

Potensi Ekstrak Beberapa Jenis Tanaman dalam Meningkatkan Stabilitas Oksidatif Minyak Kedelai

Darus Dina Imama

Program Studi Doktor Ilmu Pangan, Universitas Gadjah Mada, Indonesia

darusdina@gmail.com

Info Artikel

Sejarah artikel :

Diterima Juni 2025

Direvisi Agustus 2025

Disetujui Agustus 2025

Diterbitkan Agustus 2025

ABSTRACT

Soybean oil is one of the vegetable oils with a high content of unsaturated fatty acids; however, it is highly susceptible to oxidation, which can reduce its quality. Prevention is commonly carried out by adding synthetic antioxidants such as BHA, BHT, and TBHQ, which may pose potential adverse effects on health. The use of antioxidants derived from natural sources has therefore become increasingly preferred. Several plant extracts, including marigold flowers, eggplant peel, parsley leaves, olive leaves, jackfruit peel, as well as mixtures of pomegranate leaves, citrus leaves, and beet leaves, have been proven to enhance the oxidative stability of soybean oil by reducing peroxide values, limiting the formation of secondary oxidation compounds, and protecting unsaturated fatty acids. Innovative formulations such as nanoemulsions, acid hydrolysis, and encapsulation have also been shown to improve the efficiency and stability of bioactive compounds. The purpose of this article is to review recent studies on the utilization of plant extracts as natural antioxidant sources for addition to soybean oil. The findings indicate that extracts from various plant species have the potential to improve the oxidative stability of soybean oil.

Keywords : *Natural Antioxidants; Oxidative Stability; Plant Extracts; Soybean Oil.*

ABSTRAK

Minyak kedelai merupakan salah satu minyak nabati dengan kandungan asam lemak tak jenuh yang tinggi, namun sangat rentan mengalami oksidasi yang dapat menurunkan kualitasnya. Pencegahan yang dilakukan biasanya dengan menambahkan antioksidan sintesis seperti BHA, BHT, dan TBHQ namun berpotensi berdampak negatif terhadap kesehatan. Penggunaan antioksidan dari bahan alami menjadi lebih diminati. Beberapa ekstrak tanaman seperti bunga marigold, kulit terong, daun peterseli, daun zaitun, kulit nangka, serta campuran daun delima, daun jeruk, dan daun bit terbukti meningkatkan ketahanan oksidatif minyak kedelai melalui penurunan nilai peroksida, pembentukan senyawa oksidasi sekunder, serta perlindungan terhadap asam lemak tak jenuh. Inovasi formulasi seperti nanoemulsi, hidrolisis asam, dan enkapsulasi turut meningkatkan efisiensi dan stabilitas senyawa bioaktif. Tujuan dari penulisan artikel ini adalah untuk mengulas beberapa penelitian terbaru mengenai pemanfaatan ekstrak tanaman sebagai sumber antioksidan alami yang ditambahkan ke dalam minyak kedelai. Hasil yang diperoleh yaitu ekstrak dari beberapa jenis tanaman berpotensi dalam meningkatkan stabilitas oksidatif minyak kedelai.

Kata Kunci : Antioksidan Alami; Ekstrak Tanaman; Minyak Kedelai; Stabilitas Oksidatif.

PENDAHULUAN

Minyak nabati merupakan salah satu bahan yang penggunaannya sangat umum di dunia dan pengaplikasiannya sangat beragam seperti dalam bidang pangan, kecantikan dan Kesehatan. Minyak nabati dapat diekstrak dari berbagai sumber salah satunya yaitu kacang kedelai. Produksi minyak kedelai secara global hampir 61% dan merupakan salah satu minyak nabati yang banyak dimanfaatkan khususnya dalam bidang pangan dan dipilih karena kandungan asam lemak tidak jenuh yang tinggi [8]. Namun, kandungan ini juga menjadikannya sangat rentan terhadap oksidasi yaitu reaksi kimia antara gugus asam lemak tak jenuh dalam triasilgliserol dan molekul oksigen. Oksidasi dapat menyebabkan penurunan kualitas, timbulnya bau tengik, dan pembentukan senyawa toksik. Mekanisme oksidasi dapat terjadi secara fotooksidasi karena adanya *sensitizer* seperti klorofil di dalam minyak nabati yang mendapatkan energi dari cahaya untuk memulai proses oksidasi dan menghasilkan radikal bebas kemudian terjadi secara autooksidasi yaitu saat radikal bebas yang terbentuk bersifat reaktif dan akan membentuk bentuk radikal lain hingga mencapai keadaan yang stabil [9].

Selama ini, upaya yang dilakukan untuk menstabilkan minyak yaitu dengan suplementasi antioksidan sintetis seperti BHA, BHT, dan TBHQ, tetapi penggunaannya dibatasi karena menimbulkan kekhawatiran dampaknya terhadap kesehatan [6]. Oleh karena itu, perlu mempertimbangkan untuk memilih menggunakan alternatif dari bahan alami. Banyak penelitian dilakukan terkait penggunaan antioksidan alami dari ekstrak tanaman dalam meningkatkan stabilitas oksidatif minyak kedelai secara lebih aman dan kandungan asam lemak tidak jenuh tetap dipertahankan. Artikel ini bertujuan meninjau berbagai penelitian yang telah dilakukan dalam mengeksplorasi penggunaan ekstrak tanaman sebagai antioksidan alami untuk meningkatkan stabilitas oksidatif minyak kedelai.

METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *literatur review* dengan memilih dan menganalisis artikel-artikel yang relevan dengan bidang kajian. Sebanyak 12 artikel dikumpulkan dengan kriteria diterbitkan 10 tahun terakhir yang meneliti tentang pemanfaatan berbagai bahan yang berasal dari tanaman pangan dan diolah menjadi ekstrak untuk ditambahkan ke dalam minyak kedelai kemudian dianalisis sifat-sifat antioksidannya. Selain itu semua artikel yang dipilih merupakan artikel dari jurnal internasional terindeks Scopus.

Tabel 1. Sumber Alami Senyawa Antioksidan, Metode Ekstraksi, Komponen Bioaktif Utama, Aktivitas Antioksidannya dan Hasilnya

Sumber	Metode Ekstraksi	Senyawa bioaktif	Aktivitas Antioksidan	Hasil	Referensi
Bunga Marigold	Ultrasonikasi pelarut air-metanol	Quercetagenin (QG)	81.75 ±1.88 % saat direaksikan DPPH 0,625 mM	Dibandingkan dengan BHT, PG dan Tokoferol dalam kondisi yang seragam, QG yang diisolasi dari ekstrak Marigold mampu menurunkan nilai peroksida dan asam lemak	[5]

				bebas dalam minyak kedelai selama analisis penyimpanan hingga 56 hari	
Kulit Terong	Ultrasonikasi pelarut 70% etanol dan dibuat emulsi air dalam minyak W/O	Polifenol (tidak disebutkan secara spesifik)	Total fenolik 30-32 μg GAE/mL emulsi, DPPH 1,2-1,4 mmol TE/mL emulsi, ABTS 0,8-1,2 μmol TE/mL emulsi	Menstabilkan minyak kedelai setara dengan antioksidan sintetis TBHQ	[10]
Daun Peterseli/ <i>Parsley</i>	Ultrasonikasi pelarut 75% EtOH dan dibuat emulsi minyak dalam air O/W dan post-treatment hidrolisis asam	Asam galat, katekin, vanillic acid, mirisetin, quersetin	Total fenolik 500-750 μmol GAE/L, DPPH 42,5%-70%,	Menunjukkan perlambatan signifikan terhadap pembentukan heksanal pada emulsi minyak kedelai (dosis belum ditentukan)	[4]
Daun Zaitun	Microwave pelarut methanol dan air 8:1 kemudian dienkapsulasi	Polifenol dan flavonoid (tidak disebutkan secara spesifik)	Total fenolik 15-70 mg/kg, flavonoid 5-27 mg/kg	Efektif selama 20 hari penyimpanan, lebih baik dibandingkan antioksidan sintetis BHT	[11]
Kulit Nangka	Maserasi bubuk kulit Nangka dengan pelarut etanol	Polifenol dan flavonoid (tidak disebutkan secara spesifik)	Polifenol (16.32 mg GAE/g), flavonoid (0.66 mg QuE/g). DPPH (IC ₅₀ = 5.65 μg /mL) dan TAC (0.20 mg/mL).	Dapat menstabilkan minyak kedelai saat sudah dipanaskan dibandingkan minyak kedelai kontrol tanpa penambahan ekstrak	[7]
Daun Delima, Daun Jeruk, Daun Bit	Maserasi bubuk campuran daun delima, daun jeruk dan daun bit dengan air mendidih (1:50 w:v)	Asam klorogenat, asam elagat, naringenin	Total fenolik 110.79 mg/g, Flavonoid 52.22 mg/g. IC ₅₀ aktivitas antioksidan: DPPH 6.46 μg /ml, ABTS 1.78 μg /ml.	Menstabilkan minyak kedelai lebih baik dibandingkan dengan antioksidan sintetis BHT	[1]

HASIL DAN PEMBAHASAN

Mekanisme Antioksidan yang Berasal dari Tanaman dalam Meningkatkan Stabilitas Oksidatif Minyak Kedelai

Antioksidan alami yang diekstrak dari jaringan tanaman dikarenakan peran dari senyawa fenolik dan flavonoid untuk meningkatkan stabilitas oksidatif minyak nabati [2]. Antioksidan berperan penting dalam menetralkan radikal bebas dengan menyumbangkan elektron ke radikal bebas, antioksidan memutus rantai oksidasi dan membantu menjaga integritas lipid. Pola oksidasi yang terjadi dalam minyak kedelai yaitu proses kimia kompleks yang berlangsung dalam tiga fase

utama: inisiasi yaitu pemicu eksternal menyebabkan abstraksi atom hidrogen dari asam lemak tak jenuh, membentuk radikal lipid ($R\cdot$), propagasi yaitu dimana radikal lipid tersebut berinteraksi dengan molekul oksigen (O_2), menghasilkan radikal peroksil ($ROO\cdot$) yang merupakan zat antara utama dalam tahap propagasi. Radikal peroksil ini terus bereaksi dengan molekul lipid lain, menghasilkan hidroperoksida ($ROOH$) dan radikal lipid lebih lanjut, sehingga meningkatkan jumlah spesies reaktif. Sampai akhirnya tahapan terminasi yaitu ketika dua radikal bebas bergabung membentuk produk stabil. Proses ini dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti suhu, cahaya, dan ion logam [12].

Senyawa antioksidan yang berasal dari tanaman sebagian besar Mekanisme antioksidan dalam proses oksidatif dapat melalui beberapa jalur. Antara lain, *Hydrogen Atom Transfer* (HAT) yaitu senyawa fenolik, menyumbangkan atom hidrogen ke radikal bebas reaktif, mengubahnya menjadi spesies non-radikal yang stabil. Reaksi ini secara efektif mengurangi reaktivitas radikal bebas dan mencegah kerusakan oksidatif lebih lanjut; Mekanisme *Single-Electron Transfer* (SET) yaitu antioksidan mentransfer elektron ke radikal bebas, yang mengakibatkan pembentukan radikal dan anion yang stabil. Proses ini juga mengurangi reaktivitas radikal menjadi stabil; Mekanisme *Sequential Proton Loss Electron Transfer* (SPLET) yaitu antioksidan kehilangan proton untuk membentuk spesies anionik kemudian menyumbangkan elektron ke radikal bebas hingga menjadi bentuk yang stabil. Selain dengan mekanisme-mekanisme tersebut, antioksidan dapat menstabilkan radikal bebas dengan mengkelat ion logam atau membentuk kompleks radikal-substrat. Senyawa polifenol, termasuk hidroksitirosol, oleuropein, dan asam galat, menunjukkan perilaku serupa dengan menyumbangkan atom hidrogen ke radikal bebas dan mengkelat ion logam seperti besi dan tembaga, yang terlibat dalam memulai oksidasi lipid [12].

Pengaruh Antioksidan yang Berasal dari Ekstrak Tanaman terhadap Stabilitas Oksidatif Minyak Kedelai

1. Ekstrak Bunga Marigold (*Tagetes erecta* L.)

Identifikasi senyawa flavonoid aktif yang terkandung dalam ekstrak Marigold antara lain: quercetagenin-7-O-glucoside, quercetagenin, quercetin dan patuletin. Diantara senyawa-senyawa tersebut, quercetagenin (QG) menunjukkan aktivitas penangkap radikal yang paling tinggi begitu pula pada nilai aktivitas antioksidan yang diuji secara DPPH. Dibandingkan dengan BHT, PG dan Tokoferol dalam kondisi yang seragam, QG yang diisolasi dari ekstrak Marigold mampu menurunkan nilai peroksida dan asam lemak bebas dalam minyak kedelai selama analisis penyimpanan hingga 56 hari. Analisis penentuan senyawa volatil yang terbentuk selama proses oksidasi minyak kedelai terdapat 108 senyawa volatil (16 alkohol, 23 aldehid, 25 keton, 4 asam, 15 ester, 18 hidrokarbon, 7 senyawa lainnya) dan diketahui bahwa QG juga secara signifikan mengurangi kandungan jumlah aldehid dan keton serta mencegah pembentukan asam dan hidrokarbon. QG merupakan senyawa polihidroksi fenolik dengan substituen pendonor hidrogen pada cincin benzena, karena efek antioksidan senyawa fenolik berhubungan dengan kemampuannya dalam mendonorkan hidrogen, yaitu jumlah gugus orto- dan

para-OH, ikatan entalpi disosiasi/ *The Bound Dissociation Entalphies* (BDE) dan pembentukan ikatan hidrogen. QG memiliki lebih banyak daerah pengikatan dibandingkan quercetin, dan QG juga dapat berfungsi sebagai nukleofil yang berperan dalam memperpanjang periode inisiasi reaksi oksidasi [5].

2. Ekstrak Kulit Terong

Kulit terong diketahui mengandung polifenol dan antosianin tinggi dibandingkan dengan bagian dari tanaman terong lain seperti daging, daun, bunga maupun batangnya. Nanoemulsi dari ekstrak terong/ *Eggplant Peel Extract* (EPE) terbukti meningkatkan stabilitas oksidatif minyak kedelai lebih baik dari minyak komersial, dengan peningkatan periode induksi dalam uji Rancimat. EPE menunjukkan kandungan polifenol dan aktivitas antioksidan yang signifikan bahkan setelah 30 hari penyimpanan. Terjadi penurunan nilai diena terkonjugasi dan p-anisidin pada EPE selama penyimpanan menunjukkan bahwa EPE membatasi pembentukan produk oksidasi primer dan sekunder lebih baik daripada minyak kedelai kosong (tanpa antioksidan) dan memiliki efek yang sebanding dengan minyak kedelai yang tersedia secara komersial (mengandung antioksidan TBHQ sintetis yang diizinkan) dan minyak kedelai dengan 200 ppm TBHQ. Uji oven Schaal menyimpulkan bahwa nanoemulsi dapat mengendalikan oksidasi minyak kedelai hingga sekitar 10-15 bulan penyimpanan pada suhu 25 ° C. Di sisi lain, analisis Rancimat menunjukkan bahwa semua nanoemulsi menunjukkan stabilitas oksidatif yang lebih tinggi dibandingkan dengan minyak kedelai murni yang dimurnikan sementara tiga nanoemulsi menunjukkan stabilitas oksidatif yang lebih baik daripada minyak kedelai yang tersedia secara komersial. Emulsi yang terdiri dari 8000 ppm EPE merupakan konsentrasi paling stabil saat disimpan dan masih dapat diterima secara organoleptik [10].

3. Ekstrak Daun Peterseli/ Parsley

Keberadaan senyawa fenolik dalam sistem pangan umumnya dalam bentuk glikosida yang mana dapat membatasi aktivitas antioksidannya. Dalam hal ini *post-treatment* hidrolisis asam ekstrak daun peterseli dilakukan untuk mengubah polifenol glikosida dalam ekstrak menjadi aglikon. Hidrolisis asam tidak hanya meningkatkan konsentrasi polifenol, tetapi juga mengakibatkan pelepasan fenolik baru seperti mirisetin dan asam galat. Aktivitas khelasi logam dan reduksi besi ekstrak meningkat secara signifikan setelah hidrolisis asam. Ekstrak daun peterseli yang dilakukan hidrolisis asam dengan kondisi optimal yaitu 0,6 M HCl selama 2 jam menghasilkan nilai total fenol dan aktivitas antioksidan DPPH yang baik dan menunjukkan perlambatan signifikan terhadap pembentukan heksanal pada emulsi minyak kedelai. Namun dosis penggunaannya masih perlu dilakukan evaluasi pada studi mendatang supaya tidak memicu efek prooksidatif [4].

4. Ekstrak Daun Zaitun

Penambahan ekstrak daun zaitun/ *Olive Leaf Extract* (OLE) terhadap minyak kedelai selama penyimpanan 20 hari pada suhu 55°C dan dibandingkan dengan antioksidan sintetis BHT konsentrasi 100 dan 200 mg/kg menunjukkan aktivitas perlindungan oksidatif tinggi namun efisiensinya menurun setelah dienkapsulasi meskipun stabilitas termalnya meningkat. enkapsulasi dapat

melindungi senyawa fenolik dari ekstrak daun zaitun dari degradasi tetapi juga dapat melemahkan efisiensi antioksidan karena menghambat pelepasannya. Hal ini juga dipengaruhi oleh kombinasi teknologi ekstraksi dan enkapsulasi yang digunakan. Namun ekstrak daun zaitun yang dienkapsulasi tetap stabil dan efektif selama 20 hari penyimpanan, lebih baik dibandingkan antioksidan sintetis BHT [11].

5. *Ekstrak Kulit Nangka*

Meskipun selama ini hanya dianggap sebagai limbah, kulit buah Nangka yang dijadikan ekstrak/ *Jackfruit Peel Extract* (JPE) mengandung sumber senyawa polifenol (16.32 mg GAE/g) dan flavonoid (0.66 mg QuE/g). Aktivitas antioksidan melalui uji DPPH (IC₅₀ = 5.65 µg/mL) dan TAC (0.20 mg/mL). Analisis dilakukan dengan menambahkan JPE ke minyak kedelai dengan konsentrasi 200 mg/L dan saat Minyak dipanaskan pada 150–180°C selama 2 jam, JPE dapat mengurangi penggelapan warna dan menjaga kestabilan visual minyak. JPE menurunkan pembentukan peroksida primer (~3–11% lebih rendah dari kontrol), mengurangi pembentukan asam lemak bebas, menghambat pembentukan produk oksidasi sekunder (aldehid), mengurangi pembentukan senyawa degradasi (hingga 11%), menjaga asam lemak tak jenuh (oleat, linoleat) lebih baik dibanding kontrol tanpa penambahan JPE. [3,7].

6. *Ekstrak Daun Delima, Daun Jeruk dan Daun Bit*

Daun delima, daun jeruk dan daun bit yang dijadikan ekstrak/ *Pomegranate Orange Beetroot* (POB) memiliki total fenolik 110.79 mg/g, Flavonoid 52.22 mg/g. IC₅₀ aktivitas antioksidan: DPPH 6.46 µg/ml, ABTS 1.78 µg/ml. Komponen dominan dalam ekstrak ini yaitu asam klorogenat (41%), asam elagat, naringenin. Minyak kedelai dianalisis dengan tiga perlakuan: (i) penambahan POB 200, 400, 800 µg/ml; (ii) BHT 200 µg/ml; (iii) POB 400 + BHT 100 µg/ml (kombinasi sinergis). Setelah minyak kedelai mengalami proses penggorengan selama 5 hari. Didapatkan bahwa kombinasi Ekstrak POB 800 µg/ml mampu menurunkan nilai peroksida hingga dibawah ambang batas aman (10 meq O₂/kg), menghambat oksidasi hingga 79%, menurunkan akumulasi hasil oksidasi lipid/ Malondialdehid (MDA), menjaga komposisi asam lemak tak jenuh (linoleat dan linolenat) dan terbentuknya asam lemak trans lebih baik dibandingkan hasil pada BHT maupun kombinasi antara POB/BHT [1].

PENUTUP

Berbagai ekstrak tanaman yang kaya polifenol, baik dalam bentuk murni maupun termodifikasi (nanoemulsi, hidrolisis asam, enkapsulasi), terbukti efektif dalam meningkatkan stabilitas oksidatif minyak kedelai. Metode ekstraksi dan formulasi memainkan peran penting dalam memaksimalkan aktivitas antioksidan. Penggunaan ekstrak alami tidak hanya sebagai solusi dan alternatif yang lebih aman dibandingkan antioksidan sintetis, tetapi juga mendukung upaya keberlanjutan dengan memanfaatkan limbah tanaman sebagai sumber bioaktif. Penelitian lanjutan perlu penjelasan lebih rinci terkait mekanisme efek antioksidan oleh masing-masing ekstrak tanaman yang ditambahkan dalam minyak kedelai. Perlu dilakukan eksplorasi lebih luas mengenai formulasi kombinasi ekstrak dari

beberapa jenis tanaman, pengujian pada skala industri, serta evaluasi sensorik dan toksikologis dari minyak kedelai yang ditambahkan ekstrak tanaman untuk menjamin keamanan dan penerimaan konsumen.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Abdo, E. M., Shaltout, O. E., & Mansour, H. M. M. (2023). Natural antioxidants from agro-wastes enhanced the oxidative stability of soybean oil during deep-frying. *LWT*, 173, 114321. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.114321>
- [2] Abdullah, A. T. M., Rahman, M. M., Sharif, M., Khan, T. A., Islam, S. N., & Karim, K. M. R. (2024). Edible flowers efficiency to boost the thermal oxidation stability of soybean oil: Polyphenolic and antioxidant insights. *Future Foods*, 9, 100338. <https://doi.org/10.1016/j.fufo.2024.100338>
- [3] Borah, K., & Goud, V. V. (2025). One-pot method to extract natural antioxidizing agents from passion fruit rind to increase the oxidative stability of sunflower seed and soybean oils. *Food Chemistry*, 486, 144668. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.144668>
- [4] Ebrahimi, P., Bayram, I., Lante, A., & Decker, E. A. (2024). Acid-hydrolyzed phenolic extract of parsley (*Petroselinum crispum* L.) leaves inhibits lipid oxidation in soybean oil-in-water emulsions. *Food Research International*, 187, 114452. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2024.114452>
- [5] Huang, X., Gao, W., Yun, X., Qing, Z., & Zeng, J. (2022). Effect of Natural Antioxidants from Marigolds (*Tagetes erecta* L.) on the Oxidative Stability of Soybean Oil. *Molecules*, 27(9), 2865. <https://doi.org/10.3390/molecules27092865>
- [6] Khalid, M. U., Sultan, M. T., Noor, H. U., Raza, A., Tariq, N., Khalil, N. A., Abdi, G., & Aadil, R. M. (2025). Phytochemical profiling of *Withania somnifera* and its effect on thermal stability of soybean oil. *Applied Food Research*, 5(1), 100908. <https://doi.org/10.1016/j.afres.2025.100908>
- [7] Koundal, R., Chauhan, A. K., & Das, R. (2025). A sustainable technology for enhancing the oxidative stability of edible oils using jackfruit (*Artocarpus heterophyllus* lam.) peel extract as a natural antioxidant. *Food Chemistry*, 485, 144564. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.144564>
- [8] List, G. R. (2016). Oilseed Composition and Modification for Health and Nutrition. In *Functional Dietary Lipids* (pp. 23–46). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-1-78242-247-1.00002-8>
- [9] Ma, G., Wang, Y., Li, Y., Zhang, L., Gao, Y., Li, Q., & Yu, X. (2023). Antioxidant properties of lipid concomitants in edible oils: A review. *Food Chemistry*, 422, 136219. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2023.136219>
- [10] Sharma, S., Chakkaravarthi, S., & Bhattacharya, B. (2023). Enhancement of oxidative stability of soybean oil via nano-emulsification of eggplant peel extract: Process development and application. *Food Chemistry*, 402, 134249. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2022.134249>
- [11] Taghvaei, M., Jafari, S. M., Mahoonak, A. S., Nikoo, A. M., Rahmanian, N., Hajitabar, J., & Meshginfar, N. (2014). The effect of natural antioxidants extracted from plant and animal resources on the oxidative stability of soybean

- oil. *LWT - Food Science and Technology*, 56(1), 124–130. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2013.11.009>
- [12] Yildiz, A. Y., Öztekin, S., & Anaya, K. (2025). Effects of plant-derived antioxidants to the oxidative stability of edible oils under thermal and storage conditions: Benefits, challenges and sustainable solutions. *Food Chemistry*, 479, 143752. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2025.143752>.