

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO DE ALIMENTOS  
CURSO SUPERIOR DE ENGENHARIA DE ALIMENTOS

LUIS FELIPE DA COSTA BAPTISTA MARCONI

**CARACTERIZAÇÃO DE ÓLEOS COMESTÍVEIS DE ALTO  
VALOR AGREGADO: PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS,  
PERFIL CROMATOGRÁFICO E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CAMPO MOURÃO  
2016

LUIS FELIPE DA COSTA BAPTISTA MARCONI

**CARACTERIZAÇÃO DE ÓLEOS COMESTÍVEIS DE ALTO  
VALOR AGREGADO: PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS,  
PERFIL CROMATOGRÁFICO E ATIVIDADE ANTIOXIDANTE**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, do Curso Superior de Engenharia de Alimentos, do Departamento de Alimentos – DALIM – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro de Alimentos.

Orientador: Prof. Dr. Odinei Hess Goncalves

Co – Orientador: Prof. Dr. Augusto Tanamati

CAMPO MOURÃO  
2016



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Campus Campo Mourão

Departamento Acadêmico de Alimentos  
Engenharia de Alimentos



---

---

## TERMO DE APROVAÇÃO

Caracterização de óleos comestíveis de alto valor agregado: propriedades físico-químicas, perfil cromatográfico e atividade antioxidante.

por

LUIS FELIPE DA COSTA BAPTISTA MARCONI

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado dia 24 de novembro de 2016 como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Alimentos. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

---

Prof. Dr. Odinei Hess Golçalves

---

Prof. Dr. Augusto Tanamati

---

Profª. Drª. Ailey Aparecida Coelho  
Tanamati

---

Prof. Dr. Bogdan Demczuk Junior

---

**Nota:** O documento original e assinado pela banca examinadora encontra-se na Coordenação do Curso de Engenharia de Alimentos da UTFPR Campus Campo Mourão.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus que foi sustento e me deu coragem para seguir em frente e me mostrou ser capaz de sempre alçar voos mais altos.

A meu pai João que sempre me ensinou a ser forte e nunca abaixar a cabeça perante a uma adversidade, minha mãe Fátima que nunca me deixou desistir e sempre me incentivou a encarar novos desafios, a meu irmão André e irmã Maísa que sempre mostraram apoio e encorajaram-me a terminar o curso.

Ao meus orientadores Prof. Dr. Odinei e Prof. Dr. Augusto que sempre se dispuseram a ajudar e ensinar durante a pesquisa e desenvolvimento da mesma.

Aos professores Bogdan e Alexandre por se tornarem amigos e sempre me aconselharam nos momentos que foram necessários e por todos os momentos vividos fora da sala de aula.

Aos professores Manuel, Alberto e Paulo Henrique que me ensinaram o valor do conhecimento me ajudando no desenvolvimento pessoal com toda as suas experiências de vida e profissionais e ensinamentos durante as aulas.

Aos meus parceiros de pesquisa Marcos Vieira e Valquíria Rojas pela disposição e paciência em me passar todo o conhecimento possível e me ajudar no desenvolvimento do trabalho.

Aos meus amigos Rafael, Bruno, Renan, Guilherme, Isabella, Natália, Taini, Amanda e Alini que sempre estiveram comigo nos momentos de alegrias e tristezas e me deram suporte para que eu conseguisse seguir em frente e tivesse o melhor período da minha vida.

Em especial a minha Avó Cláudia que já não está mais entre nós e me ensinou a ser humilde e simples sendo o exemplo de pessoa mais doce e amorosa que já conheci, e sempre me aconselhou quando precisei e tinha o sonho de ver os netos formados.

“Primeiro, tenha um ideal definido e claro: uma meta, um objetivo. Segundo, tenha os meios necessários para atingir os seus fins; conhecimento, dinheiro, materiais e método. Terceiro, ajuste todos os meios para aquele fim.”

Aristóteles

## RESUMO

MARCONI, Luis Felipe da Costa Baptista. **Caracterização de óleos comestíveis de alto valor agregado: propriedades físico-químicas, perfil cromatográfico e atividade antioxidante.** 2016. 44p. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Engenharia de Alimentos), Departamento Acadêmico de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2016.

Óleos contendo alto teor de ácidos graxos poli-insaturados (AGPI's), como os ácidos linolênico e ácido linoleico essenciais para o organismo humano tem variadas finalidades industriais. São exemplos os óleos das sementes de chia, de abóbora, café verde, baru e nozes que, ainda possuem outras propriedades favoráveis a saúde como a atividade antioxidante. É necessário conhecer a composição exata dos óleos, haja vista haver variação decorrente da colheita, condições climáticas e acondicionamento. Este trabalho objetivou a caracterização dos óleos obtidos através de prensagens a frio das sementes de semente de abóbora, chia, café verde, baru e noz. Também a torta de extração das sementes de chia foi analisada. Para torta de extração das sementes de chia, foram avaliadas as características físico-químicas de cinzas, umidade, lipídeos totais, proteínas. Para os óleos, foram determinados acidez, umidade, densidade, extinção específica e a quantificação de ácidos graxos essenciais por cromatografia gasosa. Foi realizada também para os óleos e torta de extração a atividade antioxidante (DPPH\*) e teor de compostos fenólicos totais. Os percentuais de ácidos oleico, linoleico e linolênico se mantiveram condizentes com os encontrados por outros autores, com exceção do ácido linolênico do óleo de semente de abóbora que apresentou valores superiores ao da literatura. Os valores para atividade antioxidante e fenólicos totais também se apresentarão perto dos resultados obtidos na literatura, tanto para os óleos quanto para a sementes da torta resultante da extração do óleo de chia. Assim sendo concluiu-se que os óleos estudados neste trabalho são alternativas promissoras como fontes de ácidos graxos essenciais para o organismo humano. As sementes de chia após a extração do óleo podem ser consideradas fonte de proteínas e compostos antioxidantes fenólicos.

**Palavras-chave:** PUFAs, AGPIs, Óleos.

## ABSTRACT

MARCONI, Luis Felipe da Costa Baptista. **Characterization of high added edible oils with: physicochemical properties, chromatographic profile and antioxidant activity.** 2016. 44p. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Engenharia de Alimentos), Departamento Acadêmico de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Campo Mourão, 2016.

Oils containing high content of polyunsaturated fatty acids (PUFA's), such as linolenic acid, linoleic acid and oleic essential to the human body has a variety of industrial purposes. Examples are oils of chia seeds, pumpkin, green coffee, baru and nuts that also have other properties favorable to health as antioxidant activity. You must know the exact composition of the oils, given there is variation due to the harvest, climatic conditions and packaging. This study aimed to characterize the oils obtained from cold pressings of pumpkin seed seeds, chia, green coffee, baru and walnut. Also, the pie extraction of chia seeds was analyzed. For pie extraction of chia seeds, physico-chemical characteristics of ash were evaluated, moisture, total lipids, proteins. For oils, carbohydrates were determined acidity, moisture, density, specific extinction and the quantification of essential fatty acids by gas chromatography. It was also held for the oil and pie extraction antioxidant activity (DPPH \*) and content of phenolic compounds. The percentage of oleic, linoleic and linolenic remained consistent with those found by other authors, except for linolenic acid pumpkin seed oil which showed values higher than the literature. The values for total phenolics and antioxidant activity is also present close to the results obtained in the literature for both oil seed and for the resulting pie chia oil extraction. Therefore, it is concluded that the oils studied in this work are promising alternatives as sources of essential fatty acids to the human body. Chia seeds after oil extraction can be considered a source of protein and phenolic antioxidants.

**Keywords:** PUFAs, AGPIs, Oil.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Cromatograma do óleo de semente de abóbora .....	29
Figura 2. Cromatograma do óleo de noz .....	30
Figura 3. Cromatograma do óleo de café verde .....	30
Figura 4. Cromatograma do óleo de chia .....	31
Figura 5. Cromatograma do óleo de baru .....	31



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Composição físico-química da torta de extração das sementes de chia. .....	22
Tabela 2. Composição Físico-Química dos óleos. ....	23
Tabela 3. Compostos Fenólicos e Antioxidantes (DPPH*) dos óleos e da torta de extração.....	25
Tabela 4. Composição em porcentagem dos ácidos graxos presentes nos óleos. .....	27

## SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO .....	11
2 OBJETIVOS .....	12
2.1 OBJETIVO PRINCIPAL .....	12
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	12
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	13
3.1 Óleos .....	13
3.2 Sementes da Chia .....	15
3.3 Antioxidantes .....	16
3.4 Extração de compostos fenólicos .....	16
4 MATERIAL E MÉTODOS .....	18
4.1 Obtenção dos óleos e sementes de chia .....	18
4.2 Extração do óleo de chia por prensagem .....	18
4.3 Extração dos compostos fenólicos .....	18
4.3.1 Extração dos compostos fenólicos da torta resultante da chia .....	18
4.3.2 Extração dos compostos fenólicos dos óleos .....	18
4.4 Análises físico-químicas dos óleos e da torta de extração da Chia .....	19
4.5 Análise cromatográfica dos ácidos graxos .....	19
4.6 Determinação de compostos fenólicos totais .....	19
4.7 Determinação de capacidade antioxidante pelo método de DPPH* .....	20
4.8 Determinação da extinção específica por absorvância por espectrofotometria .....	20
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES .....	22
5.1 Caracterização físico – química da torta de extração do óleo de chia .....	22
5.2 Caracterização Físico – Química dos óleos .....	23
5.3 Quantificação dos Compostos Fenólicos Totais e atividade antioxidante (DPPH*) .....	25
5.4 Quantificação e identificação dos ácidos graxos presentes nos óleos .....	26
6 CONCLUSÃO .....	32
REFERÊNCIAS .....	33
ANEXO 1 .....	43

## 1 INTRODUÇÃO

Os óleos vegetais são utilizados com diversos propósitos industriais e/ou alimentícios, sendo que sua composição é de grande importância do ponto de vista nutricional (Ixtaina et al., 2011).

Alguns óleos são ricos em ácidos graxos poli-insaturados (AGPIs), sendo o ômega 3 e ômega 6 essenciais para a nutrição humana. Entretanto, não são sintetizados pelo organismo, tendo que ser adquiridos de fontes alimentícias externas, como, por exemplo, pelo consumo de alguns óleos vegetais naturais (Rodríguez, Martín, Ruiz, & Clares, 2016).

Apesar da possibilidade de se extrair o óleo por vários métodos, estes acabam por impactar nas características finais do óleo obtido. Métodos como a prensagem ou extração por solvente a frio tendem a preservar as propriedades do óleo quando comparados a métodos a quente. A prensagem é preferida, no entanto, devido à ausência de solventes orgânicos, eliminando possíveis contaminações (Ixtaina et al., 2011).

Os óleos essenciais de plantas possuem alto valor agregado; entretanto, são compostos de uma mistura complexa de substâncias, muitas delas facilmente termodegradáveis. O aquecimento prolongado em contato com a água pode conduzir à hidrólise de ésteres, polimerização de aldeídos ou à decomposição de outros compostos.

A correta utilização desses óleos pela indústria alimentícia passa necessariamente pelo conhecimento da sua composição. Processos avançados como os de encapsulação, por exemplo, também precisam de dados fidedignos de composição para que sejam corretamente planejados. Como são advindos de matrizes vegetais, são esperadas variações de composição entre óleos obtidos em condições de processamento diferentes ou mesmo oriundos de plantas de origens distintas.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO PRINCIPAL

Caracterizar o óleo de chia (e a sua torta de extração resultante) e os óleos de café verde, sementes de abóbora, baru e nozes comerciais.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Extrair o óleo de chia através da prensagem a frio;
- Caracterizar a torta de extração resultante das sementes de chia através das técnicas de umidade, cinzas, proteínas, lipídeos e carboidratos;
- Caracterizar os óleos de café verde, baru, nozes e sementes de abóbora pelas técnicas de umidade, determinação de acidez, índice de iodo, e índice de extinção;
- Determinar o teor de fenólicos totais e atividade antioxidante dos óleos e torta de extração das sementes de chia;
- Identificar e quantificar dos ácidos graxos presentes nos óleos por cromatografia gasosa.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1 Óleos

Sementes nativas da biodiversidade brasileira ou que se adaptaram bem ao clima do país estão sendo estudados cada vez mais devido ao interesse da população em geral em produtos mais saudáveis e também por causa da inerente atividade biológica que tais sementes e seus óleos apresentam, como por exemplo a atividade antioxidante. Podem ser citadas como matérias-primas de interesse a chia (*Salvia hispanica*), as sementes de abóbora (*Cucurbita maxima*), nozes (*Juglans regia L.*), sementes de café verde (*Coffea robusta*) e a castanha do barueiro (*Dipteryx alata*) mais conhecido como baru.

O alto teor de óleo, proteína, antioxidantes e minerais encontrados nas sementes de chia fazem com que muitos profissionais da área da saúde recomendem o consumo desta semente. O grande destaque deve-se ao fato da cultura apresentar alto teor de ácidos graxos insaturados (Jamboonsri, Phillips, Geneve, Cahill, & Hildebrand, 2012)

Estudos mostram que as sementes de chia tem teores de óleo entre 25 a 35% em massa, (Capitani, Spotorno, Nolasco, & Tomás, 2012) ao realizar a extração do óleo por prensagem a frio encontraram  $5,7 \cdot 10^{-4}$  mol/kg de compostos fenólicos totais presentes no óleo, sendo o composto mais abundante do ácido caféico ( $4,8 \cdot 10^{-4}$  mol/kg).

O óleo da semente de abóbora é uma excelente fonte de antioxidantes como polifenóis, tocoferóis, carotenoides e AGPIs, podendo ser incluído como conservante e ingrediente funcional na área de alimentos, farmacêutica e cosmética, podendo ainda contribuir com prevenção de doenças e promoção da saúde, sendo as AGPIs de grande importância para o crescimento e desenvolvimento no sistema nervoso central e do sistema cardiovascular (Siano et al., 2016).

Segundo Hernández-santos et al. (2016) o óleo das sementes de abóbora apresentam um baixo valor de ácido graxos livres tendo uma concentração 2,75 a 4,93% de ácido oleico. Em contra partida Vincek et al. (2014) a partir de seu estudo encontrou em predominância os ácidos linoleico, oleico, palmítico,

esteárico. Tendo quantidades relativamente altas de ácido palmítico (9,13 – 12,84%) e ácido esteárico (4,15 – 6,31%).

Como principais componentes do óleo de café, tem-se o ácido clorogênico, caféico e ferúlico (Madhava Naidu, Sulochanamma, Sampathu, & Srinivas, 2008), além de grande predominância de ácido linoleico. Com propriedades benéficas à saúde, este óleo apresenta capacidade anticarcinogênica, anti-inflamatória e antioxidante (Carvalho, Silva, & Hubinger, 2014). Estudos feitos por Hurtado-benavides et al. (2016) mostraram que as sementes do café verde tem 8,9% de teor de óleo em sua composição e determinou que os principais componentes encontrados no óleo foram ácido palmítico (46,1%), ácido linoleico (32,9%), ácido oleico (8,0%), ácido esteárico (6,6%) e araquídico (1,9%). Tais componentes tornam interessante o uso do óleo de café verde em alimentos.

O consumo de óleo de nozes tem aumentado devido à sua composição, principalmente em relação à abundância de ácidos graxos insaturados e de tocoferóis. Há relatos científicos demonstrando que o consumo regular de madeira de noqueira proporciona efeitos positivos sobre as doenças cardíacas coronárias (Morgan et al., 2002; Ros & Mataix, 2006). Além disso, a fração lipídica das nozes apresenta importantes quantidades de outros componentes bioativos, tais como os tocoferóis (vitamina E), polifenóis e fitoesteróis (Amaral, Casal, Pereira, Seabra, & Oliveira, 2003; Calvo, Castaño, Hernández, & González-Gómez, 2011).

O óleo de nozes é predominantemente composto por ácidos graxos poli-insaturados, como o ômega-6 e ômega-3, em contraste com outras espécies de nozes que têm alta teor de ácidos graxos mono-insaturados (Amaral et al., 2003; Li, Tsao, Yang, Kramer, & Hernandez, 2007; M. Martínez, Barrionuevo, Nepote, Grosso, & Maestri, 2011; Robbins, Shin, Shewfelt, Eitenmiller, & Pegg, 2011). Em nozes, o conteúdo de ômega-3 é considerável, sendo entre 9,6 e 18,6% (M. Martínez et al., 2011), enquanto que a proporção de ômega-6 / ômega-3 está dentro do intervalo recomendado para a saúde (A.P., 2008; Robbins et al., 2011). No entanto, estes ácidos graxos essenciais insaturados são muito propensos a oxidação (Frankel, 1991; Robards, Kerr, Patsalides, & Korth, 1988) levando a afetar negativamente a qualidade percebida pelos consumidores (Mexis, Badeka, Riganakos, Karakostas, & Kontominas, 2009; Mitcham et al., 2005).

O Baru é uma árvore nativa do cerrado brasileiro, sua polpa é comumente utilizada na produção de geleias e sua castanha possui ótimos parâmetros alimentícios, alto valor nutricional, além de ser rica em óleo com propriedades medicinais (Silva et al., 2015). De acordo com (Pineli et al., 2015) as castanhas de Baru contêm altos teores de fenólicos totais, entretanto o seu potencial farmacêutico ainda não foi totalmente estudado. Em seu trabalho de extração, foram encontrados 24,5g de óleo/100g de castanha de Baru, o que representa 24,5% de óleo, contendo, em média, 38,92g de ácido linoleico por 100g de óleo e 38,34 g de ácido oleico por 100 de óleo (RODRÍGUEZ et al., 2016).

### 3.2 Sementes da Chia

Os antioxidantes polifenólicos presentes em sementes vegetais, têm função natural de proteger os ácidos graxos poli-insaturados presentes (Taga, Miller, & Pratt, 1984), como no caso da chia. Foi uma das principais culturas utilizadas por pré-sociedades colombianas na América Central e como tal, permaneceu um ingrediente crítico para consumo humano nessas sociedades por um longo tempo, sendo mais tarde esquecido, na última década do século XX, a cultura da chia ganhou importância devido às suas características nutricionais e funcionais (Ayerza h & Coates, 2011). Estudos acerca de suas propriedades e possíveis aplicações mostram que esta possui um elevado valor nutricional. Em relação aos compostos fenólicos antioxidantes, são encontrados na chia os seguintes compostos: ácido clorogênico, ácido caféico, quercetina e kaempferol (Ixtaina et al., 2011; Reyes-Caudillo, Tecante, & Valdivia-López, 2008; Sandoval-Oliveros & Paredes-López, 2013). Ele contém também uma baixa porcentagem de ácido graxo saturado e outros componentes bioativos, tais como tocoferóis, polifenóis, carotenóides e fosfolípidos (Ixtaina, Julio, Wagner, Nolasco, & Tomás, 2015).

Segundo Segura-campos et al. (2014) as sementes de chia são compostas por 33,15% de lipídeos, 24,11% de proteínas, 4,58% de cinzas, valores bem próximos achados por Ixtaina et al. (2011) (33% de lipídeos), e próximos aos valores achados por Guiotto et al. (2014) (23% de proteínas e 4,6% de cinzas).

### 3.3 Antioxidantes

Indústrias alimentícias têm interesse em utilizar os antioxidantes para evitar a deterioração dos produtos e manter o valor nutricional. Os antioxidantes também são de grande interesse para os bioquímicos e profissionais da saúde, pois podem ajudar na proteção do organismo contra danos causados pelas espécies reativas do oxigênio e doenças degenerativas (Shahidi & Naczk, 2006)

Tendo em vista os indícios de problemas que podem ser provocados pelo consumo de antioxidantes sintéticos, as pesquisas têm sido dirigidas no sentido de encontrar produtos naturais com atividade antioxidante, que podem permitir a substituição dos sintéticos ou fazer associações entre eles, com o intuito de diminuir sua quantidade nos alimentos. Os estudos estão centralizados nos compostos fenólicos de origem vegetal, pois eles agem como aceptores de radicais livres, interrompendo a reação em cadeia provocada, além de atuarem também nos processos oxidativos catalisados por metais, tanto *in vitro*, como *in vivo* (Williamson, Faulkner, & Plumb, 1998).

Dentre as diversas classes de substâncias antioxidantes de ocorrência natural, os compostos fenólicos têm recebido muita atenção nos últimos anos. Tais enzimas, naturalmente presentes em vegetais, são responsáveis pela rancidez oxidativa enzimática (Juntachote & Berghofer, 2005).

### 3.4 Extração de compostos fenólicos

É uma das etapas mais delicadas da análise, pois sua eficiência depende de vários fatores, como o tipo de amostra, tipo de compostos a serem extraídos, temperatura de extração e o tipo de solvente a ser usado na extração (Mustafa & Turner, 2011).

Para amostras sólidas, uma das primeiras fases a serem realizadas é a transferência dos complexos para a fase líquida, composta pelo solvente extrator adequado (Luque de Castro & Priego-Capote, 2010) no processo chamado de extração sólido-líquido ou lixiviação (Luque de Castro & García-Ayuso, 1998). A maceração é um exemplo de extração sólido-líquido muito utilizada para obtenção de compostos fenólicos de fontes vegetais (Luque de Castro & Priego-Capote, 2012), as amostras também podem vir a ser desidratadas, liofilizadas



ou congeladas antes do processo de extração. Assim, os substratos atingem maior superfície de contato com o solvente de extração (Juntachote & Berghofer, 2005).

A natureza química desses compostos nos alimentos varia do simples ao altamente polarizado, há grande variedade de compostos bioativos nos vegetais e diferentes quantidades presentes, além da possibilidade de interação dos compostos antioxidantes com carboidratos, proteínas e outros componentes dos alimentos. Alguns desses complexos, assim como alguns fenólicos com alto peso molecular, são altamente insolúveis em água. Entretanto, os extratos sempre contêm mistura de substâncias fenólicas de diferentes classes que são solubilizadas no solvente do sistema escolhido (Souza-Sartori, Scalise, Baptista, Lima, & Aguiar, 2013).

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 Obtenção dos óleos e sementes de chia

Os óleos de semente de abóbora, noz, baru e café verde foram obtidos da empresa Veris Ltda, que é conhecida no mercado por disponibilizar óleos vegetais extraídos a frio. As sementes de chia também foram adquiridas dessa empresa.

### 4.2 Extração do óleo de chia por prensagem

O óleo de chia foi obtido por prensagem a frio das sementes em prensa de pistão simples sob pressão de 15 toneladas. O óleo extraído e a torta de extração foram armazenados sob refrigeração (10°C) e protegidos da luz.

### 4.3 Extração dos compostos fenólicos

#### 4.3.1 Extração dos compostos fenólicos da torta resultante da chia

Foi pesado em um tubo falcon 1g da torta resultante da extração do óleo da chia, em seguida foi adicionado 20 mL de etanol 80% (v/v), foi feita a extração no aparelho Ultra Turax (Ika T25 Digital) por 10.000 rpm por 20 min. Em seguida, para obtenção da fase sobrenadante, a matriz líquida foi separada da sólida por centrifugação (6.000 rpm/15min). O processo foi repetido por 5 vezes até se obter uma matriz límpida para garantia de total extração.

#### 4.3.2 Extração dos compostos fenólicos dos óleos

A análise foi feita segundo Montedoro & Servili, (1992), adaptada por Gambacorta et al., (2010), onde os compostos fenólicos foram extraídos através de uma extração líquido-líquido usando metanol e hexano como solventes. Foram pesados 5g da amostra e diluídos em 2 mL de metanol/água (70:30, v/v) e 2 mL de hexano. Em seguida a amostra foi homogeneizada com ajuda de um vortex por 10 min. A solução hidro alcoólica foi separada por centrifugação (4.000 rpm/10min), coletada e armazenada ao abrigo da luz e refrigerada a 10°C.

#### 4.4 Análises físico-químicas dos óleos e da torta de extração da Chia

As análises a serem realizadas seguiram Lutz, (2008), onde foram feitas as análises para determinação de acidez, umidade para os óleos e cinzas, proteínas, lipídeos, carboidratos para a torta resultante da extração.

#### 4.5 Análise cromatográfica dos ácidos graxos

A preparação de ésteres metílicos de ácidos graxos a partir dos constituintes foi executada segundo o método de Hartman e Lago, descrito em (Milinsk, 2008), com pequenas modificações. O procedimento foi realizado em triplicata, utilizando o tricosanoato de metila (23:0Me) como padrão interno. Os ésteres metílicos de ácidos graxos (EMAGs) foram separados em um cromatógrafo gasoso (Shimadzu, GC-2010 Plus AF) equipado com injetor capilar Split/Splitless, detector de ionização por chama (FID), controlador de fluxo e pressão automáticos e coluna capilar com fase 70% cianopropil polisilfenileno, modelo BPX70 (60 m x 0,25 mm x 0,25 µm). A identificação foi realizada por comparação do tempo de retenção e adição de padrões (Supelco, F.A.M.E. Mix C4-C24). O fluxo de gases (White Martins) foi de 1,2 mL/min para o gás de arraste (H<sub>2</sub>), 30 mL/min para o gás auxiliar (N<sub>2</sub>); para os gases da chama, hidrogênio e ar sintético, foram 40 mL/min e 400 mL/min, respectivamente. A temperatura da coluna foi de 180 °C por 15 minutos, sendo elevada até 225 °C a uma taxa de 10 °C/min, permanecendo nesta temperatura por 10 minutos. As temperaturas do ionizador e detector foram 240 °C. As injeções foram realizadas em triplicata, e o volume de injeção foi de 1 µL. As áreas dos picos foram integradas utilizando software GCsolution versão 2.41 (Shimadzu).

#### 4.6 Determinação de compostos fenólicos totais

O conteúdo de compostos fenólicos totais (FT) dos óleos foi determinado de acordo com o método de Folin-Ciocalteu (Singleton & Rossi, 1965). Em um tubo de ensaio, 30 µL da amostra, 2370 µL de água destilada e 150 µL do reagente de Folin-Ciocalteu foram misturados em vórtex por 10 segundos. Para preparar o branco da torta de extração, 30 µL de etanol a 80% (m/v) foram utilizados no lugar do extrato, e para o preparo do branco dos óleos foram

utilizados metanol 70% (v/v) e hexano. Após 2 min, 450  $\mu\text{L}$  de carbonato de sódio a 15 % (m/v) foram adicionados e a solução foi homogeneizada em vórtex por 10 segundos, e então incubada por 2 h em temperatura ambiente e ao abrigo da luz. A absorbância foi lida a 765 nm utilizando um espectrofotômetro UV-VIS (Red Tide, modelo USB650 UV, Ocean Optics,). Uma curva padrão de ácido gálico com concentrações variando de 30 a 1500  $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$  ( $y = 0,0011x - 0,0088$ ,  $R^2 = 0,9995$ ,  $p < 0,001$ ) foi utilizada para a quantificação dos FT, e os resultados expressos em miligramas equivalentes de ácido gálico por 100 g dos óleos ( $\text{mg EAG}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ).

#### 4.7 Determinação de capacidade antioxidante pelo método de DPPH\*

A atividade de sequestro de radicais livres dos óleos foi avaliada pelo método do radical do DPPH (DPPH\*) de acordo com Mensor et al., (2001). Este método é baseado na capacidade do antioxidante em reduzir o DPPH\* por reação de transferência de elétron com consequente descoloração do meio. O volume de 1000  $\mu\text{L}$  de solução metanólica de DPPH\* 0,3 mol/L foi adicionado a 2500  $\mu\text{L}$  de extrato antioxidante, procedendo-se a agitação em vórtex por 10 segundos. O branco da torta de extração do óleo de chia foi preparado com 2500  $\mu\text{L}$  de extrato diluído e 1000  $\mu\text{L}$  de metanol, para o branco dos óleos utilizou-se acetato de etila. A reação foi conduzida por 30 min à temperatura ambiente no escuro, as absorbâncias foram medidas a 518 nm em um espectrofotômetro UV-VIS (Red Tide, modelo USB650 UV, Ocean Optics), e os resultados foram comparados com duas curvas de calibração de trólox com concentrações de 10 a 60  $\mu\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}$  ( $y = -0,0005x + 0,6572$ ,  $R^2 = 0,9991$ ,  $p < 0,001$ ), ( $y = -0,0006 + 0,6988$ ,  $R^2 = 0,9944$ ,  $p < 0,001$ ) e expressos em micromol equivalente de trólox por grama de óleo ( $\mu\text{mol ET}\cdot\text{g}^{-1}$ ).

#### 4.8 Determinação da extinção específica por absorbância por espectrofotometria

A análise dos óleos foi realizada conforme o método descrito por Methods & The, (1979), com pequenas adaptações. Em torno de 0,25g de amostra foi pesado, diretamente em balão volumétrico de 10 mL, o qual foi dissolvido em n-heptano. A solução foi adicionada numa cubeta de quartzo (1 cm de caminho

ótico) e então determinadas as absorvâncias a 232 nm e 270 nm, usando o mesmo solvente como branco. A extinção específica de cada óleo foi calculada através da equação 1.

$$E_{1cm}^{1\%} = \frac{A_{\lambda}}{(c \times l)}$$

*Equação 1. Equação de determinação de extinção específica*

Onde:

$E_{1cm}^{1\%}$  = Extinção específica no comprimento de onda  $\lambda$ ;

$A_{\lambda}$  = absorvância medida no comprimento de onda  $\lambda$ ;

C = concentração da solução em g/100mL;

l = caminho óptico da cubeta, em cm.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 5.1 Caracterização físico – química da torta de extração do óleo de chia

A Tabela 1 apresenta os resultados obtidos das análises para a caracterização da torta após a prensagem e obtenção do óleo.

*Tabela 1. Composição físico-química da torta de extração das sementes de chia.*

Componentes	Concentração (%)
Lipídeos	3,14 ± 1,031
Proteínas	25,71 ± 2,61
Cinzas	6,20 ± 3,03
Umidade	11,08 ± 0,054
Carboidratos	53,87 (valor calculado)

Na análise de lipídeos foi obtido um valor de 3,14% um valor baixo devido a prensagem e extração do óleo, valor bem abaixo dos 35, 15%, 33%, 32%, 30,22% e os 21,69% encontrados por Segura-campos et al. (2014), Ixtaina et al. (2015), Guiotto et al. (2014), Marineli et al. (2014) e Sargi et al. (2013) respectivamente. A porção de proteínas foi de 25,71% valor maior dos que os 23% encontrado por Ayerza & Coates. (2004) e próximos ao 29% achados por Guiotto et al. (2014). O valor de cinzas de 6,2% está acima dos valores de 4,6% Ayerza & Coates. (2004) e que os 4,82% de Coelho; & Salas-Mellado. (2014), assim como o valor de umidade 11,08% também está maior que os valores achados por Coelho & Salas-Mellado. (2014) (6,2%) e Segura-campos et al. (2014) (6, 82%).

Sendo a porção de carboidratos (53,87%) o componente com maior concentração na torta de extração, em estudo semelhante Marineli et al. (2014) também reportou uma grande quantidade de carboidratos 34,57% em sua composição.

As análises mostram que a torta de extração é constituída principalmente por carboidratos e proteínas, sendo uma fonte rica dos mesmos.

## 5.2 Caracterização Físico – Química dos óleos

A Tabela 2 mostra a caracterização físico-química dos óleos através das análises de índice de acidez, umidade, densidade e extinção específica.

Tabela 2. Composição Físico-Química dos óleos.

Óleos	Índice de Acidez (g ac oleico/100g de óleo)	Umidade (%)	Densidade (g/mL)	$E_{\lambda=232}$	$E_{\lambda=270}$
Semente de Abóbora	0,067 ± 0	0,44 ± 0,081	1,04 ± 0,0071	0,39 ± 0,0832	0,829 ± 0,0121
Baru	0,023 ± 0	0,33 ± 0,102	1,1 ± 0,0628	0,31 ± 0,0491	0,854 ± 0,0135
Café Verde	0,21 ± 0	0,52 ± 0,026	1,11 ± 0,0598	0,3 ± 0,0913	0,846 ± 0,0192
Chia	0,045 ± 0	0,96 ± 0,454	1,075 ± 0,0123	0,243 ± 0,232	0,874 ± 0,0422
Noz	0,051 ± 0	0,52 ± 0,407	1,14 ± 0	0,26 ± 0	0,881 ± 0,0214

O índice de acidez é uma análise que quantifica o estado de conservação do óleo, posto que a decomposição dos glicerídeos é dada e acelerada por aquecimento e pela incidência de luz no mesmo, assim sendo acompanhada pela constituição de ácidos graxos livres. A acidez livre de um composto está relacionada com a qualidade da matéria prima, grau de pureza e particularmente com as condições de conservação do óleo (Grossi, Di Lecce, Gallina Toschi, & Riccò, 2014). Para tanto é assim determinado por legislação do (Standard, Fats, Standards, & Stan, 2015) que o valor máximo permitido de acidez é de 0,4 g de ac oleico/100g de óleo.

Estudos realizados por Ixtaina et al. (2011) e Segura-campos et al. (2014) apresentaram valores para a acidez do óleo de chia de 0,07 variando até 0,20 g de ac oleico/100g de óleo e 0,02 g de ac oleico/100g de óleo respectivamente.

Em análise semelhante realizada por Hernández-santos et al. (2016) o óleo obtido da semente de abóbora apresentou uma variação de 0,140 a 0,247 g de ac oleico/100g de óleo, em resultado reportado por Vincek et al. (2014) de 0,14 a 0,371 g de ac oleico/100g de óleo.

Os óleos avaliados apresentaram resultados dentro do padrão pedido pelo *Codex Alimentarius* (Stan & Stan, 1999).

A umidade representa para óleos, gorduras e sementes oleaginosas um importante parâmetro de controle, já que é conhecido que a estabilidade desses alimentos diminui com o aumento do teor de umidade (Kaijser, Dutta, & Savage, 2000), porém não foram ratificados valores de umidade, na literatura, para os óleos aqui estudados.

A análise espectrofotométrica na região ultravioleta fornece informação sobre a qualidade de um óleo, podendo ser sobre seu estado de conservação e alterações provenientes da oxidação (Soares, Rodrigues, Carlos, & Lima, 2009).

Na região de 232nm se verifica a presença de compostos formados por oxidação primária que são os peróxidos, hidroperóxidos e os dienos conjugados. Na região de 270nm se observa a formação de compostos secundários sendo os aldeídos, álcoois, cetonas e trienos conjugados (Mello & Pinheiro, 2012; Ziegler et al., (2013).

Assim óleos de boa qualidade e que são acondicionados de forma correta contêm poucos produtos de oxidação e valores baixos de absorbância, quando há ocorrência de valores muito altos de absorbância sendo estes acima dos limites previstos para cada categoria de óleo, isto pode vir a indicar baixa qualidade ou refinados (Soares et al., 2009).

No estudo realizado por Gharibzahedi et al. (2013) onde o óleo de nozes foi extraído a frio, observaram-se nos comprimentos de onda de 232 nm e 270 nm, 1,08 nm e 0,06 nm, respectivamente. Calvo et al. (2011) obtiveram valores de 4,15 nm e 0,8218 nm.

Para o óleo de chia, Martínez et al. (2012) encontraram valores de 1,43 e 0,22 para 232 nm e 270 nm respectivamente.

As densidades dos óleos mostraram-se condizentes com as encontradas na literatura. Para o óleo de chia, Segura-campos et al. (2014) relataram uma densidade de 0,9241 g/mL, e para o óleo de baru, Marques et al. (2015) apresentaram o valor de 0,917 g/mL, Jiao et al. (2014) verificou um montante de 0,91 g/mL para o óleo de sementes de abóbora, Gharibzahedi et al. (2013) apresentou 0,921 g/mL para o óleo de nozes e Wagemaker, Silva, Leonardi, & Maia. (2015) reportou 0,910 g/mL para o óleo de café verde.



A partir dos resultados obtidos neste trabalho, pode-se concluir que os óleos estudados são de boa qualidade estando dentro dos padrões requeridos e tendo resultados compatíveis com a literatura.

### 5.3 Quantificação dos Compostos Fenólicos Totais e atividade antioxidante (DPPH\*)

A Tabela 3 apresenta os resultados obtidos para as concentrações de fenólicos totais (mg EAG/100g de óleo ou torta) e para atividade antioxidante ( $\mu\text{molET}/100\text{g}$  de óleo ou torta).

*Tabela 3. Compostos Fenólicos e Antioxidantes (DPPH\*) dos óleos e da torta de extração.*

Óleos	Compostos Fenólicos (mgEAG/100g de óleo/torta)	DPPH ( $\mu\text{molET}/100\text{g}$ de óleo/torta)
Semente de Abóbora	2,96 $\pm$ 0,21	97,11 $\pm$ 2,10
Chia	0,81 $\pm$ 0,07	79,89 $\pm$ 3,03
Baru	2,60 $\pm$ 0,21	30,12 $\pm$ 0,94
Noz	2,25 $\pm$ 0,21	59,48 $\pm$ 1,88
Café Verde	5,21 $\pm$ 0,25	195,53 $\pm$ 1,40
Torta de extração da chia	757,94 $\pm$ 27,03	3239,40 $\pm$ 125,33

Em estudos realizados por Andjelkovic et al. (2010) onde também foi determinado o teor total de fenólicos em óleo de semente de abóbora, os mesmos encontraram uma variação de 3 a 7,3 mgEAG/100g de óleo, Jiao et al. (2014) ao usar dois métodos diferentes de extração obtiveram 12,88 mgEAG/100g de óleo no método de extração enzimática aquosa assistida por micro-ondas e 7,32 gEAG/100g de óleo por extração soxlhet, onde pode-se notar que o solvente influi na concentração do composto presente no óleo.

Bodoira et al. (2016) encontrou 4,21 mgEAG/100g de óleo ao estudar a estabilidade e atividade antioxidante do óleo de chia, valor próximo ao encontrado por Martínez et al. (2015) que demonstraram uma concentração de 4,91 mgEAG/100g de óleo. Marineli et al. (2014) ao caracterizar as sementes de chia em seu estudo obtiveram 94 mgEAG/100g de sementes, Reyes-Caudillo et al. (2008) apresentaram um valor de 75,7 mgEAG/100g de sementes de chia.

A partir destes resultados pode-se notar que a maior concentração foi apresentada nos estudos relacionados com a matriz sólida, ou seja, semente de chia, isso se deve ao fato dos compostos fenólicos serem pouco solúveis e de alta massa molecular, se encontrando assim em sua maior parte nas sementes e não nos óleos.

Em relação a atividade antioxidante dos óleos Nawirska-Olszańska et al. (2013) ao estudar a composição físico-química e atividade antioxidante em 12 tipos diferentes de cultivares de abóbora, apresentou 95,7  $\mu\text{molET}/100\text{g}$  de óleo para o óleo de semente de abóbora, Gharibzahedi et al. (2013) ao quantificar a atividade antioxidante comparando vários métodos de extração, notaram que a para a extração a frio do óleo de nozes, obteve-se 45,5  $\mu\text{mET}/100\text{g}$  de óleo, Bodoira et al. (2016) apresentaram em porcentagem de inibição do radical DPPH\* de 40,3% e Marineli et al. (2014) apresentou 4366  $\mu\text{molET}/100\text{g}$  de sementes ao estudar as sementes de chia.

#### 5.4 Quantificação e identificação dos ácidos graxos presentes nos óleos

Os resultados da cromatográfica gasosa para a determinação da composição de ácidos graxos presentes nos óleos de semente de abóbora, nozes, café verde, chia e baru são apresentados na Tabela 4, onde os resultados foram expressos em porcentagem de cada ácido graxo, presente nas devidas amostras. No total foram identificados treze tipos de ácidos graxos nas amostras, sendo os mais importantes ácidos linolênico, linoleico e oleico.

Os tempos de retenção e identificação dos ácidos graxos dos óleos de semente de abóbora, nozes, café verde, chia e baru estão apresentados nas Figuras 1, 2, 3, 4, 5 respectivamente.

Tabela 4. Composição em porcentagem dos ácidos graxos presentes nos óleos.

Concentração de Ácidos Graxos (%)	Óleos				
	Semente de Abóbora	Nozes	Café Verde	Chia	Baru
C14:0	0,13±0,002	-	0,07±0,005	0,03±0,006	-
C16:0	13,34±0,006	7,39±0,003	34,86±0,035	7,56±0,038	6,48±0,005
C16:1	0,11±0,005	-	0,16±0,018	0,05±0,006	-
C17:0	0,13±0,006	0,04±0,037	0,10±0,07	0,17±0,005	-
C18:0	6,67±0,004	3,29±0,002	8,18±0,004	4,22±0,023	4,51±0,003
C18:1 n9	23,58±0,009	17±0,008	9,63±0,004	6,94±0,015	48,21±0,011
C18:2 n6c	51,38±0,009	59,92±0,038	41,77±0,009	18,63±0,005	28,59±0,017
C18:3 n3	3,94±0,029	12,04±0,009	1,18±0,004	61,75±0,087	0,11±0,002
C20:0	0,43±0,006	0,13±0,009	2,89±0,003	0,33±0,011	1,15±0,002
C20:1 n9	0,09±0,005	0,19±0,009	0,33±0,004	0,14±0,006	2,59±0,004
C22:0	0,12±0,012	-	0,61±0,003	0,09±0,010	3,63±0,007
C23:0	2,15±0,003	1,21±0,002	3,11±0,006	0,86±0,003	2,22±0,004
C24:0	0,08±0,002	-	0,24±0,009	0,11±0,011	4,72±0,009
SFA	20,90±0,038	10,85±0,051	46,95±0,066	12,51±0,104	20,42±0,026
MUFA	23,78±0,019	17,19±0,017	10,12±0,19	7,13±0,027	50,74±0,021
PUFA	52,32±0,051	71,96±0,047	42,95±0,013	80,38±0,092	28,72±0,027

Em estudo realizado por Jiao et al. (2014) onde foram realizados dois tipos de extração, os resultados obtidos foram 0,32% de ácido linolênico, 23,90% para o ácido oleico e 57,33% ácido linoleico para extração enzimática assistida por micro-ondas e 0,18% de ácido linolênico, 24,63% para o ácido oleico e 53,72% ácido linoleico para extração por solvente, Procida et al. (2013) ao realizar estudos semelhantes para identificação de ácidos graxos em óleos comerciais de semente de abóbora para dietas e fins terapêuticos encontrou um valor de 0,29% de ácido linolênico, 48,29% de ácido linoleico e 38,33% de ácido oleico. Estes valores estão abaixo dos encontrados neste trabalho para as concentrações de ácido linolênico e próximos aos encontrados para concentrações de ácido linoleico e oleico.

Calvo et al. (2011) ao estudarem os efeitos da microencapsulação do óleo de nozes apresentaram valores de 11,93% de ácido linolênico, 63,15% de ácido linoleico e 14,65% de ácido oleico, valores próximos ao encontrado por Christopoulos e Tsantili (2015) para os mesmos compostos (17,64%, 54,10% e 15,03%) respectivamente.

Para o óleo de café verde Bertrand et al. (2008) ao estudar óleos de três regiões diferentes da Colômbia determinou 1,52% de linolênico, 43,47% de linoleico, 9,67% de oleico. Estes, valores estão próximos aos encontrados por Budryn et al. (2012) de 1,30% linolênico, 43,73% de linoleico e 9% de oleico. Ambas as pesquisas têm valores próximos aos apresentados neste trabalho.

Ao avaliar a composição de ácidos graxos no óleo de chia Ullah et al. (2016) apresentaram valores de 61,28%, 11,92% e 8,26% para o ácido linolênico, linoleico e oleico, respectivamente, indicando valores semelhantes ao encontrado no presente estudo.

Ao avaliar as características químicas do óleo de baru Pineli et al. (2015) não apresentaram valores para ácido linolênico e concentrações de 39,40% para ácido linoleico e 37,48% de ácido oleico. Silva et al. (2015) encontraram 0,18%, 28,91% e 47,86% para os ácidos linolênico, linoleico e oleico respectivamente, valores estes próximos aos encontrados neste trabalho.

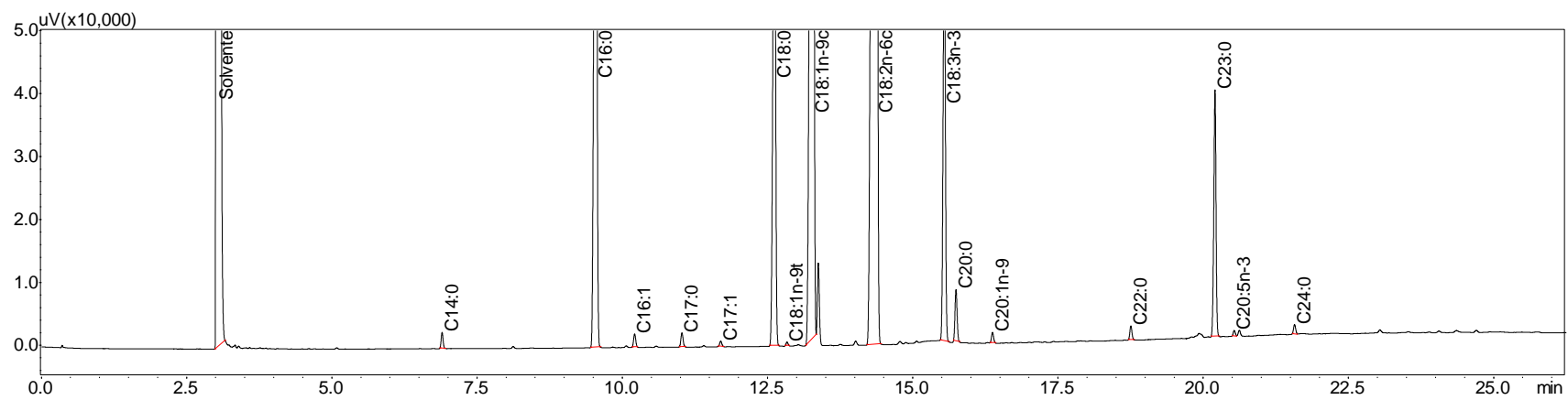


Figura 1. Cromatograma do óleo de semente de abóbora

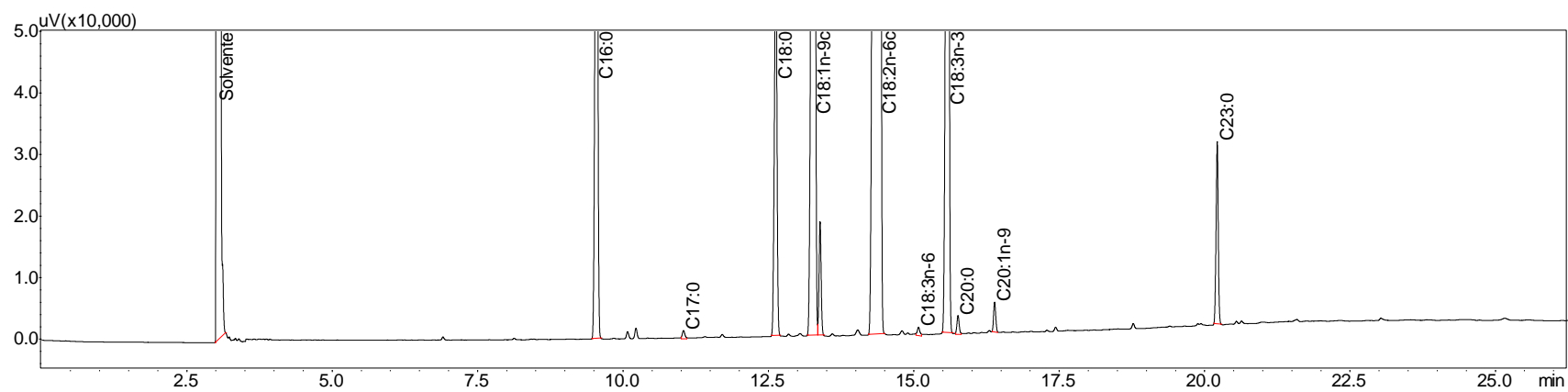


Figura 2. Cromatograma do óleo de noz

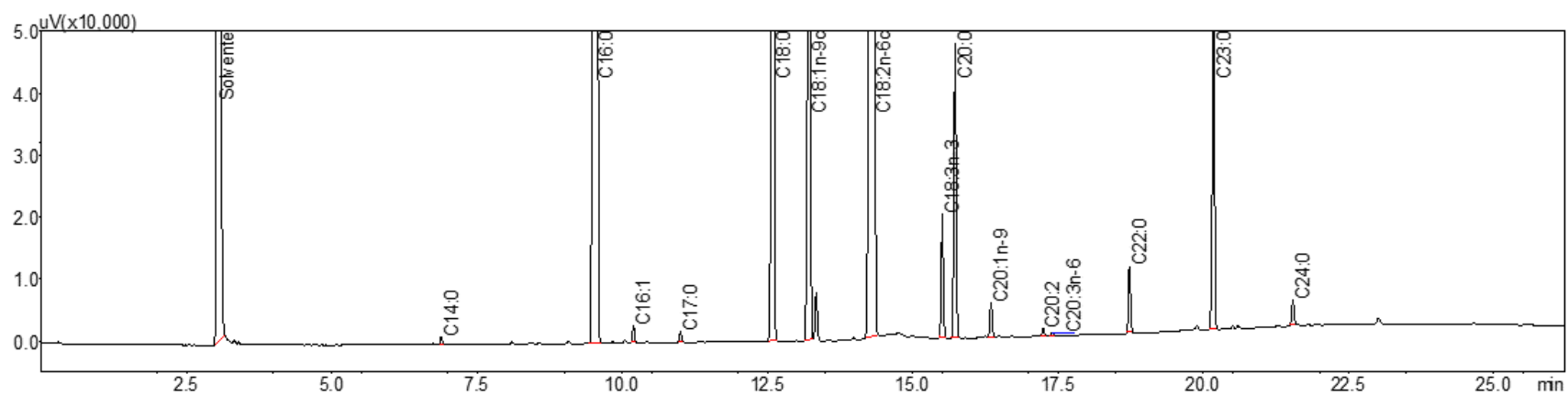


Figura 3. Cromatograma do óleo de café verde

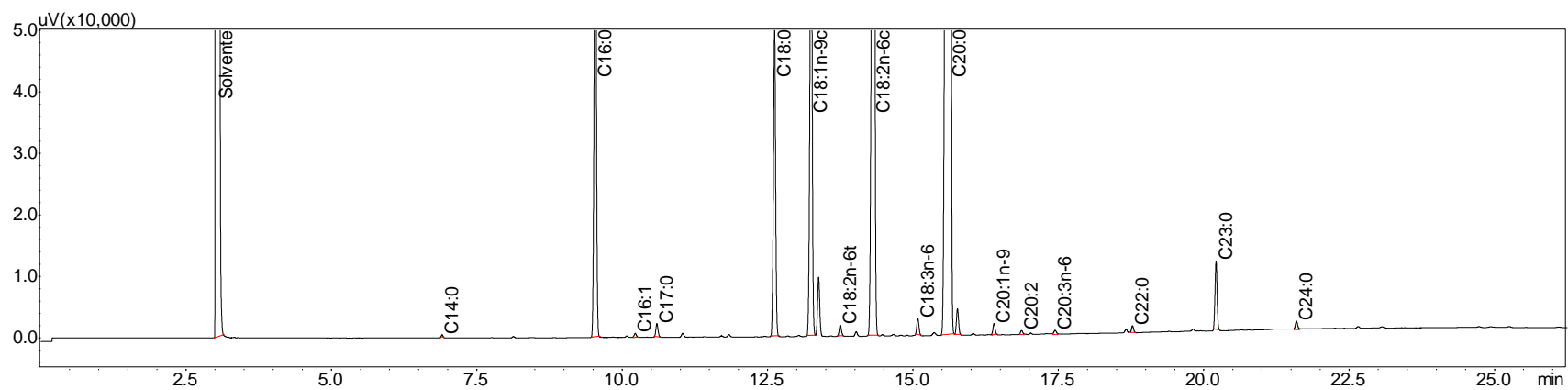


Figura 4. Cromatograma do óleo de chia

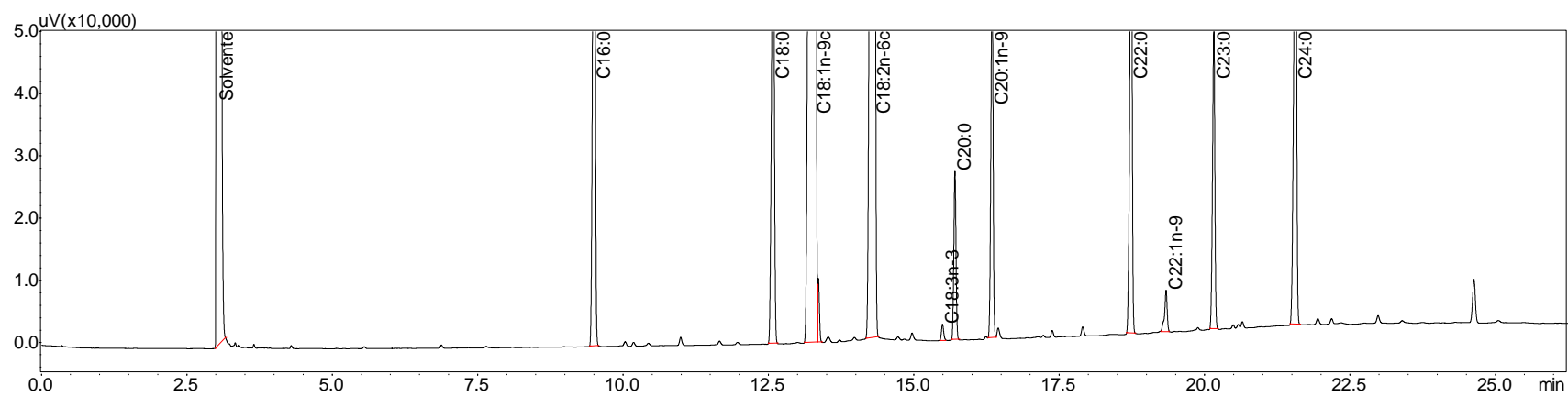


Figura 5. Cromatograma do óleo de baru

## 6 CONCLUSÃO

A torta resultante da extração do óleo de chia demonstrou ser rica em proteínas, carboidratos assim como uma rica fonte de compostos antioxidantes e compostos fenólicos. As caracterizações dos cinco óleos de sementes de abóbora, nozes, café verde, chia e baru analisados estão dentro dos padrões recomendados pelo Codex Alimentarius de acidez, indicando um bom estado de conservação dos mesmos. As análises de cromatografia gasosa demonstram que os óleos são fontes ricas de AGPI's, sendo o ômega 3 predominante no óleo de chia e o de nozes apresentando uma pequena quantidade do mesmo. Nos óleos de semente de abóbora, café verde, nozes e baru predominam o ômega 6. Todos os cinco óleos têm uma quantidade significativa de ômega 9 apresentando pequenas quantidades em todos os cromatogramas, tendo como exceção o óleo de baru que mostrou-se ser uma rica fonte de ômega 9. E, estes AGPI's são essenciais para a alimentação humana, sendo assim os óleos que foram objetivo de estudo neste trabalho se apresentam como uma fonte rica destes ácidos graxos.



## REFERÊNCIAS

- A.P., S. (2008). The importance of the omega-6/omega-3 fatty acid ratio in cardiovascular disease and other chronic diseases. *Experimental Biology and Medicine*. Retrieved from <http://www.ebmonline.org/cgi/reprint/233/6/674> \n <http://ovidsp.ovid.com/ovidweb.cgi?T=JS&PAGE=reference&D=emed8&NEWS=N&AN=2009088518>
- Amaral, J. S., Casal, S., Pereira, J. A., Seabra, R. M., & Oliveira, B. P. P. (2003). Determination of Sterol and Fatty Acid Compositions, Oxidative Stability, and Nutritional Value of Six Walnut (*Juglans regia* L.) Cultivars Grown in Portugal. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(26), 7698–7702. <https://doi.org/10.1021/jf030451d>
- Andjelkovic, M., Van Camp, J., Trawka, A., & Verhé, R. (2010). Phenolic compounds and some quality parameters of pumpkin seed oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 112(2), 208–217. <https://doi.org/10.1002/ejlt.200900021>
- Ayerza, R., & Coates, W. (2004). Composition of chia (*Salvia hispanica*) grown in six tropical and subtropical ecosystems of South America. *Tropical Science*, 44(3), 131–135. <https://doi.org/10.1002/ts.154>
- Ayerza h, R., & Coates, W. (2011). Protein content, oil content and fatty acid profiles as potential criteria to determine the origin of commercially grown chia (*Salvia hispanica* L.). *Industrial Crops and Products*, 34(2), 1366–1371. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2010.12.007>
- Bertrand, B., Villarreal, D., Laffargue, A., Posada, H., Lashermes, P., & Dussert, S. (2008). Comparison of the effectiveness of fatty acids, chlorogenic acids, and elements for the chemometric discrimination of coffee (*Coffea arabica* L.) varieties and growing origins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(6), 2273–2280. <https://doi.org/10.1021/jf073314f>
- Bodoira, R. M., Penci, M. C., Ribotta, P. D., & Martínez, M. L. (2017). Chia (*Salvia hispanica* L.) oil stability: Study of the effect of natural antioxidants. *LWT - Food Science and Technology*, 75, 107–113.

<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2016.08.031>

- Budryn, G., Nebesny, E., Zyzelewicz, D., Oracz, J., Miśkiewicz, K., & Rosicka-Kaczmarek, J. (2012). Influence of roasting conditions on fatty acids and oxidative changes of Robusta coffee oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 114(9), 1052–1061. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201100324>
- Calvo, P., Castaño, Á. L., Hernández, M. T., & González-Gómez, D. (2011). Effects of microcapsule constitution on the quality of microencapsulated walnut oil. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 113(10), 1273–1280. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201100039>
- Capitani, M. I., Spotorno, V., Nolasco, S. M., & Tom??s, M. C. (2012). Physicochemical and functional characterization of by-products from chia (*Salvia hispanica* L.) seeds of Argentina. *LWT - Food Science and Technology*, 45(1), 94–102. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.07.012>
- Carvalho, A. G. S., Silva, V. M., & Hubinger, M. D. (2014). Microencapsulation by spray drying of emulsified green coffee oil with two-layered membranes. *Food Research International*, 61, 236–245. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2013.08.012>
- Christopoulos, M. V., & Tsantili, E. (2015). Oil composition in stored walnut cultivars-quality and nutritional value. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 117(3), 338–348. <https://doi.org/10.1002/ejlt.201400082>
- Coelho;, M. S., & Salas-Mellado;, M. de las M. (2014). Revisão : Composição química, propriedades funcionais e aplicações tecnológicas da semente de chia ( *Salvia hispanica* L ) em alimentos Review : Chemical composition, functional properties and technological applications. *Brazilian Journal of Food Technology*, 17(4), 259–268. <https://doi.org/10.1590/1981-6723.1814>
- Souza-Sartori, J. A., Scalise, C., Baptista, A. S., Lima, R. B., & de Aguiar, C. L. (2013). Par??metros de influ??ncia na extra??o de compostos fen??licos de partes a??reas da cana-de-a??car com atividade antioxidante total. *Bioscience Journal*, 29(2), 297–307.
- Frankel, E. N. (1991). Recent Advances in Lipid Oxidation. *Journal of Science of*

*Food and Agriculture*, 54(April 1990), 495–511.  
<https://doi.org/10.1002/jsfa.2740540402>

Gambacorta, G., Faccia, M., Previtali, M. A., Pati, S., Notte, E. L., & Baiano, A. (2010). Effects of olive maturation and stoning on quality indices and antioxidant content of extra virgin oils (cv. coratina) during storage. *Journal of Food Science*, 75(3). <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2010.01516.x>

Gharibzahedi, S. M. T., Mousavi, S. M., Hamed, M., Rezaei, K., & Khodaiyan, F. (2013). Evaluation of physicochemical properties and antioxidant activities of Persian walnut oil obtained by several extraction methods. *Industrial Crops and Products*, 45, 133–140.  
<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2012.11.040>

Grossi, M., Di Lecce, G., Gallina Toschi, T., & Riccò, B. (2014). A novel electrochemical method for olive oil acidity determination. *Microelectronics Journal*, 45(12), 1701–1707. <https://doi.org/10.1016/j.mejo.2014.07.006>

Guiotto, E. N., Ixtaina, V. Y., Nolasco, S. M., & Tomás, M. C. (2014). *Importance of fatty acid composition and antioxidant content of vegetable oils and their blends on food quality and human health. Seed Oil: Biological Properties, Health Benefits and Commercial Applications.*

Hernández-santos, B., Rodríguez-miranda, J., Herman-lara, E., Torruco-uco, J. G., Carmona-garcía, R., Juárez-barrientos, J. M., ... Martínez-sánchez, C. E. (2016). Ultrasonics Sonochemistry Effect of oil extraction assisted by ultrasound on the physicochemical properties and fatty acid profile of pumpkin seed oil ( *Cucurbita pepo* ), 31, 429–436.  
<https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2016.01.029>

Hurtado-benavides, A., A, D. D., & Sánchez-camargo, P. (2016). The Journal of Supercritical Fluids 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*, 113, 44–52.  
<https://doi.org/10.1016/j.supflu.2016.03.008>

Ixtaina, V. Y., Julio, L. M., Wagner, J. R., Nolasco, S. M., & Tomás, M. C. (2015).

- Physicochemical characterization and stability of chia oil microencapsulated with sodium caseinate and lactose by spray-drying. *Powder Technology*, 271, 26–34. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2014.11.006>
- Ixtaina, V. Y., Martínez, M. L., Spotorno, V., Mateo, C. M., Maestri, D. M., Diehl, B. W. K., ... Tomás, M. C. (2011). Characterization of chia seed oils obtained by pressing and solvent extraction. *Journal of Food Composition and Analysis*, 24(2), 166–174. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2010.08.006>
- Ixtaina, V. Y., Mattea, F., Cardarelli, D. A., Mattea, M. A., Nolasco, S. M., & Tomás, M. C. (2011). Supercritical Carbon Dioxide Extraction and Characterization of Argentinean Chia Seed Oil. *Journal of the American Oil Chemists Society*, 88(2), 289–298. <https://doi.org/10.1007/s11746-010-1670-2>
- Jamboonsri, W., Phillips, T. D., Geneve, R. L., Cahill, J. P., & Hildebrand, D. F. (2012). Extending the range of an ancient crop, *Salvia hispanica* L.-a new  $\omega$ 3 source. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 59(2), 171–178. <https://doi.org/10.1007/s10722-011-9673-x>
- Jiao, J., Li, Z. G., Gai, Q. Y., Li, X. J., Wei, F. Y., Fu, Y. J., & Ma, W. (2014). Microwave-assisted aqueous enzymatic extraction of oil from pumpkin seeds and evaluation of its physicochemical properties, fatty acid compositions and antioxidant activities. *Food Chemistry*, 147, 17–24. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.09.079>
- Juntachote, T., & Berghofer, E. (2005). Antioxidative properties and stability of ethanolic extracts of Holy basil and Galangal. *Food Chemistry*, 92(2), 193–202. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.04.044>
- Kaijser, A., Dutta, P., & Savage, G. (2000). Oxidative stability and lipid composition of macadamia nuts grown in New Zealand. *Food Chemistry*, 71(1), 67–70. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(00\)00132-1](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(00)00132-1)
- Li, L., Tsao, R., Yang, R., Kramer, J. K. G., & Hernandez, M. (2007). Fatty acid profiles, tocopherol contents, and antioxidant activities of heartnut (*Juglans ailanthifolia* Var. *cordiformis*) and Persian walnut (*Juglans regia* L.). *Journal*

- of Agricultural and Food Chemistry*, 55(4), 1164–1169.  
<https://doi.org/10.1021/jf062322d>
- Luque de Castro, M. D., & García-Ayuso, L. E. (1998). Soxhlet extraction of solid materials: An outdated technique with a promising innovative future. *Analytica Chimica Acta*. [https://doi.org/10.1016/S0003-2670\(98\)00233-5](https://doi.org/10.1016/S0003-2670(98)00233-5)
- Luque de Castro, M. D., & Priego-Capote, F. (2010). Soxhlet extraction: Past and present panacea. *Journal of Chromatography A*. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2009.11.027>
- Luque de Castro, M. D., & Priego-Capote, F. (2012). Soxhlet extraction versus accelerated solvent extraction. In *Comprehensive Sampling and Sample Preparation* (Vol. 2, pp. 83–103). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-381373-2.00038-7>
- Lutz, A. (2008). Óleos E Gorduras. *Métodos Físicos-Químicos Para Análise de Alimentos*, 589–625. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Madhava Naidu, M., Sulochanamma, G., Sampathu, S. R., & Srinivas, P. (2008). Studies on extraction and antioxidant potential of green coffee. *Food Chemistry*, 107(1), 377–384.  
<https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.08.056>
- Marineli, R. D. S., Moraes, É. A., Lenquiste, S. A., Godoy, A. T., Eberlin, M. N., & Maróstica Jr, M. R. (2014). Chemical characterization and antioxidant potential of Chilean chia seeds and oil (*Salvia hispanica* L.). *LWT - Food Science and Technology*, 59, 1–7.
- Marques, F. G., de Oliveira Neto, J. R., da Cunha, L. C., de Paula, J. R., & Bara, M. T. F. (2015). Identification of terpenes and phytosterols in *Dipteryx alata* (baru) oil seeds obtained through pressing. *Brazilian Journal of Pharmacognosy*, 25(5), 522–525. <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2015.07.019>
- Martínez, M. L., Marín, M. A., Salgado Faller, C. M., Revol, J., Penci, M. C., & Ribotta, P. D. (2012). Chia (*Salvia hispanica* L.) oil extraction: Study of processing parameters. *LWT - Food Science and Technology*, 47(1), 78–82.  
<https://doi.org/10.1016/j.lwt.2011.12.032>

- Martínez, M., Barrionuevo, G., Nepote, V., Grosso, N., & Maestri, D. (2011). Sensory characterisation and oxidative stability of walnut oil. *International Journal of Food Science and Technology*, 46(6), 1276–1281. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2011.02618.x>
- Martínez, M. L., Curti, M. I., Roccia, P., Llabot, J. M., Penci, M. C., Bodoira, R. M., & Ribotta, P. D. (2015). Oxidative stability of walnut (*Juglans regia* L.) and chia (*Salvia hispanica* L.) oils microencapsulated by spray drying. *Powder Technology*, 270(Part A), 271–277. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2014.10.031>
- Mello, L. D., & Pinheiro, M. F. (2012). E De Folhas De Oliveira Provenientes De Cultivares Do Rs , Brasil, 537–548.
- Mensor, L. L., Menezes, F. S., Leitão, G. G., Reis, A. S., Dos Santos, T. C., Coube, C. S., & Leitão, S. G. (2001). Chemoprotective potentials of homoisoflavonoids and chalcones of *Dracaena cinnabari*: Modulations of drug-metabolizing enzymes and antioxidant activity. *Phytotherapy Research*, 15(2), 114–118. <https://doi.org/10.1002/ptr.697>
- Methods, S., & The, F. O. R. (1979). Standard Methods for the Analysis of Oils, Fats and Derivatives. *Pure and Applied Chemistry*, 51(12), 2503–2525. <https://doi.org/10.1351/pac197951122503>
- Mexis, S. F., Badeka, A. V., Riganakos, K. A., Karakostas, K. X., & Kontominas, M. G. (2009). Effect of packaging and storage conditions on quality of shelled walnuts. *Food Control*, 20(8), 743–751. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2008.09.022>
- Milinsk, M. C., Matsushita, M., Visentainer, J. V., De Oliveira, C. C., & De Souza, N. E. (2008). Comparative analysis of eight esterification methods in the quantitative determination of vegetable oil fatty acid methyl esters (FAME). *Journal of the Brazilian Chemical Society*, 19(8), 1475–1483. <https://doi.org/10.1590/S0103-50532008000800006>
- Mitcham, E., Monzon, M. E., Simpson, T., Bikoba, V., Biasi, W. V., Feng, X., ... Johnson, J. (2005). Radio frequency heating of walnuts and sweet cherries

to control insects after harvest. In *Acta Horticulturae* (Vol. 682, pp. 2133–2140).

- Montedoro, G., & Servili, M. (1992). Simple and hydrolyzable phenolic compounds in virgin olive oil. 1. Their extraction, separation, and quantitative and semiquantitative evaluation by HPLC. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *40*, 1571–1576. <https://doi.org/10.1021/jf00021a019>
- Mustafa, A., & Turner, C. (2011). Pressurized liquid extraction as a green approach in food and herbal plants extraction: A review. *Analytica Chimica Acta*. <https://doi.org/10.1016/j.aca.2011.07.018>
- Nawirska-Olszańska, A., Kita, A., Biesiada, A., Sokół-Łętowska, A., & Kucharska, A. Z. (2013). Characteristics of antioxidant activity and composition of pumpkin seed oils in 12 cultivars. *Food Chemistry*, *139*(1–4), 155–161. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.02.009>
- Pineli, L. de L. de O., de Carvalho, M. V., de Aguiar, L. A., de Oliveira, G. T., Celestino, S. M. C., Botelho, R. B. A., & Chiarello, M. D. (2015). Use of baru (Brazilian almond) waste from physical extraction of oil to produce flour and cookies. *LWT - Food Science and Technology*, *60*(1), 50–55. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.09.035>
- Pineli, L., Oliveira, G., Mendonça, M., Borgo, L., Freire, É., Celestino, S., ... Botelho, R. (2015). Tracing chemical and sensory characteristics of baru oil during storage under nitrogen. *LWT - Food Science and Technology*, *62*(2), 976–982. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2015.02.015>
- Procida, G., Stancher, B., Cateni, F., & Zacchigna, M. (2013). Chemical composition and functional characterisation of commercial pumpkin seed oil. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *93*(5), 1035–1041. <https://doi.org/10.1002/jsfa.5843>
- Reyes-Caudillo, E., Tecante, A., & Valdivia-López, M. A. (2008). Dietary fibre content and antioxidant activity of phenolic compounds present in Mexican chia (*Salvia hispanica* L.) seeds. *Food Chemistry*, *107*(2), 656–663. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.08.062>

- Robards, K., Kerr, A. F., Patsalides, E., & Korth, J. (1988). Headspace gas analysis as a measure of rancidity in corn chips. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, *65*(10), 1621–1626. <https://doi.org/10.1007/BF02912566>
- Robbins, K. S., Shin, E. C., Shewfelt, R. L., Eitenmiller, R. R., & Pegg, R. B. (2011). Update on the healthful lipid constituents of commercially important tree nuts. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *59*(22), 12083–12092. <https://doi.org/10.1021/jf203187v>
- Rodríguez, J., Martín, M. J., Ruiz, M. A., & Clares, B. (2016). Current encapsulation strategies for bioactive oils: From alimentary to pharmaceutical perspectives. *Food Research International*, *83*, 41–59. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.01.032>
- Sandoval-Oliveros, M. R., & Paredes-López, O. (2013). Isolation and characterization of proteins from chia seeds (*Salvia hispanica* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *61*(1), 193–201. <https://doi.org/10.1021/jf3034978>
- Sargi, S. C., Silva, B. C., Santos, H. M. C., Montanher, P. F., Boeing, J. S., Santos Júnior, O. O., ... Visentainer, J. V. (2013). Antioxidant capacity and chemical composition in seeds rich in omega-3: chia, flax, and perilla. *Food Science and Technology (Campinas)*, *33*(3), 541–548. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612013005000057>
- Segura-campos, M. R., Ciau-solís, N., Rosado-rubio, G., Chel-guerrero, L., & Betancur-Ancona, D. (2014). Physicochemical characterization of chia (*Salvia hispanica*) seed oil from Yucatán, México. *Agricultural Sciences*, *5*(3), 220–226. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.4236/as.2014.53025>
- Shahidi, F., & Naczk, M. (2006). *Phenolics in food and nutraceuticals*. New York. <https://doi.org/1-58716-138-9>
- Siano, F., Straccia, M. C., Paolucci, M., Fasulo, G., Boscaino, F., & Volpe, M. G. (2016). Physico-chemical properties and fatty acid composition of pomegranate, cherry and pumpkin seed oils. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *96*(5), 1730–1735. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7279>



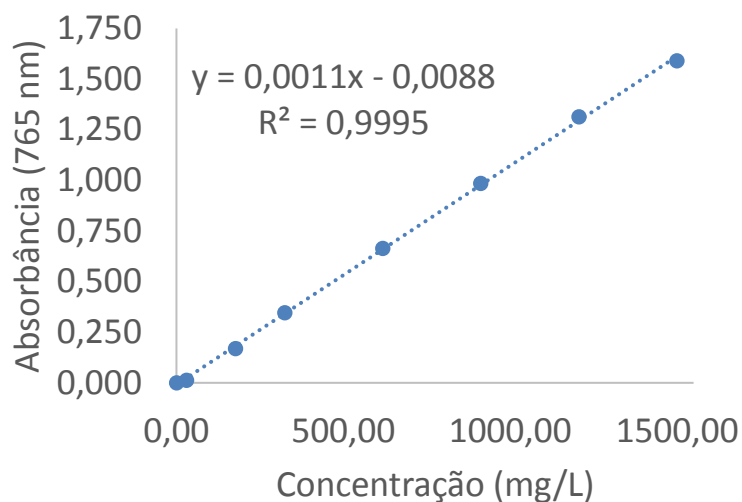
- Silva, V. D., Conceição, J. N., Oliveira, I. P., Lescano, C. H., Muzzi, R. M., Filho, O. P. S., ... Caires, A. R. L. (2015). Oxidative stability of Baru (*Dipteryx alata* Vogel) oil monitored by fluorescence and absorption spectroscopy. *Journal of Spectroscopy*, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/803705>
- Singleton, V. L., & Rossi, J. A. (1965). Colorimetry of Total Phenolics with Phosphomolybdic-Phosphotungstic Acid Reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16(3), 144–158. <https://doi.org/10.12691/ijebb-2-1-5>
- Soares, N. R., Rodrigues, M. L., Carlos, J., & Lima, R. (2009). Caracterização e Comparação de Óleos de Pequi ( *Caryocar brasiliense* ) Encontrados Comercialmente.
- Stan, C., & Stan, C. (1999). Codex Standard for Edible Fats and Oils Not Covered By Individual Standards. *Codex Alimentarius Commission*, 53(9), 1689–1699. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Standard, C., Fats, E., Standards, I., & Stan, C. (2015). SECTION 1 . Codex General Standard for Fats and Oils, 5–9.
- Taga, M. S., Miller, E. E., & Pratt, D. E. (1984). Chia seeds as a source of natural lipid antioxidants. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 61(5), 928–931. <https://doi.org/10.1007/BF02542169>
- Ullah, R., Nadeem, M., Ayaz, M., Imran, M., & Tayyab, M. (2016). Fractionation of chia oil for enrichment of omega 3 and 6 fatty acids and oxidative stability of fractions. *Food Science and Biotechnology*, 25(1), 41–47. <https://doi.org/10.1007/s10068-016-0006-x>
- Vincek, D., Puček, D., Ned, S., Petrovi, M., Skevin, D., & Kralji, K. (2014). Variance of quality parameters and fatty acid composition in pumpkin seed oil during three crop seasons, 60, 15–21. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.05.044>
- Wagemaker, T. a L., Silva, S. a M., Leonardi, G. R., & Maia, P. M. B. G. (2015). Green *Coffea arabica* L . seed oil influences the stability and protective effects of topical formulations. *Industrial Crops and Products*, 63, 34–40.

<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.09.045>

- Williamson, G., Faulkner, K., & Plumb, G. W. (1998). Glucosinolates and phenolics as antioxidants from plant foods. *European Journal of Cancer Prevention*, 7(1), 17–21. Retrieved from <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=2165072>
- Ziegler, V., Dietrich, C., Goebel, J. T., Rockenbach, B. A., & Elias, M. C. (2013). Alterações na Qualidade do Óleo , no Teor de Carotenoides e na Coloração de Grãos de Soja Armazenados em Diferentes Condições, 215–222.

**ANEXO 1**

Curva de calibração referente à determinação dos compostos fenólicos totais da torta de extração o óleo de chia e dos óleos.



Curvas de calibração referentes à determinação da capacidade antioxidante por DPPH\*, referente a torta de extração do óleo de chia e dos óleos.

