

SUBMETIDO 23/03/2021

APROVADO 01/06/2021

PUBLICADO ON-LINE 22/08/2021

PUBLICADO 30/12/2022

EDITORA ASSOCIADA  
Dalany Menezes Oliveira

DOI: <http://dx.doi.org/10.18265/1517-0306a2021id5608>

ARTIGO ORIGINAL

## Caracterização de sementes e de óleos de chia, gergelim e linhaça extraídos por prensagem a frio

 Geisa Simplício de Oliveira Pazzoti <sup>[1]</sup>

 Carolina Médici Veronezi <sup>[2]</sup>

 Débora Maria Moreno Luzia <sup>[3]</sup>

 Neuza Jorge <sup>[4]\*</sup>

[1] [edugeisa@terra.com.br](mailto:edugeisa@terra.com.br)

[2] [cveronezi@hotmail.com](mailto:cveronezi@hotmail.com)

[3] [deboramaria\\_moreno@yahoo.com.br](mailto:deboramaria_moreno@yahoo.com.br)

[4] [neuza.jorge@unesp.br](mailto:neuza.jorge@unesp.br)

Departamento de Engenharia e Tecnologia de Alimentos, Universidade Estadual Paulista (UNESP), Brasil

**RESUMO:** Este trabalho teve como objetivos caracterizar as sementes de chia (*Salvia hispanica* L.), gergelim (*Sesamum indicum* L.) e linhaça (*Linum usitassimum* L.) quanto à composição centesimal, bem como avaliar as propriedades físico-químicas e capacidade antioxidante dos seus óleos. As sementes apresentaram elevadas quantidades de lipídios (31,3%–46,7%) e proteínas (16,6%–25,5%). O óleo de chia mostrou maior degradação hidrolítica e oxidativa devido aos índices de acidez (5,27 mg KOH/g), peróxidos (2,76 meq/kg), *p*-anisidina (3,15) e, conseqüentemente, o valor Totox (8,79). Quanto aos ácidos graxos, os óleos mostraram ser predominantemente constituídos por ácidos graxos insaturados, sobressaindo o de chia com maior quantidade de ácido  $\alpha$ -linolênico (58%). Os óleos de gergelim mostraram quantidades consideráveis de tocoferóis totais (2538,10 mg/kg–2645,59 mg/kg). O óleo de gergelim branco mostrou teor significativo de carotenoides totais (128,44  $\mu$ g  $\beta$ -caroteno/g), enquanto o de linhaça dourada se destacou com maior conteúdo de fenólicos totais (287,29 mg/kg) e o de chia com 199,03 mg/kg de fitosteróis totais. Os óleos avaliados também demonstraram elevada capacidade antioxidante. Assim, é possível concluir que são óleos importantes do ponto de vista funcional, devido à presença de compostos bioativos.

**Palavras-chave:** capacidade antioxidante; composição centesimal; compostos bioativos; propriedades físico-químicas.

### *Characterization of chia, sesame, and linseed seeds and oils extracted by cold pressing*

**ABSTRACT:** The objective of this work was to characterize chia (*Salvia hispanica* L.), sesame (*Sesamum indicum* L.), and linseed (*Linum usitassimum* L.) seeds as well as to evaluate the physicochemical properties and antioxidant capacity of their oils. The seeds presented high amounts of lipids (31.3%–46.7%) and proteins (16.6%–25.5%). Chia oil showed higher hydrolytic and oxidative degradations due to the indexes of acidity (5.27 mg KOH/g), peroxides (2.76 meq/kg),

\*Autor para correspondência.

*p*-anisidine (3.15), and consequently the Totox value (8.79). As for fatty acids, the oils showed to be predominantly unsaturated fatty acids, with chia having the highest amount of  $\alpha$ -linolenic acid (58%). Sesame oils showed considerable amounts of total tocopherols (2538.10–2645.59 mg/kg). White sesame oil showed a significant number of total carotenoids (128.44  $\mu$ g  $\beta$ -carotene/g), while the golden linseed oil showed the highest amount of total phenolics (287.29 mg/kg), and chia had 199.03 mg/kg of total phytosterols. The evaluated oils also showed high antioxidant capacity. Thus, it is possible to conclude that these oils are important from the functional point of view, due to the presence of bioactive compounds.

**Keywords:** antioxidant capacity; bioactive compounds; composition centesimal; physicochemical properties.

## 1 Introdução

Os óleos vegetais são amplamente utilizados no preparo de diversos alimentos, pois conferem valor nutritivo, sabor, textura, aroma e palatabilidade; além disso, atuam como meio de transferência de calor durante o processo de fritura; proveem consistência e características de fusão específica aos produtos que os contêm. São constituídos por ácidos graxos saturados, insaturados e compostos bioativos, que aumentam a atividade antioxidante e contribuem para saúde humana, diminuindo o risco de doenças (IQBAL; BHANGER, 2007).

As propriedades físico-químicas e funcionais dos óleos vegetais dependem não apenas da matéria-prima, mas também do método de extração, que pode ser realizada por solvente ou prensagem a frio. A prensagem a frio é um método rápido, fácil e de baixo custo, no qual os óleos retêm elevados níveis de fitoquímicos bioativos, especialmente antioxidantes, podendo agregar maior valor nutricional aos alimentos processados (ANANTH *et al.*, 2019). Entre as matérias-primas prensadas a frio para extração de óleo, encontram-se as sementes de chia, gergelim e linhaça. A chia foi um dos principais alimentos básicos utilizado pelas civilizações que habitavam a América Central, ficando atrás apenas do milho e do feijão (AYERZA; COATES, 2004). Desempenha um papel importante na saúde humana, incluindo a prevenção de doenças cardiovasculares, hipertensão, doenças inflamatórias, aumento da saciedade e atua no bom funcionamento intestinal (MARINELI *et al.*, 2014).

O gergelim é uma das mais antigas culturas oleaginosas amplamente cultivadas na Ásia e na África. Existem inúmeras variedades de gergelim, que se diferenciam em alguns atributos como coloração e composição das sementes. Apresenta antioxidantes naturais, como sesamina, sesamolina e sesamol que têm efeitos benéficos na função hepática (GHARBY *et al.*, 2017). Também possui compostos ativos com efeitos hipoglicemiantes, anti-hipertensivo, antiestrogênico e anticancerígena (OYINLOYE *et al.*, 2016). A linhaça é de origem mesopotâmica, cultivada desde 5000 a.C., sendo o Canadá o responsável por 80% do comércio mundial (BERNACCHIA; PRET; VINCI, 2014). Apresenta duas variedades, marrom e dourada, que se distinguem pelo teor de pigmento da casca, sendo que, quanto maior esse teor, mais escura é a semente (NOVELLO; POLLONIO, 2012) e está relacionada com ação anti-inflamatória, antioxidante, anticancerígena, prevenção de diabetes, diminuição de doenças cardiovasculares e colesterol (BERNACCHIA; PRET; VINCI, 2014).

A busca por alimentos saudáveis foi intensificada nas últimas décadas, sobretudo para os óleos vegetais especiais, incluindo chia, gergelim e linhaça devido ao maior interesse nos seus compostos bioativos. Nesse contexto, o trabalho tem como objetivo a caracterização das sementes, bem como dos óleos, a fim de conhecer suas propriedades benéficas para uma possível aplicação no desenvolvimento de novos produtos alimentícios.

## 2 Material e métodos

Os materiais e métodos necessários para a realização deste trabalho são apresentados a seguir.

### 2.1 Sementes

Foram utilizados aproximadamente 10 kg de sementes de chia, gergelim (variedades branca e preta) e linhaça (variedades dourada e marrom), adquiridas no comércio de São Paulo (SP). As sementes são da safra 2018/2019, e originárias da Índia (gergelim), Brasil (chia), Canadá (linhaça dourada) e Argentina (linhaça marrom).

### 2.2 Óleos

Para a obtenção dos óleos, as sementes foram submetidas a um secador a gás GLP (Modelo SMR 610-G, Scott Tech, Vinhedo, Brasil) por 25 min a 50 °C, para redução do teor de umidade. Posteriormente, foram destinadas à extratora de óleos vegetais (Modelo ERT 60 III, Scott Tech, Vinhedo, Brasil), com sistema de extração radial tubular. Após a extração, os óleos passaram por filtro prensa (Modelo FP 240-N2-5, Scott Tech, Vinhedo, Brasil), com a finalidade de separar as micropartículas deixadas durante a extração. Em seguida, foram envasados em frascos âmbar, inertizados com N<sub>2</sub> e mantidos a -18 °C.

### 2.3 Composição química das sementes

A composição química foi realizada imediatamente após a obtenção das sementes. Os teores de umidade, lipídios e cinzas foram determinados empregando os métodos da American Oil Chemists' Society (AOCS, 2009) e proteínas pela Association of Official Agricultural Chemists (AOAC, 2005). Os teores de carboidratos foram obtidos por diferença e o valor calórico foi calculado de acordo com Merrill e Watt (1973).

### 2.4 Propriedades físico-químicas e capacidade antioxidante dos óleos

Os índices de acidez, peróxidos, *p*-anisidina, refração, iodo, saponificação, estabilidade oxidativa e matéria insaponificável foram determinados segundo métodos da AOCS (2009). O valor total de oxidação (Totox) foi calculado utilizando a equação:  $Totox = 2 (\text{índice de peróxidos}) + (\text{valor de } p\text{-anisidina})$  (ABREU *et al.*, 2010). Compostos polares totais foram determinados por meio do analisador de qualidade de óleo Testo 265 (Lenzkirch Black Forest, Germany). Após a calibração, o Testo 265

foi imerso nas amostras de óleos e a leitura do teor de compostos polares totais, em porcentagem, foi realizada no *display* do instrumento.

A composição de ácidos graxos foi determinada por meio dos ésteres metílicos dos ácidos graxos presentes na fração lipídica segundo procedimento descrito pela AOCS (2009). Para a determinação dos ácidos graxos foi utilizado o método da AOCS (2009). A análise foi realizada em cromatógrafo a gás (Varian Inc., Walnut Creek, CA, USA), modelo 3900, com detector de ionização de chama, injetor *split* (1:10) e amostrador automático. Condições de análise: coluna capilar de sílica fundida (CP-Sil 88, Microsorb, Varian Inc., Walnut Creek, CA, USA) de 60 m de comprimento, com diâmetro interno de 0,25 mm e espessura do filme de 0,20  $\mu\text{m}$ . A programação de temperatura da coluna foi iniciada em 90 °C por 4 minutos, aquecida a 10 °C/min até 195 °C e mantida em isoterma durante 16 min. As temperaturas utilizadas no injetor e no detector foram 230 °C e 250 °C, respectivamente. O gás de arraste foi o hidrogênio com velocidade linear de 30 mL/min. Os ácidos graxos foram identificados de acordo com os tempos de retenção, por comparação com o padrão de pureza entre 99,1% e 99,9% (Supelco, Bellefonte, EUA) e os resultados foram expressos em %.

Os carotenoides totais foram quantificados por espectrofotômetro de varredura (Modelo UV-VIS mini 1240, Shimadzu, Chiyoda-Ku, Tóquio, Japão), segundo metodologia descrita por Rodriguez-Amaya (2001). Para a quantificação foi utilizado o valor de absorvidade de 2592 em éter de petróleo, e os resultados foram expressos em  $\mu\text{g}$   $\beta$ -caroteno/g.

A extração dos compostos fenólicos totais foi realizada pelo procedimento descrito por Parry *et al.* (2005). A leitura desses compostos foi realizada em espectrofotômetro (UV mini 1240, Shimadzu, Kyoto, Japão) a 765 nm, segundo metodologia de Singleton e Rossi (1965). Para a quantificação foi construída uma curva padrão de ácido gálico com concentrações de 0 mg/L a 500 mg/L, sendo encontrado o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) de 0,9997. Os resultados foram expressos em mg EAG/kg.

Para a determinação do perfil de fitosteróis foi extraída a matéria insaponificável, conforme a metodologia de Duchateau *et al.* (2002). A quantificação dos compostos foi realizada de acordo com método da AOCS (2009). As amostras foram injetadas em um cromatógrafo a gás (Modelo 2010 Plus-Shimadzu, Chiyoda-Ku, Tóquio, Japão) com detector de ionização de chama, injetor *split* (1:10), amostrador automático e coluna capilar de sílica fundida (Restek RTX 5, Shimadzu, Chiyoda-ku, Tóquio, Japão). A temperatura da coluna foi mantida a 300 °C/12 min. As temperaturas utilizadas no injetor e detector foram 280 °C e 320 °C, respectivamente. O hidrogênio foi utilizado como gás de arraste com velocidade linear de 40 mL/min. A quantificação de cada isômero foi realizada por padronização interna ( $\beta$ -colestanol, grau de pureza de 95% em hexano) com base nas áreas dos picos, utilizando padrões de colesterol, campesterol, estigmasterol,  $\beta$ -sitosterol e estigmastanol (Supelco, Bellefonte, USA) com grau de pureza de 99%, 99%, 95%, 98% e 97,4%, respectivamente, cujos resultados foram expressos em mg/kg.

A análise de tocoferóis foi conduzida em cromatógrafo líquido de alta eficiência (Modelo 210-263 Varian Inc., Walnut Creek, USA), com detector de fluorescência, coluna de aço inoxidável embalada com sílica (Microsorb 100 Si, Varian, Walnut Creek, EUA), com comprimentos de ondas de excitação e emissão de 290 nm e 330 nm, respectivamente e fase móvel constituída de n-hexano:álcool isopropílico (95,5:0,5 v/v) com fluxo de 1,2 mL/min. Os isômeros  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - e  $\delta$ -tocoferol foram quantificados por comparação com o tempo de retenção dos padrões de tocoferóis (Supelco, Bellefonte, USA) sob as mesmas condições de operação. A quantificação foi baseada em padronização externa e os resultados expressos em mg/kg. A vitamina E foi calculada de acordo com o método descrito por McLaughlin e Weihrauch (1979), utilizando os fatores de conversão  $\alpha$ -tocoferol x 1,0;  $\beta$ -tocoferol x 0,40;  $\gamma$ -tocoferol x 0,10 e  $\delta$ -tocoferol x 0,01. O resultado foi expresso como mg equivalentes de  $\alpha$ -tocoferol/kg.

A capacidade de eliminação do radical DPPH<sup>•</sup> foi determinada de acordo com Kalantzakis *et al.* (2006) e o resultado foi expresso em porcentagem. O método baseado na redução do radical ABTS<sup>•+</sup> foi realizado conforme metodologia descrita por Re *et al.* (1999), cujos resultados foram calculados por uma curva padrão obtida pela medida das absorvâncias da solução de trolox (50 µM/L–2000 µM/L), com coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) de 0,9990. Os resultados foram expressos em µM de trolox/100 g. A capacidade antioxidante de redução do complexo férrico em ferroso (FRAP) foi conduzida por meio da metodologia descrita por Szydłowska-Czerniak *et al.* (2008). Para quantificação foi gerada uma curva de calibração utilizando Trolox como padrão, em concentrações de 50 µM/L a 2000 µM/L, coeficiente de determinação (R<sup>2</sup>) de 0,9972, cujos resultados foram expressos em µM trolox/100 g.

## 2.5 Análise estatística

Os resultados obtidos das determinações analíticas, em triplicata, foram submetidos à análise de variância e as diferenças entre as médias testadas a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey, por meio do programa ESTAT, versão 2.0.

## 3 Resultados e discussão

Nesta seção, são apresentados os resultados e a discussão destes, de acordo com a metodologia indicada na Seção 2.

### 3.1 Composição química das sementes

Na prática, as sementes são secas com o objetivo de aumentar o rendimento na extração de óleos, além de manter por maior tempo as características químicas e nutricionais (BELMIRO *et al.*, 2010). Conforme mostrado na Tabela 1, as sementes de chia se sobressaíram com o maior teor de umidade (6,5%), provavelmente devido à facilidade de absorção de umidade pelas fibras insolúveis presentes (MUÑOZ *et al.*, 2013), enquanto as de gergelim branco apresentaram apenas 2,85%. Tais resultados estão de acordo com Coelho e Salas-Mellado (2014) ao avaliarem sementes de chia (6,2%) e El-Khier, Ishag e Yagoub (2008) ao estudarem 10 variedades de gergelim (2,7%–4,7%).

**Tabela 1 ▼**  
Composição química das sementes de chia, gergelim e linhaça.  
Fonte: dados da pesquisa

Nutrientes (%)	Chia	G. branco	G. preto	L. dourada	L. marrom
Umidade	6,48 ± 0,14 <sup>a</sup>	2,85 ± 0,03 <sup>d</sup>	4,09 ± 0,07 <sup>c</sup>	5,37 ± 0,05 <sup>b</sup>	5,18 ± 0,12 <sup>b</sup>
Lipídios	31,35 ± 0,14 <sup>d</sup>	46,68 ± 0,38 <sup>a</sup>	41,38 ± 0,04 <sup>b</sup>	35,47 ± 0,17 <sup>c</sup>	31,51 ± 0,17 <sup>d</sup>
Cinzas	5,25 ± 0,05 <sup>a</sup>	3,04 ± 0,03 <sup>c</sup>	5,35 ± 0,06 <sup>a</sup>	3,12 ± 0,08 <sup>c</sup>	3,31 ± 0,01 <sup>b</sup>
Proteínas	18,33 ± 0,27 <sup>c</sup>	25,55 ± 0,29 <sup>a</sup>	16,61 ± 0,51 <sup>d</sup>	19,45 ± 0,11 <sup>b</sup>	17,65 ± 0,51 <sup>c</sup>
Carboidratos*	38,58 ± 0,32 <sup>b</sup>	21,87 ± 0,66 <sup>c</sup>	32,57 ± 0,48 <sup>d</sup>	36,59 ± 0,10 <sup>c</sup>	42,33 ± 0,67 <sup>a</sup>
Valor calórico**	508,83 ± 1,11 <sup>c</sup>	609,82 ± 1,74 <sup>a</sup>	569,21 ± 0,23 <sup>b</sup>	543,38 ± 0,69 <sup>c</sup>	523,58 ± 0,84 <sup>d</sup>

Médias ± desvios padrões seguidas pelas mesmas letras nas linhas não diferem pelo teste de Tukey (p > 0,05). \*Calculado por diferença. \*\*kcal/100 g.

As sementes podem ser consideradas boas fontes de óleo, visto que apresentaram maiores quantidades de lipídios (31,3%–46,7%) do que a soja (20%), bastante utilizada para extração de óleo comercial (ORTHOEFER, 1996).

Em relação ao teor de cinzas, as sementes de chia (5,2%) e gergelim preto (5,3%) não apresentaram diferença significativa ( $p > 0,05$ ). Valores similares para o percentual de cinzas do gergelim (4,5%–6,2%) foram encontrados por Zebib, Bultosa e Abera (2015), que estudaram três variedades de gergelim do norte da Etiópia.

Quanto às proteínas, as sementes de gergelim branco se sobressaíram com 25,5%. Esse valor é bastante superior aos encontrados para alguns grãos de cereais como trigo (12,2%), centeio (11,6%), cevada (10,9%), aveia (11,3%), milho (10,2%), sorgo (11%) e arroz marrom (8,1%) (KULP, 2000).

Em relação aos carboidratos presentes, as sementes de gergelim branco apresentaram menor porcentagem (21,9%). Segundo Yasothai (2014), as sementes de gergelim contêm, em média, apenas 14% de carboidratos. Por outro lado, o Núcleo de Estudos e Pesquisa em Alimentação (NEPA, 2011) e Tunde-Akintunde, Oke e Akintunde (2012) encontraram valores de 20%–25% e 21,6% de carboidratos em sementes de gergelim, respectivamente. Essas diferenças podem estar relacionadas com o tipo de variedade, as condições climáticas, locais de plantio, tipo de extração realizada etc. As sementes de gergelim branco se destacaram com 609,82 kcal/100 g, devido ao maior teor lipídico.

### 3.2 Propriedades físico-químicas e capacidade antioxidante dos óleos

**Tabela 2 ▼**

Propriedades físico-químicas dos óleos.

Fonte: dados da pesquisa

O óleo de chia apresentou maior teor de acidez, 5,3 mg KOH/g, em relação aos demais (Tabela 2), além disso, ultrapassou o estabelecido pelo Codex Alimentarium Commission (2009), 4 mg KOH/g, possivelmente pelo elevado teor de umidade.

Análises	Chia	G. branco	G. preto	L. dourada	L. marrom
IA (mg KOH/g)	5,27 ± 0,05 <sup>a</sup>	2,75 ± 0,02 <sup>b</sup>	2,58 ± 0,06 <sup>c</sup>	1,29 ± 0,06 <sup>d</sup>	0,92 ± 0,06 <sup>c</sup>
IP (meq/kg)	2,76 ± 0,11 <sup>a</sup>	0,19 ± 0,0 <sup>c</sup>	0,19 ± 0,01 <sup>c</sup>	0,37 ± 0,0 <sup>b</sup>	0,19 ± 0,01 <sup>c</sup>
IpA	3,15 ± 0,01 <sup>a</sup>	1,01 ± 0,11 <sup>b</sup>	0,36 ± 0,01 <sup>d</sup>	0,65 ± 0,01 <sup>c</sup>	0,34 ± 0,02 <sup>d</sup>
Totox	8,79 ± 0,01 <sup>a</sup>	1,39 ± 0,11 <sup>b</sup>	0,74 ± 0,01 <sup>c</sup>	1,40 ± 0,01 <sup>b</sup>	0,73 ± 0,01 <sup>c</sup>
IR (40 °C)	1,485 ± 0,02 <sup>a</sup>	1,465 ± 0,01 <sup>c</sup>	1,466 ± 0,01 <sup>c</sup>	1,472 ± 0,01 <sup>b</sup>	1,473 ± 0,02 <sup>b</sup>
II (g I <sub>2</sub> /100 g)	185,95 ± 0,02 <sup>a</sup>	89,42 ± 0,06 <sup>c</sup>	91,21 ± 0,02 <sup>d</sup>	169,79 ± 0,05 <sup>b</sup>	158,11 ± 0,15 <sup>c</sup>
IS (mg KOH/g)	194,28 ± 0,01 <sup>a</sup>	193,21 ± 0,01 <sup>b</sup>	193,01 ± 0,01 <sup>d</sup>	193,02 ± 0,01 <sup>d</sup>	193,09 ± 0,01 <sup>c</sup>
MI (%)	2,13 ± 0,09 <sup>bc</sup>	1,95 ± 0,10 <sup>bc</sup>	3,45 ± 0,18 <sup>a</sup>	1,84 ± 0,05 <sup>c</sup>	2,41 ± 0,14 <sup>b</sup>
CPT (%)	20,00 ± 0,0 <sup>a</sup>	8,25 ± 0,35 <sup>c</sup>	8,0 ± 0,0 <sup>c</sup>	19,25 ± 0,35 <sup>ab</sup>	19,00 ± 0,0 <sup>b</sup>
EO (h)	0,91 ± 0,01 <sup>c</sup>	11,54 ± 0,51 <sup>a</sup>	8,43 ± 0,80 <sup>b</sup>	0,70 ± 0,0 <sup>c</sup>	0,95 ± 0,05 <sup>c</sup>

Médias ± desvios padrões seguidas pelas mesmas letras nas linhas não diferem pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ). Índices de acidez (IA), peróxidos (IP), *p*-anisidina (IpA), refração (IR), iodo (II), saponificação (IS); matéria insaponificável (MI), compostos polares totais (CPT) e estabilidade oxidativa (EO).

O índice de peróxidos é usado como parâmetro de qualidade para avaliar a formação de produtos primários da oxidação em óleos, e o Codex Alimentarium Commission (2009) estabelece o limite de 15 meq/kg para óleos brutos. É possível observar que os óleos apresentaram níveis de peróxidos dentro dos padrões preconizados pela legislação, principalmente os óleos de gergelim branco, preto e linhaça dourada, que mostraram apenas 0,19 meq/kg. De acordo com os índices de acidez e peróxidos, constatou-se que os óleos de gergelim e linhaça apresentaram menores degradações hidrolítica e oxidativa em relação aos demais.

Considera-se que uma matéria graxa bem conservada deve apresentar valor de  $\rho$ -anisidina e/ou Totox inferior a 10 (BERSET; CUVELIER, 1996; GUILLÉN; CABO, 2002), assim, pode-se inferir que os óleos apresentaram boa qualidade, com destaque para os de gergelim preto e linhaça marrom, que mostraram menores valores.

O índice de refração é um parâmetro influenciado pelo comprimento da cadeia e grau de insaturação dos ácidos graxos e também por alguns fatores como teor de ácidos graxos livres, oxidação e temperatura (GUNSTONE, 2011). Os índices de refração variaram de 1,465 a 1,485, indicando que os óleos de gergelim são mais saturados que os demais, visto que apresentaram menores índices. Em contrapartida, o de chia apresentou maior valor.

O índice de iodo também está relacionado com a insaturação dos óleos, logo o de gergelim branco exibiu menor valor, 89,42 g I<sub>2</sub>/100 g, enquanto a chia se sobressaiu com 185,95 g I<sub>2</sub>/100 g, devido ao seu elevado grau de insaturação. Ogbonna e Ukaan (2013) encontraram, para óleos de gergelim, índices de iodo na faixa de 76,14–130,07 g I<sub>2</sub>/100 g, corroborando os resultados deste estudo.

Os menores índices de saponificação foram apresentados pelos óleos de gergelim preto (193,01 mg KOH/g) e linhaça dourada (193,02 mg KOH/g), que não apresentaram diferença significativa ( $p > 0,05$ ). Resultados similares foram encontrados por Gadade *et al.* (2017) ao estudarem nove variedades diferentes de gergelim (188,5–193,6 mg KOH/g).

A composição da matéria insaponificável nos óleos vegetais é um critério adicional à composição de compostos bioativos, visto que inclui as substâncias presentes em óleos que são solúveis em solventes não polares, como os esteróis, tocoferóis, pigmentos e hidrocarbonetos (GUNSTONE, 2011). O óleo de gergelim preto mostrou maior quantidade (3,45%), indicando, possivelmente, grandes quantidades de compostos como esteróis, tocoferóis, pigmentos e hidrocarbonetos.

A determinação dos compostos polares totais é um dos indicadores mais utilizados para avaliação da qualidade do óleo de fritura, devido a sua importância em relação à saúde pública (CHEN *et al.*, 2013). Os óleos de gergelim exibiram menores valores de compostos polares, cerca de 8,0%, indicando uma maior resistência a alterações oxidativas.

Os óleos de gergelim (branco e preto) exibiram maiores estabilidades oxidativas, em decorrência da presença de antioxidantes naturais ( $\gamma$ -tocoferol, sesamina, sesamol e sesamol) e/ou ácidos graxos saturados, além dos baixos índices de refração e iodo. De acordo com vários estudos, o baixo teor de ácidos graxos insaturados torna os óleos mais estáveis às reações oxidativas (IXTAINA; NOLASCO; TOMÁS, 2012; MICHOTTE *et al.*, 2011).

**Tabela 3 ▼**

Composição em ácidos graxos dos óleos.

Fonte: dados da pesquisa

Verificou-se que, em relação aos ácidos graxos saturados, os óleos apresentaram maiores quantidades de palmítico, destacando-se o óleo de gergelim branco (Tabela 3). Esse óleo também foi o que apresentou maior teor de ácidos graxos monoinsaturados, indicando ser bastante estável.

Ácidos graxos (%)	Chia	G. branco	G. preto	L. dourada	L. marrom
Palmítico (C16:0)	15,64 ± 0,04 <sup>c</sup>	17,89 ± 0,05 <sup>a</sup>	16,68 ± 0,01 <sup>b</sup>	10,26 ± 0,01 <sup>e</sup>	11,64 ± 0,01 <sup>d</sup>
Estearíco (C18:0)	2,84 ± 0,04 <sup>e</sup>	6,20 ± 0,02 <sup>b</sup>	6,35 ± 0,02 <sup>a</sup>	3,76 ± 0,02 <sup>d</sup>	5,09 ± 0,02 <sup>c</sup>
Oleico (C18:1)	7,46 ± 0,03 <sup>d</sup>	48,52 ± 0,01 <sup>a</sup>	48,48 ± 0,02 <sup>a</sup>	25,39 ± 0,02 <sup>c</sup>	27,36 ± 0,02 <sup>b</sup>
Linoleico (C18:2)	16,04 ± 0,03 <sup>c</sup>	27,06 ± 0,0 <sup>b</sup>	28,27 ± 0,04 <sup>a</sup>	11,91 ± 0,04 <sup>e</sup>	13,34 ± 0,04 <sup>d</sup>
α-linolênico (18:3)	58,01 ± 0,0 <sup>a</sup>	0,31 ± 0,02 <sup>d</sup>	0,21 ± 0,03 <sup>d</sup>	48,67 ± 0,03 <sup>b</sup>	42,61 ± 0,03 <sup>e</sup>
AGS	18,49 ± 0,0 <sup>e</sup>	24,10 ± 0,03 <sup>a</sup>	23,03 ± 0,0 <sup>b</sup>	14,02 ± 0,02 <sup>e</sup>	16,73 ± 0,02 <sup>d</sup>
AGMI	7,46 ± 0,03 <sup>d</sup>	48,52 ± 0,07 <sup>a</sup>	48,48 ± 0,02 <sup>a</sup>	25,39 ± 0,03 <sup>c</sup>	27,36 ± 0,02 <sup>b</sup>
AGPI	74,05 ± 0,03 <sup>a</sup>	27,37 ± 0,02 <sup>c</sup>	28,48 ± 0,01 <sup>d</sup>	60,58 ± 0,05 <sup>b</sup>	55,95 ± 0,07 <sup>e</sup>
AGPI/AGS	4,00	1,14	1,24	4,32	3,34

Médias ± desvios padrões seguidas pelas mesmas letras nas linhas não diferem pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ). AGS – ácido graxo saturado; AGMI – ácido graxo monoinsaturado; AGPI – ácido graxo poli-insaturados.

Com exceção dos óleos de gergelim, os demais se mostraram constituídos predominantemente por ácidos graxos poli-insaturados, que ajudam a diminuir os níveis de colesterol e triglicérides, regular a pressão arterial, reduzir as inflamações crônicas e o desenvolvimento de câncer, doenças cardíacas e acidente vascular (FREDMAN; SERHAN, 2011; PINAZO-DURAN; BOSCA-GOMAR, 2012).

A alta porcentagem de ácidos graxos insaturados e o baixo teor de saturados são considerados ideais para óleos comestíveis, cuja qualidade e digestibilidade são determinadas pela quantidade e composição de ácidos graxos insaturados (MALACRIDA; JORGE, 2012). Segundo Wood *et al.* (2004), a razão entre o total de ácidos graxos poli-insaturados e saturados na dieta humana deve ser superior a 0,4, condizente com as encontradas neste estudo, sobretudo para os óleos de chia e linhaça dourada.

Nos óleos estudados, as maiores concentrações do ácido α-linolênico ocorreram nos óleos de chia e linhaça, apresentando diferença significativa ( $p > 0,05$ ); enquanto no óleo de gergelim, os maiores teores foram para os ácidos oleico e linoleico.

Houve uma grande diferença entre os teores de carotenoides totais encontrados nos óleos de gergelim, sobressaindo-se o branco, com 128,44 μg β-caroteno/g (Tabela 4). Diferenças entre as variedades de sementes são comuns, visto que possuem coloração e, conseqüentemente, são constituídas por pigmentos distintos. De acordo com Rafalowski *et al.* (2008), o β-caroteno está presente em maiores concentrações nos óleos prensados a frio, quando comparados aos óleos refinados, visto que durante o processamento há perda desse composto. Os autores enfatizam, ainda, que a sua presença é importante por ser um efetivo antioxidante natural.

Determinações	Chia	G. branco	G. preto	L. dourada	L. marrom
Carotenoides (µg/g)	19,02 ± 0,72 <sup>c</sup>	128,44 ± 1,73 <sup>a</sup>	4,10 ± 0,32 <sup>d</sup>	32,52 ± 0,29 <sup>b</sup>	17,85 ± 0,67 <sup>c</sup>
Fenólicos (mg/kg)	218,40 ± 1,0 <sup>b</sup>	135,07 ± 0,67 <sup>c</sup>	218,85 ± 5,43 <sup>b</sup>	287,29 ± 5,35 <sup>a</sup>	214,14 ± 1,5 <sup>b</sup>
Fitosteróis (mg/kg)					
Campesterol	19,37 ± 0,11 <sup>a</sup>	10,94 ± 0,06 <sup>b</sup>	3,83 ± 0,08 <sup>c</sup>	4,51 ± 0,18 <sup>d</sup>	6,50 ± 0,04 <sup>c</sup>
Estigmasterol	45,23 ± 0,04 <sup>b</sup>	2,84 ± 0,08 <sup>c</sup>	63,22 ± 0,12 <sup>a</sup>	39,29 ± 0,01 <sup>c</sup>	4,28 ± 0,04 <sup>d</sup>
Estigmastanol	20,36 ± 0,04 <sup>c</sup>	nd	7,07 ± 0,05 <sup>d</sup>	63,23 ± 0,04 <sup>a</sup>	56,09 ± 0,02 <sup>b</sup>
β-sitosterol	104,28 ± 0,06 <sup>a</sup>	53,63 ± 0,04 <sup>c</sup>	91,84 ± 0,20 <sup>b</sup>	69,77 ± 0,09 <sup>c</sup>	58,13 ± 0,03 <sup>d</sup>
Δ5-avenasterol	8,20 ± 0,14 <sup>b</sup>	nd	3,11 ± 0,01 <sup>c</sup>	10,38 ± 0,03 <sup>a</sup>	nd
Δ7-avenasterol	1,59 ± 0,13 <sup>c</sup>	nd	1,93 ± 0,04 <sup>b</sup>	3,05 ± 0,08 <sup>a</sup>	nd
Totais	199,03 ± 0,44 <sup>a</sup>	67,41 ± 0,01 <sup>c</sup>	171,00 ± 0,13 <sup>c</sup>	190,22 ± 0,25 <sup>b</sup>	125,00 ± 0,01 <sup>d</sup>
Tocoferóis (mg/kg)					
α-tocoferol	nd	747,81 ± 0,07 <sup>a</sup>	687,20 ± 0,08 <sup>b</sup>	nd	nd
β-tocoferol	nd	nd	Nd	48,64 ± 0,15 <sup>a</sup>	40,58 ± 0,06 <sup>b</sup>
γ-tocoferol	144,17 ± 0,10 <sup>c</sup>	1897,79 ± 0,53 <sup>a</sup>	1850,91 ± 2,86 <sup>b</sup>	129,40 ± 0,0 <sup>d</sup>	132,24 ± 0,18 <sup>d</sup>
δ-tocoferol	13,06 ± 0,18	nd	Nd	nd	nd
Totais	157,02 ± 0,30 <sup>c</sup>	2645,59 ± 0,60 <sup>a</sup>	2538,10 ± 2,77 <sup>b</sup>	178,04 ± 0,15 <sup>c</sup>	172,77 ± 0,25 <sup>d</sup>
Vitamina E (mg/kg)	19,78 ± 0,02 <sup>c</sup>	1006,6 ± 0,14 <sup>a</sup>	939,59 ± 0,30 <sup>b</sup>	30,91 ± 0,04 <sup>c</sup>	29,09 ± 0,04 <sup>d</sup>

Médias ± desvios padrões seguidas pelas mesmas letras nas linhas não diferem pelo teste de Tukey ( $p > 0,05$ ). nd: não detectado (limites de detecção: estigmastanol  $\leq 4,25$  mg/100 g; Δ-5-avenasterol  $\leq 5,60$  mg/100 g; Δ-7-avenasterol  $\leq 5,92$  mg/100 g; α  $\leq 3,15$  mg/kg, β  $\leq 1,10$  mg/kg, γ  $\leq 8,65$  mg/kg, δ  $\leq 2,30$  mg/kg).

**Tabela 4 ▲**  
Carotenoides, fenólicos totais, perfil de fitosteróis, tocoferóis e vitamina E dos óleos.  
Fonte: dados da pesquisa

A linhaça dourada apresentou maior quantidade de compostos fenólicos, 287,29 mg/kg, e, de acordo com Kasote (2013), a linhaça é rica em diferentes tipos de fenólicos, como lignanas, ácidos fenólicos, flavonoides, fenilpropanoides e taninos. Por outro lado, o gergelim branco mostrou menor quantidade, embora possua outros compostos antioxidantes, como os carotenoides.

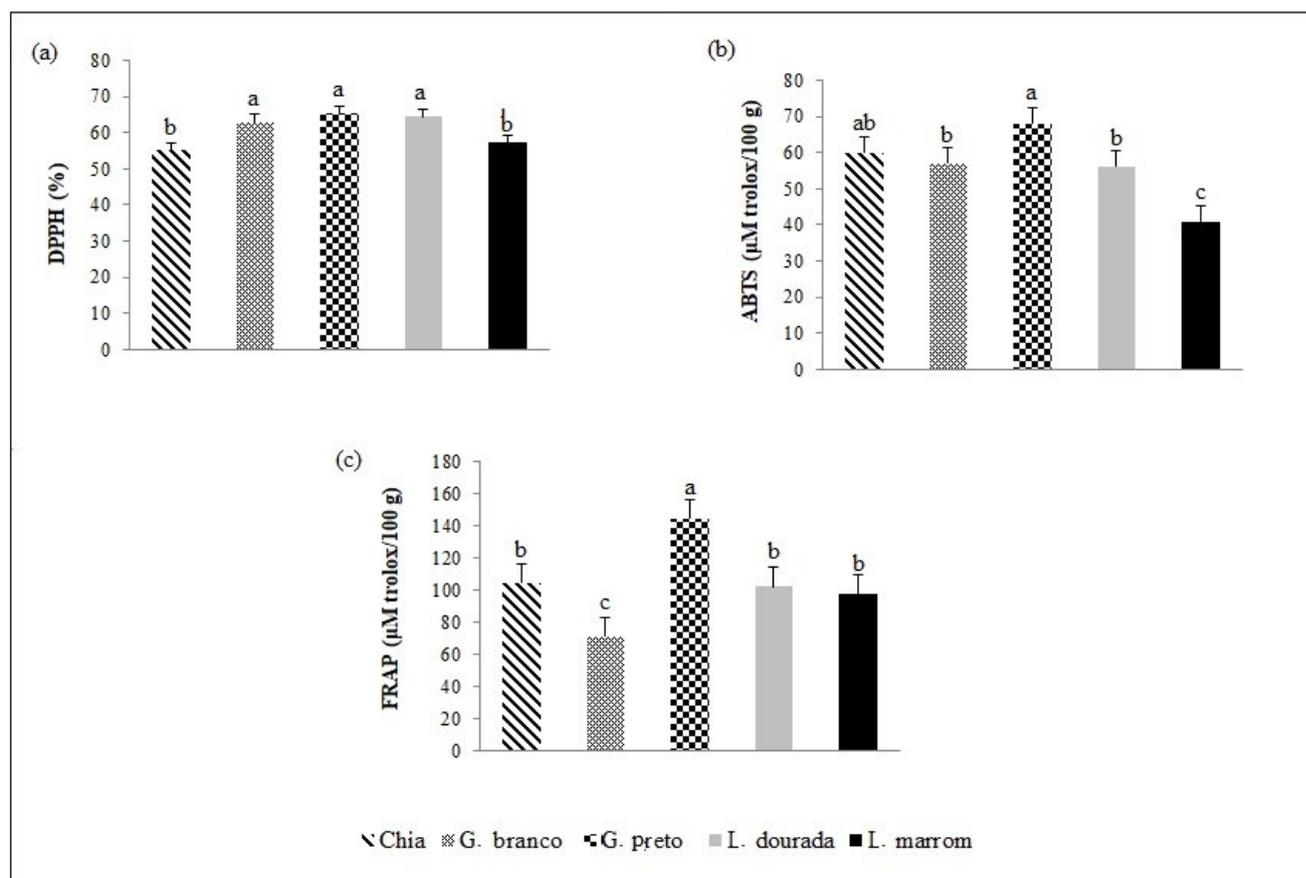
O perfil de fitosteróis dos óleos evidenciou seis diferentes isômeros. O estigmastanol não foi detectado no óleo de gergelim branco, porém apresentou elevada quantidade nos óleos de linhaça. Esse isômero é saturado e possui carbonos terciários, que o torna propenso à degradação e à formação de uma variedade de derivados oxidados com potencial efeito maléfico à saúde (RUDZINSKA; PRZYBYLSKI; WASOWICZ, 2014). A presença do β-sitosterol foi maior em todos os óleos, representando 79% e 54% nos óleos de gergelim branco e preto, respectivamente. O Δ5-avenasterol e Δ7-avenasterol foram encontrados em pequenas quantidades nos óleos, porém, nos de gergelim branco e linhaça marrom esses isômeros não foram detectados. Os valores de esteróis totais variaram de 67,41 a 199,03 mg/kg, com destaque para o óleo de chia, devido às quantidades elevadas de campesterol e β-sitosterol.

Entre os óleos estudados, os de gergelim mostraram quantidades consideráveis de tocoferóis totais (2538,10–2645,59 mg/kg), conforme Tabela 4. Os óleos apresentaram os

isômeros  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - e  $\delta$ -tocoferol. O isômero  $\alpha$ -tocoferol foi detectado apenas nos óleos de gergelim, e em maior quantidade no branco (747,81 mg/kg). Por outro lado, o  $\beta$ -tocoferol mostrou-se presente somente nos óleos de linhaça, sobretudo na dourada (48,64 mg/kg). Em geral, os óleos apresentaram o  $\gamma$ -tocoferol como isômero majoritário, sobressaindo os óleos de gergelim, com média de 1875 mg/kg. Segundo Gharby *et al.* (2017), o  $\gamma$ -tocoferol é o principal isômero do óleo de gergelim, apresentando cerca de 90% do total de tocoferóis, e, de acordo com Ixtaina *et al.* (2011), esse mesmo isômero é majoritário para o óleo de chia, representando cerca de 85% do total. O  $\gamma$ -tocoferol mostra alta capacidade antioxidante quando comparado com o  $\alpha$ -tocoferol. Em contrapartida, o  $\alpha$ -tocoferol apresenta maior atividade de vitamina E, em relação aos demais isômeros, sendo recomendado para o consumo humano e animal (SCHMIDT; POKORNÝ, 2005). A vitamina E é considerada um dos principais antioxidantes, uma vez que protege as membranas das células contra a peroxidação lipídica. Os óleos de gergelim mostraram maior quantidade de vitamina E, devido ao elevado teor de  $\alpha$ -tocoferol.

Óleos prensados a frio apresentam elevada vida útil sem a adição de antioxidantes sintéticos, devido à retenção de altos níveis de compostos lipofílicos e, dessa forma, promovem benefícios à saúde, quando utilizados em preparações alimentícias sem o uso de tratamento térmico direto (PARKER *et al.*, 2003). No teste de redução do radical DPPH, os óleos demonstraram atividade superior a 55% (Figura 1a). Os óleos de gergelim (branco e preto) e linhaça dourada não apresentaram diferença significativa, devido à presença de pigmentos capazes de doar hidrogênio e neutralizar o excesso de radicais livres, corroborando o resultado encontrado por Silva *et al.* (2011) ao avaliarem sementes de gergelim.

**Figura 1 ▼**  
Capacidade antioxidante dos óleos: DPPH (a), ABTS (b) e FRAP (c).  
Fonte: dados da pesquisa



Para o sistema da capacidade antioxidante por meio do radical cromóforo ABTS<sup>+</sup>, o óleo de gergelim preto apresentou maior valor (68 µM trolox/100 g), seguido pelo de chia (60 µM trolox/100 g) (Figura 1b).

Quanto à capacidade antioxidante dos óleos em reduzir o complexo Fe<sup>+3</sup>-TPTZ a Fe<sup>+2</sup>-TPTZ detectada pelo FRAP, os óleos apresentaram variação de 70,9 a 144,5 µM trolox/100 g (Figura 1c), valores próximos aos encontrados por Saura-Calixto e Goñi (2006) para óleos brutos de oliva (152 µmol Trolox/100 g) e girassol (65,3 µmol Trolox/100 g). Entre os óleos estudados, sobressaiu-se novamente o óleo de gergelim preto (144,5 µM trolox/100 g), que, segundo Panzella *et al.* (2012), apresenta eficiência antioxidante por redução de íons férricos, devido à presença do pigmento preto.

## 4 Conclusão

As sementes apresentaram significativas quantidades de lipídios, proteínas, cinzas e carboidratos, destacando-se as de gergelim branco. Com exceção do óleo de chia, os óleos estudados apresentaram baixas degradações hidrolíticas e oxidativas, evidenciadas pelos índices de acidez e peróxidos, respectivamente. Os óleos de gergelim apresentaram maior estabilidade oxidativa, devido aos menores teores de poli-insaturados e à quantidade de antioxidantes naturais, como carotenoides e tocoferóis, sendo o de gergelim preto o de maior capacidade antioxidante, mediante os métodos de avaliação ABTS e FRAP.

## Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

## Financiamento

Esta pesquisa não recebeu financiamento externo.

## Conflito de interesses

Os autores declaram não haver conflito de interesses.

## Referências

ABREU, D. A. P.; LOSADA, P. P.; MAROTO, J.; CRUZ, J. M. Evaluation of the effectiveness of a new active packaging film containing natural antioxidants (from barley husks) that retard lipid damage in frozen Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). **Food Research International**, v. 43, n. 5, p. 1277-1282, 2010. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2010.03.019>.

ANANTH, D. A.; DEVIRAM, G.; MAHALAKSHMI, V.; SIVASUDHA, T.; TIETEL, Z. Phytochemical composition and antioxidant characteristics of traditional

cold pressed seed oils in South India. **Biocatalysis and Agricultural Biotechnology**, v. 17, p. 416-421, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2018.12.018>.

AOAC – ASSOCIATION OF OFFICIAL AGRICULTURAL CHEMISTS. **Official and tentative methods**. 18. ed. Arlington, 2005.

AOCS – AMERICAN OIL CHEMISTS’ SOCIETY. **Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists’ Society**. 6. ed. Champaign, 2009.

AYERZA, R.; COATES, W. Composition of chia (*Salvia hispanica*) grown in six tropical and subtropical ecosystems of South America. **Tropical Science**, v. 44, n. 3, p. 131-135, Sept. 2004. DOI: <https://doi.org/10.1002/ts.154>.

BELMIRO, T. M. C.; QUEIROZ, A. J. M.; FIGUEIRÊDO, R. M. F.; FERNANDES, T. K. S.; BEZERRA, M. C. T. Alterações químicas e físico-químicas em grãos de abóboras durante o armazenamento. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 9, p. 1000-1007, set. 2010. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1415-43662010000900013>.

BERNACCHIA, R.; PRETI, R.; VINCI, G. Chemical composition and health benefits of flaxseed. **Austin Journal of Nutrition and Food Science**, v. 2, n. 8, p. 1045, 2014. Disponível em <https://austinpublishinggroup.com/nutrition-food-sciences/fulltext/ajnfs-v2-id1045.pdf>. Acesso em: 4 set. 2020.

BERSET, C.; CUVELIER, M. E. Methods of estimating the degree of lipid oxidation and of measuring antioxidizing power. **Sciences des Aliments**, v. 16, n. 3, p. 219-245, 1996. Disponível em: <https://eurekamag.com/research/009/017/009017505.php>. Acesso em: 4 set. 2020.

CHEN, W.-A.; CHIU, C. P.; CHENG, W.-C.; HSU, C.-K.; KUO, M.-I. Total polar compounds and acid values of repeatedly used frying oils measured by standard and rapid methods. **Journal of Food and Drug Analysis**, v. 21, n. 1, p. 58-65, 2013. DOI: <http://dx.doi.org/10.6227/jfda.2013210107>.

CODEX ALIMENTARIUM COMMISSION. **Codex stan 210-1999**: codex standard for named vegetable oils. Rome, 2009.

COELHO, S.; SALAS-MELLADO, M. M. Chemical characterization of chia (*Salvia hispanica* L.) for use in food products. **Journal of Food and Nutrition Research**, v. 2, n. 5, p. 263-269, Jan. 2014. DOI: <http://dx.doi.org/10.12691/jfnr-2-5-9>.

DUCHATEAU, G. S. M. J. E.; BAUER-PLANK, C. G.; LOUTER, A. J. H.; VAN DER HAM, M.; BOERMA, J. A.; VAN ROOIJEN, J. J. M.; ZANDBELT, P. A. Fast and accurate method for total 4-desmethyl sterol(s) content in spreads, fat-blends, and raw materials. **Journal of the American Oil Chemists’ Society**, v. 79, n. 3, p. 273-278, Mar. 2002. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11746-002-0473-y>.

EL-KHIER, M. K. S.; ISHAG, K. E. A.; YAGOUB, A. E. A. Chemical composition and oil characteristics of sesame seed cultivars grown in Sudan. **Research Journal of Agriculture and Biological Sciences**, v. 4, n. 6, p. 761-766, 2008. Disponível em: <http://www.aensiweb.net/AENSIWEB/rjabs/rjabs/2008/761-766.pdf>. Acesso em: 4 set. 2020.

FREDMAN, G.; SERHAN, C. N. Specialized proresolving mediator targets for RvE1 and RvD1 in peripheral blood and mechanisms of resolution. **Biochemical Journal**, v. 437, n. 2, p. 185-197, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1042/bj20110327>.

GADADE, B. V.; KACHARE, D. P.; SATBHAI, R. D.; NAIK, R. M. Nutritional composition and oil quality parameters of sesame (*Sesamum indicum* L.) genotypes. **International Research Journal of Multidisciplinary Studies**, v. 3, n. 7, p. 1-13, June 2017. Disponível em: <https://www.semanticscholar.org/paper/Nutritional-Composition-and-Oil-Quality-Parameters-Gadade-Kachare/584b720a8b863e9aa77045cba9a1871a0a274b47>. Acesso em: 4 set. 2020.

GHARBY, S.; HARHAR, H.; BOUZOUBAA, Z.; ASDADI, A.; EL YADINI, A.; CHARROUF, Z. Chemical characterization and oxidative stability of seeds and oil of sesame grown in Morocco. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 16, n. 2, p. 105-111, Apr. 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2015.03.004>.

GUILLÉN, M. D.; CABO, N. Fourier transform infrared spectra data *versus* peroxide and anisidine values to determine oxidative stability of edible oils. **Food Chemistry**, v. 77, n. 4, p. 503-510, June 2002. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(01\)00371-5](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(01)00371-5).

GUNSTONE, F. D. **Vegetable oils in food technology: composition, properties and uses**. 2. ed. Oxford: Wiley-Blackwell, 2011. 376 p.

IQBAL, S.; BHANGER, M. I. Stabilization of sunflower oil by garlic extract during accelerated storage. **Food Chemistry**, v. 100, n. 1, p. 246-254, 2007. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.09.049>.

IXTAINA, V. Y.; MARTÍNEZ, M. L.; SPOTORNO, V.; MATEO, C. M.; MAESTRI, D. M.; DIEHL, B. W. K.; NOLASCO, S. M.; TOMÁS, M. C. Characterization of chia seed oils obtained by pressing and solvent extraction. **Journal of Food Composition Analysis**, v. 24, n. 2, p. 166-174, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2010.08.006>.

IXTAINA, V. Y.; NOLASCO, S. M.; TOMÁS, M. C. Oxidative stability of chia (*Salvia hispanica* L.) seed oil: effect of antioxidants and storage conditions. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 89, n. 6, p. 1077-1090, June 2012. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11746-011-1990-x>.

KALANTZAKIS, G.; BLEKAS, G.; PEGKLIDOU, K.; BOSKOU, D. Stability and radical-scavenging activity of heated olive oil and other vegetable oils. **European Journal of Lipid Science and Technology**, v. 108, n. 4, p. 329-335, Apr. 2006. DOI: <https://doi.org/10.1002/ejlt.200500314>.

KASOTE, D. M. Flaxseed phenolics as natural antioxidants. **International Food Research Journal**, v. 20, n. 1, p. 27-34, 2013. Disponível em: [http://ifrj.upm.edu.my/20%20\(01\)%202013/4%20IFRJ%2020%20\(01\)%202013%20Deepak%20\(166\).pdf](http://ifrj.upm.edu.my/20%20(01)%202013/4%20IFRJ%2020%20(01)%202013%20Deepak%20(166).pdf). Acesso em: 4 set. 2020.

KULP, K. **Handbook of cereal science and technology: revised and expanded**. New York: CRC Press, 2000. 808 p.

MALACRIDA, C. R.; JORGE, N. Yellow passion fruit seed oil (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*): physical and chemical characteristics. **Brazilian Archives of Biology**

**and Technology**, v. 55, n. 1, p. 127-134, Feb. 2012. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1516-89132012000100016>.

MARINELI, R. S.; MORAES, E. A.; LENQUISTE, S. A.; GODOY, A. T.; EBERLIN, M. N.; MARÓSTICA JR., M. R. Chemical characterization and antioxidant potential of Chilean chia seeds and oil (*Salvia hispanica* L.). **LWT – Food Science and Technology**, v. 59, n. 2, part 2, p. 1304-1310, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2014.04.014>.

MCLAUGHLIN, P. J.; WEIHRAUCH, J. L. Vitamin E content of foods. **Journal of the American Dietetic Association**, v. 75, n. 6, p. 647-665, 1979. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0002-8223\(21\)05428-6](https://doi.org/10.1016/S0002-8223(21)05428-6).

MERRIL, A. L.; WATT, B. K. **Energy value of foods: basis and derivation**. Washington: United States Department of Agriculture, 1973. 105 p.

MICHOTTE, D.; ROGEZ, H.; CHIRINOS, R.; MIGNOLET, E.; CAMPOS, D.; LARONDELLE, Y. Linseed oil stabilization with pure natural phenolic compounds. **Food Chemistry**, v. 129, n. 3, p. 1228-1231, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.05.108>.

MUÑOZ, L. A.; COBOS, A.; DIAZ, O.; AGUILERA, J. M. Chia seed (*Salvia hispanica*): an ancient grain and a new functional food. **Food Reviews International**, v. 29, n. 4, p. 394-408, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1080/87559129.2013.818014>.

NEPA – NÚCLEO DE ESTUDOS E PESQUISA EM ALIMENTAÇÃO. **Tabela brasileira de composição de alimentos**. 4. ed. Campinas: Unicamp, 2011.

NOVELLO, D.; POLLONIO, M. A. R. Caracterização físico-química e microbiológica da linhaça dourada e marrom (*Linum Usitatissimum* L.). **Revista do Instituto Adolfo Lutz**, v. 71, n. 2, p. 291-300, 2012. Disponível em: <https://docs.bvsalud.org/biblioref/ses-sp/2012/ses-26493/ses-26493-3824.pdf>. Acesso em: 4 set. 2020.

OGBONNA, P. E.; UKAAN, S. I. Chemical composition and oil quality of seeds of sesame accessions grown in the Nsukka plains of South Eastern Nigeria. **African Journal of Agricultural Research**, v. 8, n. 9, p. 797-803, 2013. DOI: <https://doi.org/10.5897/AJAR12.1702>.

ORTHOEFER, F. T. Vegetable oils. In: BAILEY, A. E. (ed.). **Bailey's industrial oil & fat products**. New York: Wiley, 1996. p. 19-43.

OYINLOYE, B. E.; AJIBOYE, B. O.; OJO, O. A.; NWOZO, S. O.; KAPPO, A. P. Cardioprotective and antioxidant influence of aqueous extracts from *Sesamum indicum* seeds on oxidative stress induced by cadmium in Wistar rats. **Pharmacognosy Magazine**, v. 12, n. 46, p. S170-S174, 2016. DOI: <https://doi.org/10.4103/0973-1296.182155>.

PANZELLA, L.; EIDENBERGER, T.; NAPOLITANO, A.; D'ISCHIA, M. Black sesame pigment: DPPH assay-guided purification, antioxidant/antinitrosating properties, and identification of a degradative structural marker. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, n. 36, p. 8895-8901, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf2053096>.

PARKER, T. D.; ADAMS, D. A.; ZHOU, K.; HARRIS, M.; YU, L. Fatty acid composition and oxidative stability of cold-pressed edible seed oils. **Journal of Food Science**, v. 68, n. 4, p. 1240-1243, May 2003. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.2003.tb09632.x>.

PARRY, J. W.; SU, L.; LUTHER, M.; ZHOU, K.; YURAWECZ, M. P.; WHITTAKER, P.; YU, L. Fatty acid composition and antioxidant properties of cold-pressed marionberry, boysenberry, red raspberry, and blueberry seed oils. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 3, p. 566-573, Feb. 2005. DOI: <https://doi.org/10.1021/jf048615t>.

PINAZO-DURAN, M. D.; BOSCA-GOMAR, L. Anti-inflammatory properties of polyunsaturated fatty acid omega 3. Indications in ophthalmology. **Archivos de la Sociedad Española de Oftalmología**, v. 87, n. 7, p. 203-220, 2012. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ofal.2012.04.003>.

RAFALOWSKI, R.; ZEGARSKA, Z.; KUNCEWICZ, A.; BOREJSZO, Z. Fatty acid composition, tocopherol and  $\beta$ -carotene content in polish commercial vegetable oils. **Pakistan Journal of Nutrition**, v. 7, n. 2, p. 278-282, 2008. DOI: <https://dx.doi.org/10.3923/pjn.2008.278.282>.

RE, R.; PELLEGRINI, N.; PROTEGGENTE, A.; PANNALA, A.; YANG, M.; RICE-EVANS, C. Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. **Free Radical Biology & Medicine**, v. 26, n. 9-10, p. 1231-1237, 1999. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0891-5849\(98\)00315-3](https://doi.org/10.1016/S0891-5849(98)00315-3).

RODRIGUEZ-AMAYA, D. B. **A guide to carotenoids analysis in food**. Washington: ILSI Press, 2001. 64 p.

RUDZINSKA, M.; PRZYBYLSKI, R.; WASOWICZ, E. Degradation of phytosterols during storage of enriched margarines. **Food Chemistry**, v. 142, n. 1, p. 294-298, Jan. 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.07.041>.

SAURA-CALIXTO, F.; GOÑI, I. Antioxidant capacity of the Spanish Mediterranean diet. **Food Chemistry**, v. 94, n. 3, p. 442-447, Feb. 2006. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.11.033>.

SCHMIDT, S.; POKORNÝ, J. Potential application of oilseeds as sources of antioxidants for food lipids – a review. **Czech Journal of Food Science**, v. 23, n. 3, p. 93-102, 2005. DOI: <http://dx.doi.org/10.17221/3377-CJFS>.

SILVA, E. R.; MARTINO, H. S. D.; MOREIRA, A. V. B.; ARRIEL, N. H. C.; SILVA, A. C.; RIBEIRO, S. M. R. Capacidade antioxidante e composição química de grãos integrais de gergelim creme e preto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 46, n. 7, p. 736-742, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0100-204X2011000700009>.

SINGLETON, V. L.; ROSSI, J. A. Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic- phosphotungstic acid reagents. **American Journal of Enology and Viticulture**, v. 16, n. 3, p. 144-158, 1965. Disponível em: <https://www.ajevonline.org/content/16/3/144>. Acesso em: 4 set. 2020.

SZYDLOWSKA-CZERNIAK, A.; KARLOVITS, G.; DIANOCZKI, C.; RECSEG, K.; SZŁYK, E. Comparison of two analytical methods for assessing antioxidant capacity of

rapeseed and olive oils. **Journal of the American Oil Chemists' Society**, v. 85, n. 2, p. 141-149, Feb. 2008. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11746-007-1178-6>.

TUNDE-AKINTUNDE, T. Y.; OKE, M. O.; AKINTUNDE, B. O. Sesame seed. *In*: AKPAN, U. G. (ed.). **Oilseeds**. Rijeka: InTech, 2012. p. 81-98.

WOOD, J. D.; RICHARDSON, R. I.; NUTE, G. R.; FISHER, A. V.; CAMPO, M. M.; KASAPIDOU, E.; SHEARD, P. R.; ENSER, M. Effects of fatty acids on meat quality: a review. **Meat Science**, v. 66, n. 1, p. 21-32, Jan. 2004. DOI: [https://doi.org/10.1016/s0309-1740\(03\)00022-6](https://doi.org/10.1016/s0309-1740(03)00022-6).

YASOTHAI, R. Chemical composition of sesame oil cake – review. **International Journal of Science, Environment and Technology**, v. 3, n. 3, p. 827-835, 2014. Disponível em: <https://www.ijset.net/journal/309.pdf>. Acesso em: 4 set. 2020.

ZEBIB, H.; BULTOSA, G.; ABERA, S. Physico-chemical properties of sesame (*Sesamum indicum* L.) varieties grown in northern area, Ethiopia. **Agricultural Sciences**, v. 6, n. 2, p. 238-246, Jan. 2015. DOI: <http://dx.doi.org/10.4236/as.2015.62024>.