; REZENDE, C. M. **Óleo de Grãos de Café Cru: Diterpenos Cafestol e Cafeol**. Revista Virtual de Química, 2013.

TURATTI, J. M. **Extração e Caracterização do óleo de café**. In: II Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, p. 1533-1539, 2001.

VEIGA, C. C.; SIMONI, R. C.; ALMEIDA, M. M. C.; GONÇAVES, O. H.; SHIRAI, M. A.; LEIMANN, F. V. Microencapsulation of roasted coffee oil by complex coacervation with gelatin/gum arabic enzymatically crosslinked. **Brazilian Journal of Food Research**, v. 7, p. 156-172, 2016.

VERLEYEN, T.; DYCK, S. V.; ADAMS, C. A. Chapter 9 “Accelerated Stability Tests”. In: KAMAL-ELDIN, A.; POKORNÝ, J. **Analysis of Lipid Oxidation**, 2008. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=eljiOgAACAAJ&dq=Analysis+of+Lipid+Oxidation,+2008.&hl=pt-BR&sa=X&ved=0ahUKEwigqenXuarfAhUDDJAKHTQuBBsQ6AEIKTAA.>>. Acesso em: 18 dez. 2018.

VINECKY, F.; BLOCH Jr, C. Peptídios opiodes. BR Patente 10 2014 020352 4, 2014. Disponível em: <https://gru.inpi.gov.br/pePI/servlet/PatenteServletController?Action=detail&CodPedido=993840&SearchParameter=10%202014%20020352%204%20%20%20%20%20%20%20&Resumo=&Titulo=>>. Acesso em: 13 dez. 2018.

VOET, D; VOET, J. G.; PRATT, C. W. **Fundamentos de Bioquímica**. Porto Alegre: Editora ARTMED, 2014. Disponível em:

<https://books.google.com.br/books?id=lia6AwAAQBAJ&pg=PA241&dq=FUN%C3%87%C3%95ES+BIOL%C3%93GICAS+DOS+LIP%C3%8DDEOS&hl=pt-BR&sa=X&ved=0ahUKEwjStr_D_7_fAhVEjJAKHcuwACgQ6AEIKzAA#v=onepage&q=FUN%C3%87%C3%95ES%20BIOL%C3%93GICAS%20DOS%20LIP%C3%8DDEOS&f=false>. Acesso em: 27 dez. 2018.

WAGEMAKER, T. A. L.; CAMPOS, P. M. B. G. M.; FERNANDES, A. S.; RIJO, P.; NICOLAI, M.; ROBERTO, A.; ROSADO, C.; REIS, C.; RODRIGUES, L. M.; CARVALHO, C. R. L.; MAIA, N. B.; GUERREIRO FILHO, O. Unsaponifiable matter from oil of green coffee beans: cosmetic properties and safety evaluation. **Drug Development and Industrial Pharmacy**, v. 42, p. 1695-1699, 2016.

WAGEMAKER, T. A. L.; RIJO, P.; RODRIGUES, L. M.; CAMPOS, P. M. B. G. C.; FERNANDES, A. S.; ROSADO, C. Integrated approach in the assessment of skin compatibility of cosmetic formulation with green coffee oil. **International Journal of Cosmetic Science**, v. 37, p. 506-510, 2015.

WAGEMAKER, T. A. L.; SILVA, S. A. M.; LEONARDI, G. R.; CAMPOS, P. M. B. G. M. Green Coffea arabica L. seed oil influences the stability and protective effects of topical formulations. **Industrial Crops and Products**, v. 63, p. 34-40, 2014.

WAGEMAKER, T. A. L.; ROSADO, C.; JIRRAH, P. A.; FERNANDES, A. S.; RIJO, P. CAMPOS, P. M.; RODRIGUES, L. M. Evaluation of the sensory properties of a cosmetic formulation containing green coffee oil. **Biopharmaceutical Sciences**, v. 10, p. 101-108, 2013.

WAGEMAKER, T. A. L.; FERNANDES, A. S.; CAMPOS, P. M. B. G. C.; RODRIGUES, L. M.; RIJO, P. Evaluation of antioxidant and antimicrobial activities of green coffee oil in cosmetic formulations. **Biomedical and Biopharmaceutical Research**, v. 9, p. 207-214, 2012.

WAGEMAKER, T. A. L.; CARVALHO, C. R. L.; MAIA, N. B.; BAGGIO, S. R.; GUERREIRO-FILHO, O. Sun protection factor, content and composition of lipid fraction of green coffee beans. **Industrial Crops and Products**, v. 33, p. 469-473, 2011.

ZHANG, X. H.; MA, Z. G.; ROWLANDS, D. K.; GOU, Y. Y.; FOK, K. L.; WONG, H. Y.; YU, M. K.; TSANG, L. L.; MU, L.; CHEN, L.; YUNG, W. H.; CHUNG, Y. W.; ZHANG, B. L.; ZHAO, H.; CHAN, H. C. Flavonoid Myricetin Modulates GABA_A Receptor Activity through Activation of Ca²⁺ Channels and CaMK-II Pathway. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**, v. 2012, p. 1-10, 2012.

YARA-VARÓN, E.; LI, Y.; BALCELLS, M.; CANELA-GARAYOA, R.; FABIANO-TIXIER, A.; CHEMAT, F. Vegetable oils as alternative solvents for green oleo-extraction, purification and formulation of food and natural products. **Molecules**, v. 22, p. 2-24, 2017.

SEGUNDA PARTE

ARTIGO - Versão Preliminar

ATIVIDADE ANTIOXIDANTE, COMPORTAMENTO REOLÓGICO, ESTABILIDADE OXIDATIVA E POTENCIAL ANTIBACTERIANO DOS ÓLEOS DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.) CRU E TORRADO

ANTIOXIDANT ACTIVITY, RHEOLOGICAL BEHAVIOR, OXIDATIVE STABILITY AND ANTIBACTERIAL POTENTIAL OF GREEN AND ROASTED COFFEE (*Coffea arabica* L.) OILS

Norma NBR 6022 (ABNT 2003)

Clara Mariana Gonçalves Lima, Rosemary Fonseca Alvarenga Pereira, Jorge Pamplona Pagnossa, Rafael Carvalho do Lago, Isabelle Cristina Oliveira Neves, Roney Alves da Rocha, Diego Alvarenga Botrel

Departamento de Ciência dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, 37200-00, Lavras – MG, Brasil.

RESUMO

Os óleos de café destacam-se, principalmente, por características como o flavor e as propriedades antioxidantes e nutracêuticas que o tornam atrativo para diversos segmentos industriais, incluindo o de alimentos. Objetivou-se com este estudo, avaliar a atividade antioxidante, o comportamento reológico, a estabilidade oxidativa e o potencial antibacteriano de óleos do café (*Coffea arabica* L.) provenientes de grãos crus e torrados. O processo de obtenção deu-se a partir de grãos crus e torrados, por prensagem a frio, e posterior filtração via cartão filtrante. O delineamento experimental constituiu-se de cinco tratamentos: T1 (100% de óleo torrado); T2 (100% de óleo cru); T3 (50% de óleo torrado e 50% de óleo cru); T4 (75% de óleo torrado e 25% de óleo cru) e T5 (75% de óleo cru e 25% de óleo torrado). O tratamento T4 apresentou maior teor de Compostos Fenólicos Totais e maior eficiência antirradicais DDPH e ABTS^{•+}. Em relação ao comportamento reológico, os óleos de café podem ser caracterizados como fluidos newtonianos porque que a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação variaram linearmente, com a reta interceptando no zero. Os tratamentos T4 e T5 apresentaram maior tempo de indução da oxidação, na análise de estabilidade oxidativa. Observou-se atividade antibacteriana, por contato, dos óleos para as cepas bacterianas avaliadas. A utilização de óleos de café arábica como conservantes naturais em alimentos pode ser considerada uma alternativa promissora para a substituição parcial de conservantes químicos em matrizes alimentares.

Palavras-chave: Fluidos. Conservantes. Saúde.

ABSTRACT

Coffee oils are distinguished mainly by characteristics such as flavor and the antioxidant and nutraceutical properties that make it attractive for various industrial processes, including food. The objective of this study was to evaluate the antioxidant activity, rheological behavior, oxidative stability and antibacterial potential of coffee (*Coffea arabica* L.) oils from green and roasted beans. The process was obtained from raw and roasted grains, by cold pressing, and subsequent filtration via filter paper. The experimental design consisted of five treatments: T1 (100% roasted oil); T2 (100% green oil); T3 (50% roasted oil and 50% green oil); T4 (75% roasted oil and 25% green oil) and T5 (75% green oil and 25% roasted oil). The T4 treatment presented higher Total Phenolic Compounds content and higher anti-radical efficiency DDPH and ABTS \cdot^+ . In relation to the rheological behavior, the coffee oils can be characterized as newtonian fluids because the shear stress and the strain rate varied linearly, with the line intercepting at zero. The treatments T4 and T5 presented higher oxidation induction time in the oxidative stability analysis. Antibacterial activity was observed, by contact, of the oils for the bacterial strains evaluated. The use of arabica coffee oils as natural food preservatives may be considered a promising alternative for the partial substitution of chemical preservatives in food matrices.

Keywords: Fluids. Preservatives. Health.

INTRODUÇÃO

O crescimento da população mundial impulsionou a demanda por melhoria da qualidade, quantidade e diversidade de fontes de óleo (SORKHEH; KIANI; SOFO, 2016). Ocorreu, assim, a popularização do consumo de óleos vegetais associada à busca e valorização de novas fontes (SENGER et al., 2017; SUN et al., 2015) visando efeitos benéficos à saúde humana e alta aceitação pelos consumidores (ABUJAH; OGBONNA; OSUJI, 2015). Os referidos óleos são constituídos, principalmente, de triglicerídeos contendo ácidos graxos com cadeias carbônicas de diferentes comprimentos (C8-C24) e graus de saturação (KUTZNER et al., 2017).

Os lipídeos são importantes na qualidade dos alimentos, contribuindo para atributos como textura, sabor, nutrição e densidade calórica. É imprescindível o entendimento sobre as propriedades físicas e estabilidade química do referido grupo de compostos para que se produzam alimentos funcionais com lipídeos bioativos (GUMUS; DECKER; MCCLEMENTS, 2017).

A fração lipídica dos grãos de café é composta principalmente por ácidos graxos livres e esterificados, diterpenos, esteróis e compostos voláteis (TSUKUI et al., 2014; SUNARHARUM; WILLIAMS; SMYTH, 2014; TOCI; FARAH, 2014). As propriedades funcionais do café e de seus co-produtos foram extensivamente avaliadas já que estes são utilizados em vários seguimentos industriais (CLARKE, 2001).

O óleo de café destaca-se principalmente por características como o *flavour* e as propriedades antioxidantes e nutracêuticas que o tornam atrativo para as indústrias alimentícia (MOUSTAFA et al., 2017; LEE et al., 2017; HURTADO-BENAVIDES; DORADO; SANCHEZ-CAMARGO, 2016; GETACHEW; CHUN, 2016; KIM et al., 2016; BUDRYN; NEBESNY, 2013), farmacêutica e cosmética (MARTO et al., 2016; WAGEMAKER et al., 2016; WAGEMAKER et al., 2015).

Os principais componentes do óleo de café arábica são triacilgliceróis (75,2%), ésteres de álcool diterpeno e ácidos graxos (18,5%), diterpenos livres (0,4%), esteroides ésteres e ácidos graxos (3,2%), esteróis livres (2,2%), tocoferol (0,04–0,06%), fosfatídeos (0,1–0,5%) e cafeína (\pm 0,3%) (CHU, 2012).

Esteróis, tocoferóis e diterpenos receberam uma atenção mais ampla devido às suas propriedades anticarcinogênicas (LEE; JEONG, 2007) e proteção contra a genotoxicidade induzida pela aflatoxina B1 (HUBER et al., 2002). Os diterpenos pentacíclicos, caveol e cafestol são encontrados em grãos de café verde e torrado como ésteres de ácidos graxos (KURZROCK; SPEER, 2001).

Três metilxantinas, nomeadamente cafeína, teobromina e teofilina, estão presentes no café (ALONSO-SALCES et al., 2009), bem como os furanos, produtos de degradação dos açúcares que são os compostos voláteis mais abundantes no café torrado (FUSTER et al., 2000). A trigonelina é o segundo alcalóide principal presente em grãos de café verde, sendo a cafeína o primeiro. Durante o processo de torrefação, a trigonelina sofre degradação térmica gerando uma série de compostos voláteis, além de ser desmetilada gerando o ácido nicotínico, um complexo solúvel de vitamina B também conhecido como niacina (MONTEIRO; TRUGO, 2005).

Nesse sentido, objetivou-se com este estudo, avaliar a atividade antioxidante, o comportamento reológico, a estabilidade oxidativa e o potencial antibacteriano de óleos do café (*Coffea arabica* L.) provenientes de grãos crus e torrados.

MATERIAL E MÉTODOS

Obtenção dos óleos de café verde e torrado

Os óleos de café cru e torrado foram cedidos pela Cooperativa Regional de Cafeicultores em Guaxupé – COOXUPÉ. O processo de obtenção deu-se a partir de grãos crus e torrados do *Coffea arabica* L., por prensagem a frio, e posterior filtração via cartão filtrante.

Determinação do perfil de ácidos graxos

A esterificação dos ácidos graxos foi realizada segundo a metodologia descrita por Hartman e Lago (1973). Posteriormente, o perfil de ácidos graxos foi determinado por cromatografia gasosa em um cromatógrafo Shimadzu CG 2010 (Agilent Technologies Inc., Palo Alto, CA, EUA), equipado com detector de ionização de chama, injeção Split com razão de 1:100 e coluna capilar SPTM-2560 Supelco, 100 m × 0.25 mm × 0.20 μm (Supelco Inc., Bellefonte, PA, USA). A temperatura inicial da coluna foi de 140 °C, mantida por 5 min, mudando para 240 °C com incremento de 4 °C, mantida por 30 min, por um total de 60 min. O injetor e o detector foram mantidos à temperatura de 260 °C e usou-se o hélio como gás de arraste. Após o término da análise, realizou-se a integração dos picos obtidos.

A identificação dos ácidos graxos ocorreu mediante comparação dos tempos de retenção apresentados pelo padrão cromatográfico SupelcoTM37 padrão FAME Mix (Supelco Inc., Bellefonte, PA, EUA) e foram expressos em porcentagem (%) do total de ácidos graxos.

Delineamento experimental

O experimento foi conduzido em Delineamento Inteiramente Casualizado – DIC, conforme está apresentado na Tabela 1.

Tabela 1. Delineamento experimental dos óleos de café

Tratamentos	Valores dos óleos em porcentagem (%)	
	Óleo de café torrado	Óleo de café cru
T1	100	-
T2	-	100
T3	50	50
T4	75	25
T5	25	75

Análises de Atividade Antioxidante

A obtenção dos extratos dos óleos de café foi realizada conforme metodologia descrita por Larrauri, Rupérez e Saura-Calixto (1997), com adaptações. Cerca de 1 g da amostra de cada tratamento foi colocado em tubo para centrífuga, contendo 80 mL de metanol 50%. Após uma hora de repouso, em ambiente escuro, os tubos foram centrifugados por 15 minutos a 21952 gf. Em seguida, realizou-se filtração, o volume foi completado para 100 mL em balão volumétrico e os extratos foram armazenados em freezer (-18 °C).

O teor de fenólicos totais de cada tratamento foi avaliado pela metodologia Folin Ciocalteu, segundo Waterhouse (2002). Alíquotas de 0,5 mL dos extratos das amostras foram adicionadas em tubos de ensaio, em combinação com 2,5 mL do reagente Folin Ciocalteu 10% e 2 mL de carbonato de sódio 4%, sendo as leituras realizadas a 750 nm, após duas horas de incubação. O padrão utilizado foi o ácido gálico, sendo os resultados expressos em mg equivalente ácido gálico por 100 gramas (EAG·100 g⁻¹).

Para a determinação da atividade antioxidante pelo método DPPH foi utilizada a metodologia descrita por Rufino et al. (2007a). Os resultados foram expressos como EC₅₀ em g de amostra·g⁻¹ de DPPH.

A determinação da atividade antioxidante pelo método ABTS^{·+} foi realizada conforme metodologia descrita por Brand-Williams, Cuvelier e Berset (1995), adaptada por Rufino et al. (2007b). Os resultados foram expressos em µM de trolox·g⁻¹ de amostra.

Realizou-se a análise de variância dos dados no *software Statistical Analysis System - SAS® University Edition*, as diferenças entre os valores médios obtidos foram avaliadas por meio de teste de médias de Duncan em nível de 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

Comportamento Reológico

A determinação da viscosidade dos tratamentos contendo diferentes proporções de óleo de café cru e torrado (Tabela 1) foi realizada em um reômetro rotacional HAAKE MARS (Modular Advanced Reometer System, Thermo Electron Corp., Alemanha), equipado com banho termostático (Phoenix 2C30P, Thermo Electron Corp., Alemanha), utilizando um sensor de duplo gap (DG41 Ti), nas temperaturas de 20 °C, 30 °C e 40 °C.

Curvas de escoamento foram aplicadas aos fluidos por meio de três rampas contínuas (rampa crescente, decrescente e crescente), com taxa de deformação variando entre 0,1 a 300 s⁻¹, durante 2 min para cada curva (MITSCHKA,1982). A Lei de Newton (Equação A) foi ajustada aos dados reológicos obtidos da segunda rampa crescente, que representa o escoamento em estado estacionário.

$$\tau = \mu \dot{\gamma} \quad (\text{A})$$

em que τ é a tensão de cisalhamento (Pa); $\dot{\gamma}$ é a taxa de deformação (s⁻¹); μ é a viscosidade newtoniana (Pa s).

O ajuste do modelo foi realizado com auxílio do *software Statistical Analysis System - SAS® University Edition*.

Estabilidade Oxidativa

A estabilidade oxidativa de cada tratamento foi estimada por medição do tempo de indução oxidativa em equipamento da marca Metrohm modelo 873 Biodisel Rancimat, Suíça. Utilizou-se temperatura de 110 °C, 50 mL na célula de condutividade, amostras de 3 g dos tratamentos e fluxo de ar de 20 L.h⁻¹ segundo a AOCS Official Method Cd 12b-92 (2009).

Atividade Antibacteriana *in vitro* – Método de disco-difusão

As cepas bacterianas *Staphylococcus aureus* ATCC 25923, *Escherichia coli* CDC 055, *Salmonella Enteritidis* S64, *Cronobacter sakazakii* ATCC 29004 e *Listeria monocytogenes*

ATCC 19117 foram cedidas pelo Laboratório de Enterobactérias – LABENT da Fundação Oswaldo Cruz – FIOCRUZ, Rio de Janeiro. As culturas estoque foram armazenadas em meio de congelamento (15 mL de glicerol; 0,5 g de peptona bacteriológica; 0,3 g de extrato de levedura; 0,5 g de NaCl; 100 mL de água destilada e pH 7,0).

As culturas foram descongeladas e reativadas inoculando-se alíquotas de 50 µL em tubos contendo 10 mL de caldo BHI (Brain Heart Infusion – Himedia, Índia) e incubadas a 37 °C por 24 horas. Padronizou-se o inóculo conforme curvas de crescimento já construídas para uma população de 10^8 UFC mL⁻¹ e utilizou-se os valores de absorbância 0,680; 0,580; 0,650; 0,660; 0,305 nm, respectivamente.

O ágar BHI foi colocado em placas de Petri bem com alíquotas de 100 µL da respectiva cepa e efetuou-se o espalhamento com alça de Drigalski. Posteriormente, colocou-se papel filtro de 8 mm de diâmetro em cada um dos 3 quadrantes previamente delimitados nas placas. Foram colocados 10 µL do antibiótico Cloranfenicol como sendo o controle e dos óleos de café verde e torrado diluídos em tween 80 a 0,5%, na parte superior do referido papel. As placas foram incubadas a 37 °C por 24 horas (CLSI, 2009). Após esse período, procedeu-se a análise das mesmas.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Determinação do perfil de ácidos graxos

Ácidos graxos poli e monoinsaturados presentes nos óleos vegetais são importantes para o bom funcionamento do metabolismo humano (SAINI; KEUM, 2018; JAIN; MISHRA, 2015). Salvo raríssimas exceções, os lipídeos dos alimentos apresentam majoritariamente ácidos graxos de cadeia linear e com número par de carbono (ORDÓÑEZ et al., 2007).

Ao longo dos anos, os ácidos graxos das famílias $\Omega 3$, $\Omega 6$ e $\Omega 9$ ganharam importância entre os consumidores, especialmente para as pessoas que querem cuidar ou melhorar os aspectos saudáveis da alimentação (PIVA et al., 2018). Logo, a indústria passou a incorporá-los em formulações de alimentos processados (PETROPOULOS et al., 2018). A Tabela 2 apresenta o percentual dos ácidos graxos identificados no óleo de café verde, valores que variaram de 0.05% a 46.77%.

Tabela 2. Perfil de ácidos graxos do óleo de café cru

Óleo de Café Cru		
Ácidos Graxos	(%)	Estrutura Química
Miristato de Metila	0.05	C 14:0
Palmitato de Metila	32.45	C 16:0
Palmitolato de Metila	0.05	C 16:1
Heptadecanoato de Metila	0.09	C 17:0
Estearato de Metila	7.03	C 18:0
Ácido cis-9-octadecenóico	8.17	C 18:1 Ω 9
Linoleato de Metila	46.77	C 18:2 Ω 6
Araquidato de Metila	2.67	C 20:0
Eicosanoato de Metila	0.19	C 20:0
Linolenato de Metila	1.47	C 18:3 Ω 3
Heneicosanoato de Metila	0.05	C 21:0
Ácido cis, cis-9,12-octadecadienoico	0.08	C 20:2 Ω 6
Behenato de Metila	0.65	C 22:0
Ácido cis-5,8,11,14,17-eicosapentaenoato de Metila	0.07	C 20:5 Ω 6
Lignocerato de Metila	0.21	C 24:0

Oliveira et al. (2014), ao estudarem a caracterização do óleo de café cru, encontraram em maior concentração os ácidos palmítico (32%), linoleico (38,3%), oleico (12,8%), o que corrobora os resultados obtidos.

O teor de ácidos graxos no óleo de café torrado variou de 0.09 a 49.39% como está expresso na Tabela 3.

Tabela 3. Perfil de ácidos graxos do óleo de café torrado

Óleo de Café Torrado		
Ácidos Graxos	(%)	Estrutura Química
Palmitato de Metila	24.43	C 16:0
Estearato de Metila	7.53	C 18:0
Ácido cis-9-octadecenóico	10.25	C 18:1 Ω 9
Linoleato de Metila	49.39	C 18:2 Ω 6
Araquidato de Metila	2.52	C 20:0
Eicosanoato de Metila	0.31	C 20:0
Linolenato de Metila	4.56	C 18:3 Ω 3
Heneicosanoato de Metila	0.09	C 21:0
Behenato de Metila	0.72	C 22:0
Lignocerato de Metila	0.20	C 24:0

Hurtado-Benavides, Dorado e Sánchez-Camargo (2016) obtiveram, assim como neste estudo, em maior concentração os ácidos palmítico e linoleico ao avaliar o perfil de ácidos graxos de óleos de café torrado obtidos por extração com fluido supercrítico. Romano et al. (2014) também detectaram os ácidos linoleico, palmítico, oleico, esteárico, araquídico, linolênico e beênico, em amostras de óleo de café torrado, por cromatografia gasosa com

detector de ionização de chama (CG-FID). O alto teor de ácidos graxos poli e monoinsaturados nos óleos de café verde e torrado, em especial $\Omega 3$, $\Omega 6$ e $\Omega 9$ é relevante devido aos impactos na saúde humana, incluindo efeitos anticarcinogênicos (CAVIN et al., 2002) e antioxidantes (LEE et al., 2007).

Acrescenta-se que devido à torrefação dos grãos de café, o teor do ácido linoleico ($\Omega 6$) é aumentado (GARRETT et al., 2013), fato que é ratificado pelos resultados obtidos.

Análises de Atividade Antioxidante

Segundo Yang et al. (2018), antioxidante é um termo comumente utilizado na ciência de alimentos para descrever compostos que bloqueiam as reações oxidativas, prolongando a vida útil dos produtos alimentícios. Os antioxidantes naturais ou sintéticos são valorizados pelo fato de extinguir espécies reativas de oxigênio e prevenir doenças crônicas.

Entre os compostos bioativos presentes no café, os fenólicos destacam-se pela ação antioxidante. Desses, os ácidos clorogênicos constituem a principal classe responsável pela atividade antioxidante. Tais compostos têm propriedades *in vitro* de eliminação de radicais livres e previnem a propagação de processos oxidativos (RODRIGUES; BRAGAGNOLO, 2013; RIVELLI et al., 2007). Nesse sentido, ressalta-se que o café é a principal fonte de ácidos clorogênicos na alimentação humana (CLINFFORD, 1999).

A eficiência e seletividade dos compostos fenólicos de materiais vegetais variam conforme alguns fatores, tais como: estrutura química, técnica de extração e possíveis compostos interferentes (AULTON, 2016).

O resultado das análises de Compostos Fenólicos Totais, Atividade Antioxidante Total pela Captura do Radical Livre DPPH e Atividade Antioxidante Total pela Captura do Radical livre ABTS $^{*+}$ estão expressos na Tabela 4.

Table 4. Análises de Fenólicos Totais, DPPH e ABTS

Tratamentos	Fenólicos Totais (mg EAG·100g ⁻¹)	DPPH EC ₅₀ (g amostra·g ⁻¹ DPPH)	ABTS (μ M trolox·g ⁻¹)
T1	519.52c	2638.18b	34.36b
T2	447.89d	3447.54c	21.55c
T3	620.78b	2647.55b	34.67b
T4	809.55a	1366.13a	69.90a
T5	660.94b	2661.67b	32.64b

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Duncan a 5% de significância (p<0,05).

Para a análise de Compostos Fenólicos Totais, observou-se que os valores nas misturas dos óleos T3, T4 e T5 foram superiores ao do óleo de café torrado (T1) e do óleo de café verde (T2), sendo T4 o melhor tratamento. Vale salientar que a torrefação afeta a composição dos compostos fenólicos por meio de reações de Maillard. Os compostos em questão são formados pela degradação térmica de carboidratos, ácidos clorogênicos e ligninas. O espaço de tempo e a temperatura utilizados no processo influenciam a composição química (ARAÚJO, 2012).

O método DDPH é baseado na captura do radical DDPH (2,2-difenil-1-picril-hidrazil) por antioxidantes, produzindo um decréscimo da absorvância a 515 nm. O resultado final corresponde à quantidade de amostra necessária para decrescer a concentração inicial do radical DPPH em 50%. Assim, quanto menor o valor de EC_{50} , maior a atividade antioxidante do composto. Todos os tratamentos demonstraram capacidade sequestradora do radical em questão (CHEN; BERTIN; FROLDI, 2013). O tratamento T4 diferiu estatisticamente dos demais tratamentos, com melhor valor de eficiência antirradical. Vale ressaltar, que quanto maior a eficiência antirradical de um composto, maior será sua atividade como antioxidante.

Uma das metodologias utilizadas de forma recorrente para medir a atividade antioxidante é a da captura do radical $ABTS^{\cdot+}$ (3-etilbenzotiazolina-6-ácido sulfônico) que pode ser gerado através de uma reação química, eletroquímica ou enzimática (LUCAS-GONZÁLEZ et al., 2018). O tratamento 4 apresentou maior valor de atividade antioxidante para esse método quando comparado aos demais tratamentos.

A estrutura dos radicais em questão é planar, o que faz com que reajam mais facilmente com redutores, como o $ABTS^{\cdot+}$ tanto pela transferência de um elétron quanto de um hidrogênio. Outro fator importante é que o $ABTS^{\cdot+}$ pode ser dissolvido tanto em solventes aquosos quanto orgânicos e, pode-se medir sua atividade antioxidante considerando a natureza tanto hidrofílica quanto lipofílica dos antioxidantes na amostra, ao contrário do método DPPH, que é solubilizado apenas em meio orgânico (KUSKOSKI et al., 2005).

Moreira et al. (2012) relataram que a importância das melanoidinas não se limita à sua contribuição de cor para alimentos processados por calor; são também importantes para a modulação de liberação de sabor, propriedades antioxidantes e quelantes de metais e fibra alimentar. O envolvimento de ácidos clorogênicos ou seus produtos de degradação em melanoidinas de café pode ser devido à formação de ligações éster (PERRONE; FARAH; DONANGELO, 2012) ou formas condensadas como ligações covalentes não éster (NUNES; COIMBRA, 2010).

Comportamento Reológico

Os fluidos que seguem a lei de Newton, ou seja, que apresentam viscosidade constante independente da taxa de deformação aplicada ou do tempo recebem o nome de fluidos newtonianos (BOBBIO; BOBBIO, 2001).

Nesse sentido, a viscosidade é a propriedade associada à resistência interna que o fluido oferece à deformação por cisalhamento. Pode-se dizer que a viscosidade corresponde ao atrito interno nos fluidos devido, às interações intermoleculares, sendo, em geral, função da temperatura ou pressão (HUILGOL; KEFAYATI, 2016).

Para os referidos fluidos, a tensão de cisalhamento é proporcional à taxa de deformação, onde a constante de proporcionalidade é a viscosidade dinâmica do fluido. Deformam-se contínua e irreversivelmente sob a ação de um sistema de forças, sendo esta deformação conhecida como escoamento (MACHADO, 2002).

A Lei de Newton foi adequada para todos os tratamentos, uma vez que apresentou elevados valores de coeficiente de determinação ($0,98 < R^2 < 0,99$). Os óleos de café podem ser caracterizados como fluidos newtonianos, como pode ser observado nas Figuras 1, 2 e 3, já que a tensão de cisalhamento e a taxa de deformação variaram linearmente, com a reta interceptando no zero. As propriedades reológicas desses fluidos independem de um histórico anterior de cisalhamento e dependem somente da composição e temperatura (IRGENS, 2014).

Figura 1. Curva de escoamento dos óleos para a Temperatura de 20 °C

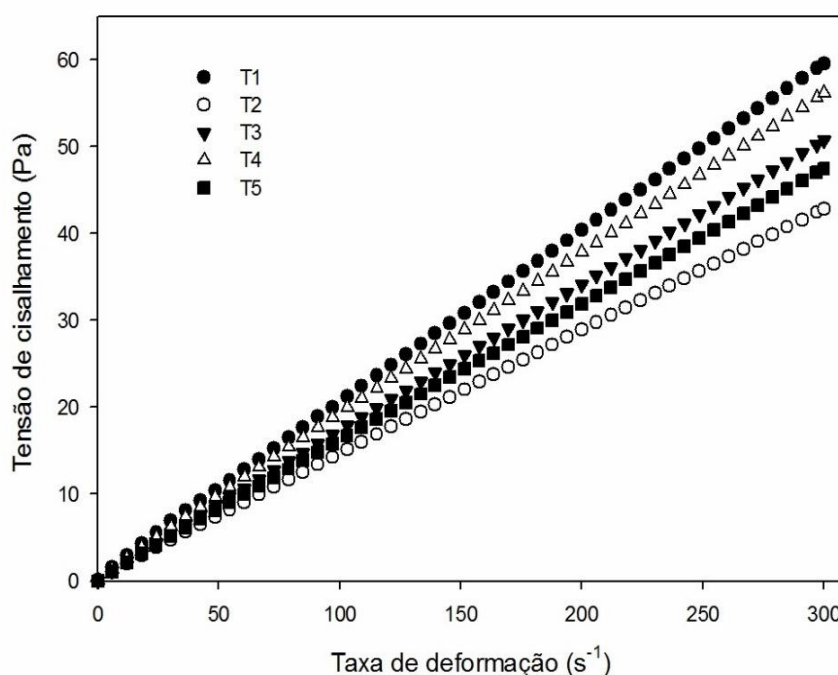


Figura 2. Curva de escoamento dos óleos para a Temperatura de 30 °C.

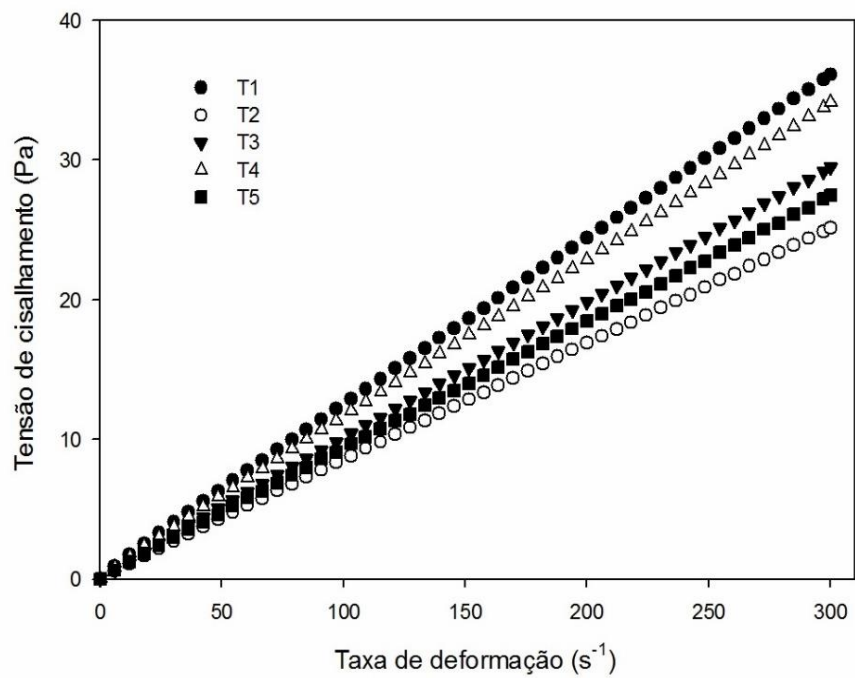
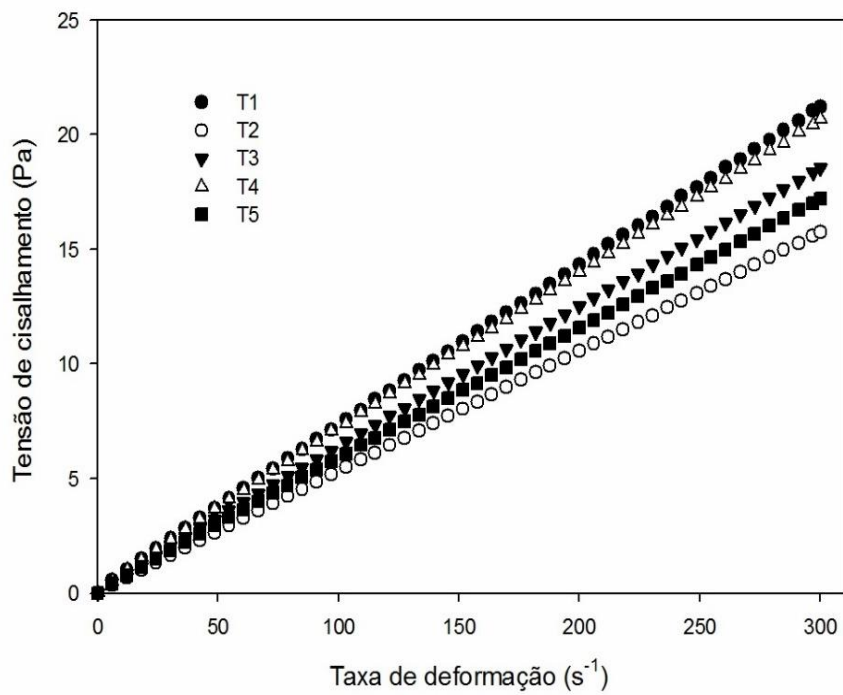


Figura 3. Curva de escoamento dos óleos para a Temperatura de 40 °C.



As temperaturas de 20, 30 e 40 °C foram escolhidas para serem estudadas nos testes reológicos por estarem na faixa de temperatura em que são realizados processamentos de alimentos que contenham óleo vegetal bem como a análise sensorial de novos produtos que serão colocados no mercado. A tabela 5 apresenta os valores do parâmetro reológico determinado, a viscosidade newtoniana. Oliveira, Barros e Rossi (2009) relataram que a viscosidade de um fluido tende a diminuir com o aumento da temperatura, fato é observado na referida tabela.

Tabela 5. Valores de viscosidade newtoniana (μ), coeficiente de determinação (R^2) e raiz quadrada do erro do quadrado médio (RMSE), respectivamente, para as temperaturas de 20, 30 e 40 °C.

Temperatura (°C)	Tratamentos	Viscosidade μ (Pa·s)	R^2	Root MSE
20	T1	0.20 ± 0.01	0.98	2.22
	T2	0.14 ± 0.00	0.99	0.25
	T3	0.17 ± 0.00	0.99	0.34
	T4	0.18 ± 0.00	0.99	0.79
	T5	0.15 ± 0.00	0.99	0.46
30	T1	0.12 ± 0.00	0.99	0.28
	T2	0.08 ± 0.00	0.99	0.13
	T3	0.09 ± 0.00	0.99	0.22
	T4	0.11 ± 0.00	0.99	0.72
	T5	0.09 ± 0.00	0.99	0.18
40	T1	0.07 ± 0.00	0.99	0.27
	T2	0.05 ± 0.00	0.99	0.28
	T3	0.06 ± 0.00	0.99	0.16
	T4	0.06 ± 0.00	0.99	0.23
	T5	0.05 ± 0.00	0.99	0.13

A redução da viscosidade com elevação da temperatura é atribuída ao aumento das distâncias intermoleculares provocadas durante o aquecimento, devido à maior agitação molecular e à redução das forças de atração entre as moléculas., diminuindo (GRANJEIRO et al, 2007).

Estabilidade Oxidativa

Os testes acelerados de oxidação baseados no aumento da temperatura e fluxo de oxigênio são bastante utilizados. Entre eles, pode-se citar o método Rancimat que possibilita medir o índice de oxidação de lipídios através dos ácidos voláteis formados durante a oxidação,

que podem ser monitorados pela condutividade do meio composto por água destilada. O princípio do Rancimat é baseado na passagem de ar e no aquecimento do óleo ou partículas que contém óleo acelerando o processo de oxidação. Primeiramente, são formados os peróxidos, porém estes são instáveis, assim são quebrados em produtos de oxidação secundária. A volatilização e condensação desses produtos em água fazem com que aumente a condutividade do meio que está diretamente associada ao grau de oxidação (VERLEYEN; DYCK; ADAMS, 2008).

Os resultados obtidos na avaliação da susceptibilidade dos óleos de café à degradação oxidativa estão apresentados nas Figuras 4, 5, 6, 7 e 8.

Figura 4. Estabilidade oxidativa do T1.

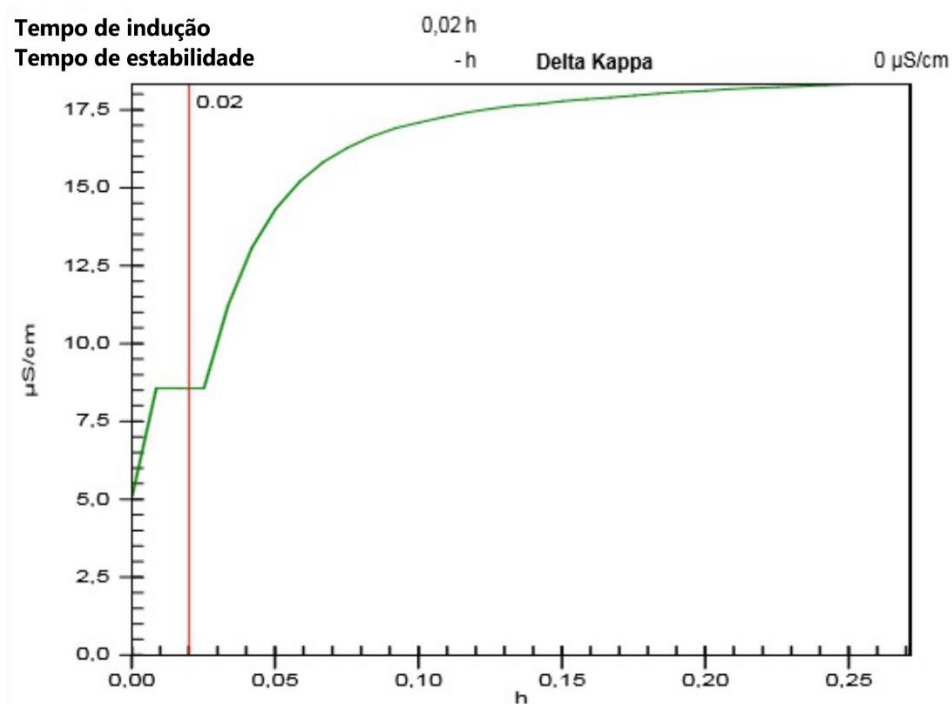


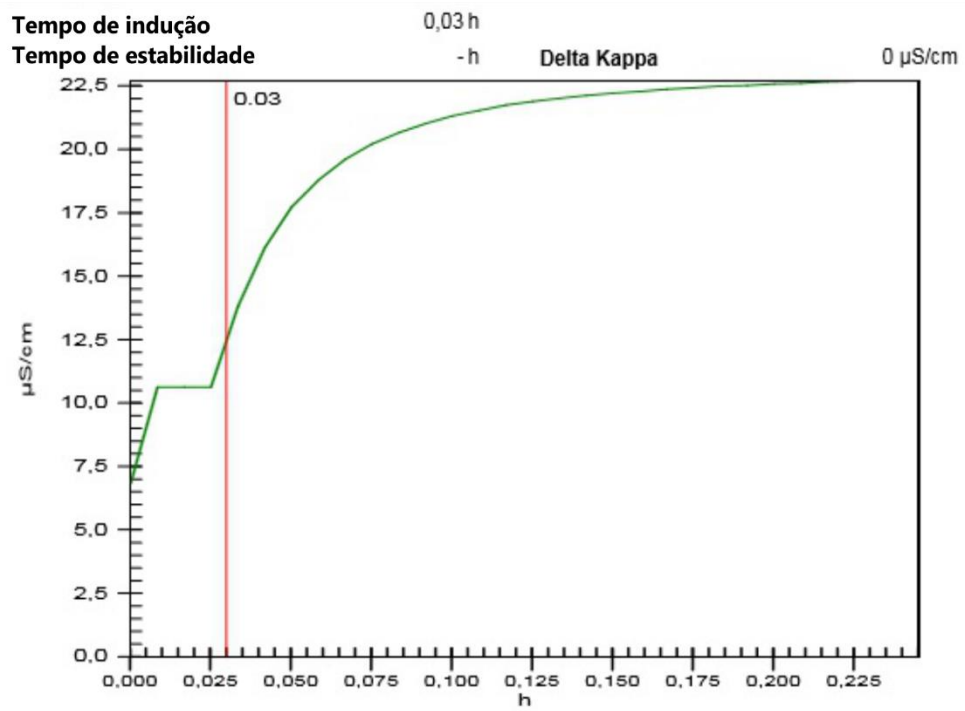
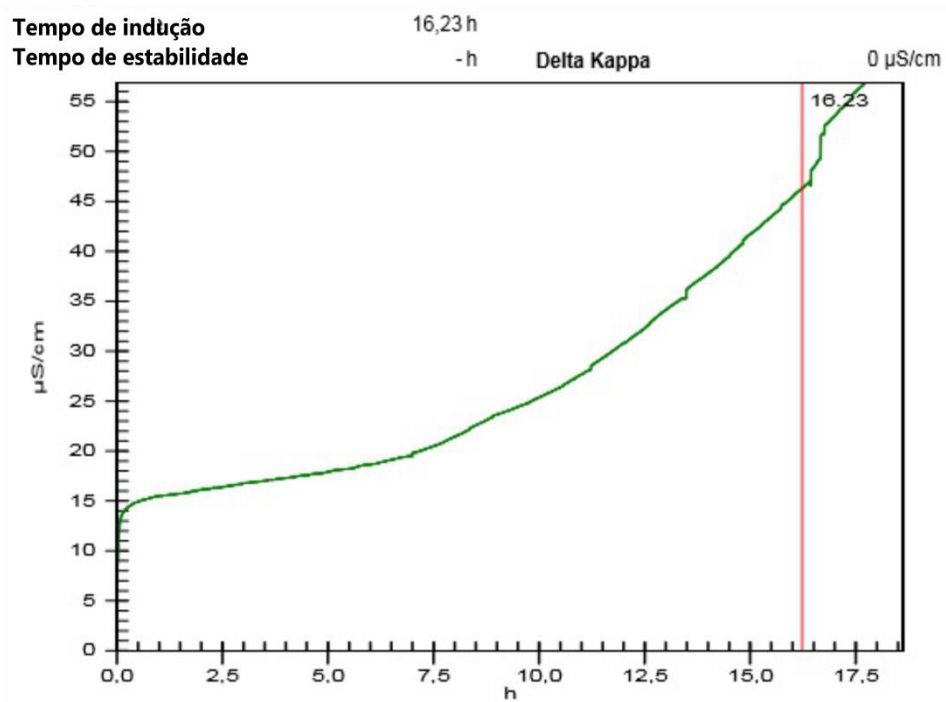
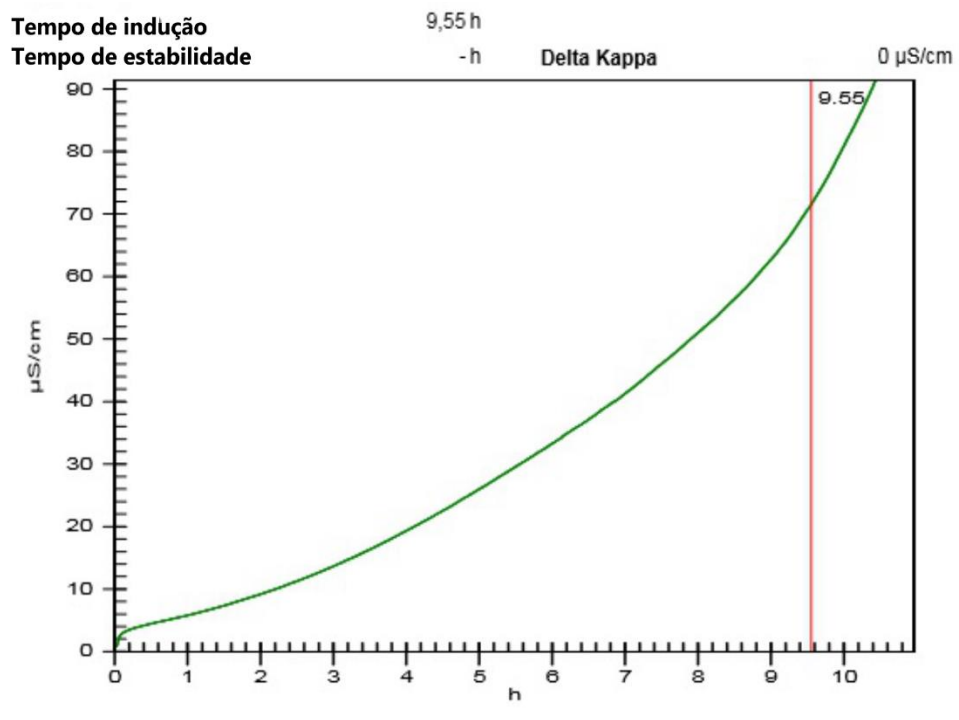
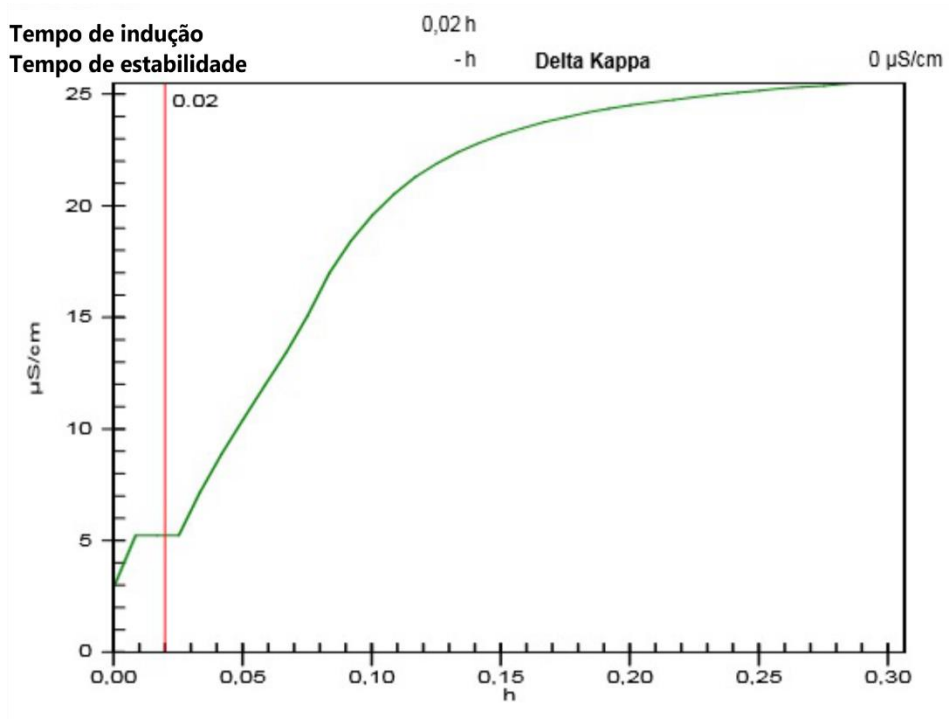
Figura 5. Estabilidade oxidativa do T2.**Figura 6.** Estabilidade oxidativa do T3.

Figura 7. Estabilidade oxidativa do T4.**Figura 8.** Estabilidade oxidativa do T5.

Com relação à quantidade total de ácidos graxos insaturados, o óleo de café verde apresentou 56.61% e o óleo de café torrado, 64.2%, fato que pode ter contribuído para que os tratamentos 1, 3 e 4 tivessem menor tempo de indução à oxidação. Sabe-se que óleos vegetais que possuem elevado índice de ácidos graxos com 2 ou 3 insaturações apresentam estabilidades oxidativas menores devido à presença de carbonos alílicos ou bís-alílicos (PRATT; MILLS; PORTER, 2003). Acredita-se que o fator de maior relevância para a rápida oxidação dos tratamentos supracitados seja o processo de torrefação do café, já que os óleos de café verde e torrado foram extraídos em datas próximas, conforme informado pela empresa COOXUPÉ.

Além disso, pelo fato dos óleos de café serem brutos, acredita-se que uma secagem a vácuo possa propiciar aumento da estabilidade à oxidação.

Atividade Antibacteriana

O método de disco-difusão, idealizado por Bauer et al. (1966), é uma das abordagens mais antigas para realização de testes de sensibilidade aos antimicrobianos e permanece como um dos mais amplamente utilizados na rotina dos laboratórios. O princípio deste método baseia-se na difusão, através do ágar, de um antimicrobiano impregnado em um disco de papel-filtro. Consiste em um método qualitativo sendo adequado para testar a sensibilidade da maioria dos patógenos bacterianos, incluindo as bactérias fastidiosas mais comuns e é versátil em relação à gama de agentes antimicrobianos que podem ser testados (EUROPEAN COMMITTEE ON ANTIMICROBIAL SUSCEPTIBILITY TESTING, 2017). Foi verificada atividade antibacteriana por contato para todas os patógenos estudados. As Figuras 9 e 10 apresentam os resultados obtidos para as cepas *Cronobacter sakazakii* ATCC 29004 e *Salmonella* Enteritidis S64, respectivamente.

Figura 9. Atividade antibacteriana pelo teste de difusão em ágar para *Cronobacter sakazakii* ATCC 29004.

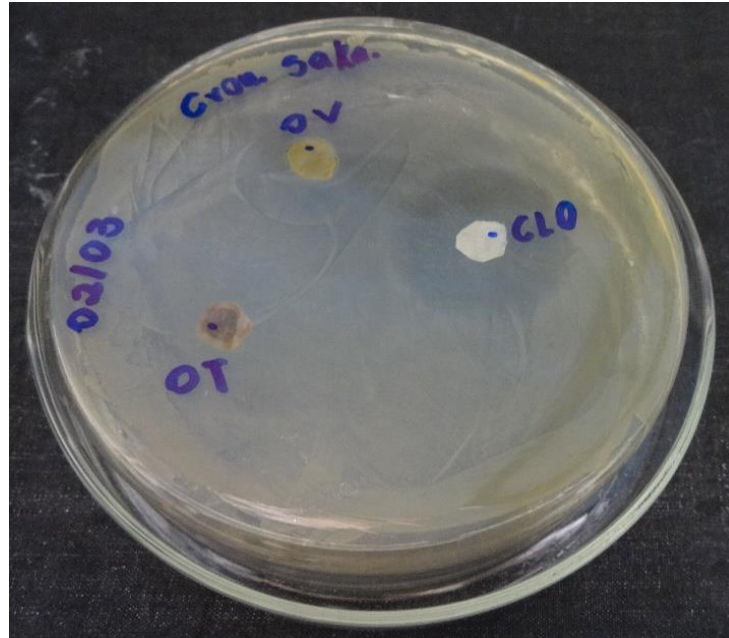
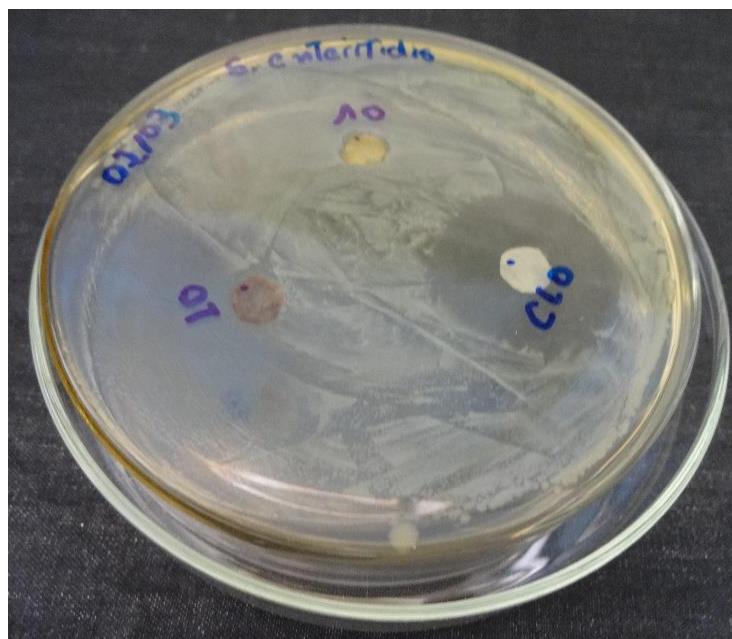


Figura 10. Atividade antibacteriana pelo teste de difusão em ágar para *Salmonella* Enteritidis S64.



As amostras utilizadas foram diluídas em Tween 80 a uma concentração de 0,5 %, mas como os óleos são viscosos, insolúveis em água e complexos, podem formar suspensão turva que impede a determinação visual da eficácia antimicrobiana, devido à interferência da dissolução insuficiente dos componentes testados. Quando se utiliza a técnica de difusão em ágar, um problema observado é a concentração desigual do óleo no meio, pois a difusão irregular dos componentes lipofílicos resulta em concentrações desiguais, causando a formação de regiões com atividade antimicrobiana variável e, finalmente, a determinação de um número de bactérias viáveis remanescentes, após a adição do óleo (SETZER et.al., 2004).

A atividade antibacteriana do café pode ser conferida aos ácidos clorogênico, caféico, protocatéico (DOGAZAKI et al. 2002) nicotínico, 5-cafeoilquínico (DAGLIA; CUZZONI; DACARRO, 1994), à trigonelina (ANTONIO et al., 2010) e cafeína (ALMEIDA et al., 2006). Daglia et al. (1998) concluíram que o processo de torrefação do café induz à atividade antimicrobiana devido aos compostos gerados pela reação de Maillard, caramelização de carboidratos, pela decomposição térmica e pela pirólise de compostos orgânicos.

O mecanismo de ação dos agentes antimicrobianos ocorre mediante um dos seguintes fatores: reação com a membrana celular causando aumento da permeabilidade e perda dos constituintes celulares; inativação de sistemas enzimáticos ou enzimas essenciais, incluindo as envolvidas no processo de produção de energia e síntese de componentes estruturais; destruição ou inativação funcional do material genético (KIM et al., 1995).

CONCLUSÃO

Os óleos de café cru e torrado investigados continham no conteúdo de ácidos graxos, a classe dos ômega 3, 6 e 9. Houve aumento da funcionalidade dos óleos a partir do momento em que foram misturados, sendo constatado alto potencial funcional do tratamento 4 (T4), evidenciado pelos valores de atividade antioxidante. Os óleos comportaram-se como fluidos newtonianos em todas as temperaturas a que foram submetidos. Com relação à estabilidade oxidativa, os tratamentos T2 (100% de óleo verde) e T5 (75% de óleo verde e 25% óleo torrado) apresentaram maior tempo de indução da oxidação. Observou-se atividade antibacteriana por contato para as cepas bacterianas avaliadas para os antimicrobianos testados.

A utilização de óleos de café arábica como conservantes naturais em alimentos pode ser considerada uma alternativa promissora para a substituição parcial de conservantes químicos em matrizes alimentares.

REFERÊNCIAS

- ABUJAH, C. I.; OGBONNA, A. C.; OSUJI, C. M. Functional components and medicinal properties of food: a review. **Journal of Food Science and Technology**, v. 52, p. 2522–2529, 2015.
- ALMEIDA, A. A. P.; FARAH, A.; SILVA, D. A. M.; NUNAN, E. A.; GLÓRIA, M. B. A. Antibacterial activity of coffee extracts and selected coffee chemical compounds against enterobacteria. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 54, n. 23, p. 8738-8743, 2006.
- AMERICAN OIL CHEMIST'S SOCIETY - AOCS. **Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists' Society**. Champaign, 1200p. 2009.
- ANTONIO, A. G.; MORAES, R. S.; PERRONE, D.; MAIA, L. C.; SANTOS, K. R. N.; IÓRIO, N. L. P.; FARAH, A. Species, roasting degree and decaffeination influence the antibacterial activity of coffee against *Streptococcus mutans*. **Food Chemistry**, v. 118, p. 782–788, 2010.
- ARAÚJO, J. M. A. **Química de Alimentos – Teoria e Prática**. Viçosa: Editora UFV, 2012.
- ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis**. Washington, 1990.
- AULTON, M. E. **Delineamento de Formas Farmacêuticas**. Rio de Janeiro: Editora Artmed, 2016.
- BAUER, A.W.; KIRBY, W. M.; SHERRIS JC, TURCK, M. Antibiotic susceptibility testing by a standardized single disk method. **American Journal of Clinical Pathology**, v. 40: 2413-5, 1966.
- BOBBIO, P. A.; BOBBIO, F. O. **Química do processamento de alimentos**. São Paulo: Editora Varela, 2001.
- BUDRYN, G.; NEBESNY, E. Effect of green and roasted coffee antioxidants on quality and shelf life of cookies and chocolates. **Journal of Food Processing and Preservation**, v. 37, p. 835-845, 2013.
- CAVIN, C.; HOLZHAUSER, D.; SCHARF, G.; CONSTABLE, A.; HUBER, W.W.; SCHILTER, B. Cafestol and kahweol, two coffee specific diterpenes with anticarcinogenic activity, **Food and Chemical Toxicology**, v. 40, p. 1155–1163, 2002.
- CHEN, Z.; BERTIN, R.; FROLDI, G. EC₅₀ estimation of antioxidant activity in DPPH· assay using several statistical programs. **Food Chemistry**, v. 138, p. 414-420, 2013.

CHU, Y. **Coffee Emerging Health Effects and Disease Prevention**. Oxford: Wiley-Blackwell, 2012.

CLARKE, R. J. **Coffee: Recent Developments**. Londres: Blackwell Science, 2001.

CLIFFORD, M.N. Chlorogenic acids and other cinnamates: nature, occurrence and dietary burden. **Journal of the Science of Food Agriculture**, v. 79, p. 362– 372, 1999.

CLSI, Clinical and Laboratory Standards Institute. **Performance Standards for Antimicrobial Disk Susceptibility Test**. Approved Standard-Tenth Edition. Wayne, CLSI document M02-A10, 2009.

DAGLIA, M.; CUZZONI, M. T.; DACARRO, C. Antibacterial activity of coffee relationship between biological activity and chemical markers. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 42, p. 2273-2277, 1994.

DAGLIA, M.; PAPETTI, A.; DACARRO, C.; GAZZAN, G. Isolation of an antibacterial component from roasted coffee. **Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis**, v. 18, p. 219-225, 1998.

DOGASAKI, C.; SHINDO, T.; FURUHATA, K.; FUKUYAMA, M. Identification of chemical antibacterial components against *Legionella pneumophila* in a coffee beverage. **Journal of the Pharmaceutical Society of Japan**, v. 122, p. 487-494, 2002.

EUROPEAN COMMITTEE ON ANTIMICROBIAL SUSCEPTIBILITY TESTING. Disk-diffusion method for antimicrobial susceptibility testing. 2017.

GARRETT, R.; SCHMIDT, E. M.; PEREIRA, L. F. P.; KITZBERGER, C. S. G.; SCHOLZ, M. B. S.; ERBELIN, M. N.; REZENDE, C. M. Discrimination of Arabica coffee cultivars by electrospray ionization Fourier transform ion cyclotron resonance mass spectrometry and chemometrics. **LWT – Food Science and Technology**, v. 50, 496-502, 2013.

GETACHEW, A. T.; CHUN, B. S. Optimization of coffee oil flavor encapsulation using response surface methodology. **LWT - Food Science and Technology**, v. 70, p. 126-134, 2016.

GUMUS, C. E.; DECKER, E. A.; MCCLEMENTS, D. J. Gastrointestinal fate of emulsion-based Ω -3 oil delivery systems stabilized by plant proteins: Lentil, pea, and faba bean proteins. **Journal of Food Engineering**, v. 207, p. 90-98, 2017.

HARTMAN, L., LAGO, R.C.A. Rapid preparation to fatty acids methyl esters. **Journal Laboratory Practice**, v. 22, p. 475-476, 1973.

HUBER, W. W.; SCHARF, G.; ROSSMANITH, W.; PRUSTOMERSKY, S.; GRASL-KRAUPP, B.; PETER, B.; TURESKY, R. J.; SCHULTE-HERMANN, R. The coffee

components kahweol and cafestol induce γ glutamylcysteine synthetase, the rate limiting enzyme of chemoprotective glutathione synthesis, in several organs of the rat. **Archives of Toxicology**, v. 75, p. 685–694, 2002.

HUILGOL, R. R.; KEFAYATI, G. H. R. From mesospic models to continuum mechanics: newtonian and non-newtonian fluids. **Journal of Non-Newtonian Fluid Mecanics**, v. 233, p. 146-154, 2016

HURTADO-BENAVIDES, A.; DORADO, D.; SANCHEZ-CAMARGO, A. D. Study of the fatty acid profile and the aroma composition of oil obtained from roasted Colombian coffee beans by supercritical fluid extraction. **Journal of Supercritical Fluids**, v. 113, p. 44-52, 2016.

IRGENS, F. **Reology and Non-Newtonian Fluids**. Switzerland: Springer, 2014.

JAIN, D.; MISHRA, S. Multifunctional solvent stable Bacillus lipase mediated biotransformations in the context of food and fuel. **Journal of Molecular Catalysis B: Enzymatic**, v. 117, p. 21–30, 2015.

KIM, J. H.; AHN, D. U.; EUN, J. B.; MOON, S. H. Antioxidant Effect of Extracts from the Coffee Residue in Raw and Cooked Meat. **Antioxidants**, v. 5, p. 1-10, 2016.

KIM, J. M.; MARSHALL, M. R.; CORNELL, J. A.; PRESTON, J. F.; WEI, C. I. Antibacterial activity of carvacrol, citral, and geraniol against *Salmonella typhimurium* in culture medium and on fish cubes. **Journal of Food Science**, v. 60, n. 6, p. 1364-1374, 1995.

KURZROCK, T.; SPEER, K. Identification of kahweol fatty acid esters in Arabica coffee by means of LC / MS. **Journal of Separation Science**, Weinhein, v. 24, p. 843-848, 2001.

KUSKOSKI, E. M.; ASUERO, A. G.; TRONCOSO, A. M.; MANCINI-FILHO, J.; FETT, R. Aplicación de diversos métodos químicos para determinar actividad antioxidante en pulpa de frutos. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, p. 726-732, 2005.

KUTZNER, L.; OSTERMANN, A. I; KONRAD, T.; RIEGEL, D.; HELLHAKE, S.; SCHUCHARDT, J. P.; SCHEBB, N. H . Lipid Class Specific Quantitative Analysis of n-3 Polyunsaturated Fatty Acids in Food Supplements. **Jounal of agricultura and food chemistry**, v. 65, p. 139-147, 2017.

LARRAURI, J. A.; RUPÉREZ, P.; SAURA-CALIXTO, F. Effect of drying temperature on the stability of polyphenols and antioxidant activity of red grape pomace peels. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.45, n.4, p.1390-1393, 1997.

LEE, K. J.; JEONG, H. G. Protective effects of kahweol and cafestol against hydrogen peroxide-induced oxidative stress and DNA damage. **Toxicology Letters**, v. 173, p. 80–87, 2007.

LEE, K. J.; CHOI, J. H.; JEONG, H. G. Hepatoprotective and antioxidant effects of the coffee diterpenes kahweol and cafestol on carbon tetrachloride-induced liver damage in mice. **Food and Chemical Toxicology**, v. 45, p. 2118–2125, 2007.

LEE, L. W.; LIU, X.; , , WONG, W. S. E.; LIU, S. Q. Effects of sucrose monopalmitate (P90), Tween 80 and modified starch on coffee aroma retention and release in coffee oil-based emulsions. **Food Hydrocolloids**, v. 66, p. 128-135, 2017.

LUCAS-GONZÁLEZ, R.; VIUDA-MARTOS, M.; ÁLVAREZ, J. A. P.; FERNÁNDEZ-LÓPEZ, J. Changes in bioaccessibility, polyphenol profile and antioxidant potential of flours obtained from persimmon fruit (*Diospyros kaki*) co-products during in vitro gastrointestinal digestion. **Food Chemistry**, v. 256, p. 252-258, 2018)

MARTO, J.; ASCENSO, A.; GONCALVES, L. M.; GOUVEIA, L. F.; MANTEIGAS, P.; PINTO, P. Melatonin-based pickering emulsion for skin's photoprotection. **Drug Delivery**, v. 23, p. 1594-1607, 2016.

MITSCHKA, P. Simple conversion of Brookfield RVT: readings into viscosity functions. **Rheologica Acta**, Prague, v. 21, p. 207-209, 1982.

MOREIRA, A. S. P.; NUNES, F. M.; DOMINGUES, M. R.; COIMBRA, M. A. Coffee melanoidins: structures, mechanisms of formation and potential health impacts. **Food & Functional**, v. 3, p. 903–915, 2012.

MOUSTAFA, H.; GUIZANI, C.; DUPONT, C.; MARTIN, V.; JEGUIRIM, M.; DUFRESNE, A. Utilization of Torrefied Coffee Grounds as Reinforcing Agent to Produce High-Quality Biodegradable PBAT Composites for Food Packaging Applications. **ACS Sustainable Chemistry & Engineering**, v. 5, p. 1906-1916, 2017.

NUNES, F. M.; COIMBRA, M. A. Role of hydroxycinnamates in coffee melanoidin formation. **Phytochemistry Reviews**, v. 9, p. 171–185, 2010.

OLIVEIRA, P. M. A; ALMEIDA, R. H.; OLIVEIRA, N. A ; BOSTYN, S.; GONÇALVES, C. B.; OLIVEIRA, A. L. Enrichment of diterpenes in green coffee oil using supercritical fluid extraction—characterization and comparison with green coffee oil from pressing. **Journal Supercritical Fluids**, v. 95, p. 137–145, 2014.

ORDÓÑEZ, J. A.; RODÍGUEZ, M. I. C.; ÁLVAREZ, L. F.; SANZ, M. L. G.; MIGUILLÓN, G. D. G. F.; PERALES, L. H.; CORTECERO, M. D. S. **Tecnología de Alimentos. Porto Alegre**: Editora ARTMED, 2007.

PERRONE, D.; FARAH, A.; DONANGELO, C. M. Influence of coffee roasting on the incorporation of phenolic compounds into melanoidins and their relationship with antioxidant activity of the brew. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, p. 4265–4275, 2012.

PETROPOULOS, S. A.; KARKANISA, A.; MARTINSB, N.; FERREIRA, I. C. F. R. Edible halophytes of the Mediterranean basin: Potential candidates for novel food products. **Trends in Food Science & Technology**, v. 74, p. 69-84, 2018.

PIVA, G. S.; WESCHENFELDER, T. A.; FRANCESCHI, E.; CANSIAN, R. L.; PAROUL, N.; STEFFENS, C. Extraction and modeling of flaxseed (*Linum usitatissimum*) oil using subcritical propane. **Journal of Food Engineering**, v. 228, p. 50-56, 2018.

PRATT, D. A., MILLS, J. H., PORTER, N. A. Theoretical calculations of carbon-oxygen bond dissociation enthalpies of peroxy radicals formed in the autoxidation of lipids. **Journal of the American Chemical Society**, v. 125, p. 5801–5810, 2003.

RIVELLI, D. P.; ROPKE, C. D.; SILVA, V. V.; MIRANDA, D. V.; ALMEIDA, R. L.; SAWADA, T. C. H. Simultaneous determination of chlorogenic acid, caffeic acid and caffeine in hydroalcoholic and aqueous extracts of *Ilex paraguariensis* by HPLC and correlation with antioxidant capacity of the extracts by DPPH· reduction. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 43, p. 215–222, 2007.

RODRIGUES, N. P.; BRAGAGNOLO, N. Identification and quantification of bioactive compounds in coffee brews by HPLC–DAD–MSⁿ. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 32, p. 105-115, 2013.

ROMANO, R.; SANTINI, A.; LE GROTTAGLIE, L.; MANZO, N.; VISCONTI, A.; RITIENI, A. Identification markers based on fatty acid composition to differentiate between roasted Arabica and Canephora (Robusta) coffee varieties in mixtures. **Journal of Food Composition and Analysis**, v. 35, p. 1–9, 2014.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R.E.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PEREZ-JIMENEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre DPPH. Fortaleza, CE: **Embrapa Comunicado Técnico**, 2007a.

RUFINO, M. S. M.; ALVES, R.E.; MORAIS, S. M.; SAMPAIO, C. G.; PEREZ-JIMENEZ, J.; SAURA-CALIXTO, F. D. Metodologia científica: determinação da atividade antioxidante total em frutas pela captura do radical livre ABTS⁺. Fortaleza, CE: **Embrapa Comunicado Técnico**, 2007b.

SAINI, R. K.; KEUM, Y. Omega-3 and omega-6 polyunsaturated fatty acids: Dietary sources, metabolism, and significance. **Life Sciences**, v. 203, p. 255-267, 2018.

SENGER, E.; BOHLINGER, B.; ESGAIB, S.; HERNÁNDEZ-CUBERO, L. C.; MONTES, J. M.; BECKER, K. Chuta (edible *Jatropha curcas* L.), the newcomer among underutilized crops: a rich source of vegetable oil and protein for human consumption. **European Food Research and Technology**, v. 243, p. 987–997, 2017.

SETZER, W. N.; VOGLER, B.; SCHMIDT, J. M.; LEAHY, J. G.; RIVES, R. Antimicrobial activity of *Artemisia douglasiana* leaf essential oil. **Fitoterapia**, v. 75, p. 192-200, 2004.

SORKHEH, K.; KIANI, S.; SOFO, A. Wild almond (*Prunus scoparia* L.) as potential oilseed resource for the future: Studies on the variability of its oil content and composition. **Food Chemistry**, v. 212, p. 58–64, 2016.

SUN, Y.; XIA, Z.; XHENG, J.; QIU, P.; ZHANG, L.; McCLEMENTS, D. J.; XIAO, H. Nanoemulsion-based delivery systems for nutraceuticals: Influence of carrier oil type on bioavailability of pterostilbene. *Journal of Functional Food*, v. 13, p. 61-70, 2015.

SUNARHARUM, W. B.; WILLIAMS, D. J.; SMYTH, H. E. Complexity of coffee flavor: a compositional and sensory perspective. **Food Research International**, v. 62, p. 315-325, 2014.

TOCI, A. T.; FARAH, A. Volatile fingerprint of Brazilian defective coffee seeds: corroboration of potential marker compounds and identification of new low quality indicators. **Food Chemistry**, v. 153, p. 298-314, 2014.

TSUKUI, A.; SANTOS JÚNIOR, H. M.; OIGMAN, S. S.; SOUZA, R. O. M. A.; BIZZO, H. R.; REZENDE, C. M. Microwave-assisted extraction of green coffee oil and quantification of diterpenes by HPLC. **Food Chemistry**, v. 164, p. 266-271, 2014.

WAGEMAKER, T. A. L.; SILVA, S. A. M.; LEONARDI, G. R.; CAMPOS, P. Green *Coffea arabica* L. seed oil influences the stability and protective effects of topical formulations. **Industrial Crops and Products**, v. 63, p. 34-40, 2015.

WAGEMAKER, T. A. L.; CAMPOS, P.; FERNANDES, A. S.; RIJO, P.; NICOLAI, M.; ROBERTO, A. Unsaponifiable matter from oil of green coffee beans: cosmetic properties and safety evaluation. **Drug Development and Industrial Pharmacy**, v.42, p. 1695-1699, 2016.

WATERHOUSE, A. L. Polyphenolics: Determination of total phenolics. **Current Protocols in Food Analytical Chemistry**. New York: John Wiley & Sons, 2002.

Yang, C. S.; Ho, C.; Zhang, J.; Wan, X.; Zhang, Ke.; Lim, J. Antioxidants: Differing Meanings in Food Science and Health Science. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 66, p. 3063-3068, 2018.