

Artikel Review

Pengaruh Berbagai Metode Ekstraksi dan Jenis Pelarutnya pada Kandungan Fitokimia dalam Minyak Jagung : *Literature Review*

Nurani Sofiana^{1*}, Adi Permadi^{1*}, Siti Jamilatun¹, Zafrul Mufrodi¹

¹Magister Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Ahmad Dahlan, Indonesia

*Corresponding author: adi.permadi@che.uad.ac.id

ABSTRACT

One of the most well-known vegetable oils in Indonesia and many other nations is corn oil. Corn oil has long been regarded as a top option among edible oils due to its neutral flavor, good stability, and health advantages. In terms of annual output, corn oil is in tenth place among all vegetable oils and makes up roughly 2% of the total vegetable oil produced worldwide. Corn oil can produced from seed powder that is extracted using reflux and soxhletation techniques with a variety of solvents, including n-hexane, ethanol, and ethyl acetate, to create corn oil. Furthermore, the phenolic and carotenoid contents of corn oil were analyzed. The results showed that extraction by the soxhletation method using ethyl acetate solvent produced the highest phenolic and carotenoid contents, namely $149,28 \pm 0,58^b$ mg/kg and $76,42 \pm 0,20^b$ mg/g respectively. Meanwhile, extraction by soxhletation method using N-heksana solvent produced the lowest phenolic contents (18,36 mg/kg) and maseration method using ethanol solvent produced the lowest carotenoid contents (0,031 mg/g). The soxhletation method using ethyl acetate solvent can be used in the corn oil production industry to produce corn oil with higher phytochemical content.

Keywords: carotenoid, extraction, corn, phenolic, soxhletation

ABSTRAK

Salah satu minyak nabati yang paling terkenal di Indonesia dan banyak negara lainnya adalah minyak jagung. Minyak jagung telah lama dianggap sebagai pilihan utama di antara minyak nabati karena rasanya yang netral, stabilitasnya yang baik, dan manfaat kesehatannya. Dalam hal produksi tahunan, minyak jagung berada di urutan kesepuluh di antara semua minyak nabati dan menyumbang sekitar 2% dari total minyak nabati yang diproduksi di seluruh dunia. Minyak jagung didapatkan melalui proses ekstraksi bubuk biji jagung menggunakan teknik refluks dan sokhletasi dengan berbagai pelarut, termasuk n-heksana, etanol, dan etil asetat, untuk menghasilkan minyak jagung. Selanjutnya, dilakukan analisis kandungan fenolik dan karotenoid dalam minyak jagung. Hasilnya menunjukkan bahwa ekstraksi dengan metode sokhletasi menggunakan pelarut etil asetat menghasilkan kandungan fenolik dan karotenoid tertinggi, yaitu $149,28 \pm 0,58^b$ mg/kg dan $76,42 \pm 0,20^b$ mg/g. Sementara itu, metode sokhletasi dengan pelarut N-heksana menghasilkan kandungan fenolik terendah dan metode maserasi dengan pelarut etanol menghasilkan kadar karotenoid terendah. Sehingga, metode



sokhletasi dapat digunakan dalam industri produksi minyak jagung untuk menghasilkan minyak jagung dengan kadar fitokimia lebih tinggi.

Kata kunci: ekstraksi, fenolik, jagung, karotenoid, sokhletasi

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki tanah yang subur dan iklim tropis. Indonesia adalah negara agraris dengan keanekaragaman hayati yang beragam. Jagung merupakan bahan pokok di sektor kuliner, industri, dan energi karena kesesuaian iklim dan sejarah perkembangannya (1). Jagung (*Zea mays* L.) adalah tanaman pangan yang penting secara global, selain padi dan gandum. Selain digunakan sebagai bahan utama dalam produksi pangan, jagung memiliki berbagai manfaat sebagai bahan baku pembuatan pakan ternak dan aplikasi industri lainnya (2). Jagung kaya akan bahan pangan fungsional antara lain serat yang diperlukan tubuh. Selain itu, biji jagung merupakan sumber pati, protein, lemak, vitamin, mineral, dan komponen organik lainnya (3).

Di Asia Tenggara, penanaman jagung dimulai pada pertengahan tahun 1500-an. Pada awal tahun 1600-an, Indonesia, Filipina, dan Thailand merupakan beberapa negara yang menanam jagung secara ekstensif (4). Masyarakat selama ini memanfaatkan hasil panen jagung dengan berbagai cara, antara lain sebagai pakan ternak, bahan makanan, tepung (maizena), minyak, dan berbagai bentuk penyajian (5). Karena jagung adalah tanaman yang memiliki banyak keunggulan, komoditas yang terbuat dari jagung memainkan peran penting dalam perekonomian Indonesia (6).

Namun, varietas jagung yang berbeda mengandung profil fitokimia yang berbeda secara signifikan dalam hal flavonoid dan karotenoid. Jagung biru, merah, dan ungu memiliki konsentrasi antosianidin yang lebih tinggi (hingga 325 mg/100 g jagung berat) termasuk turunan sianidin (75%–90%), turunan peonidin (15%–20%) dan turunan pelargonidin (5 %–10%). Jagung kuning kaya akan karotenoid (hingga 823 g/100 g jagung) termasuk lutein (50%), zeaxanthin (40%), γ -cryptoxanthin (3%), γ -karoten (4%), dan -karoten (2%). Jagung dengan amilosa tinggi kaya akan amilosa (hingga 70% dari seluruh karbohidrat) (7). Pemilihan metode ekstraksi minyak jagung juga dapat menghasilkan profil fitokimia yang berbeda.

MINYAK JAGUNG

Banyak tanaman mengandung minyak yang dapat diekstrak yang selama berabad-abad telah digunakan sebagai makanan atau dalam formulasi kosmetik. Beberapa minyak nabati yang sering dimanfaatkan yaitu minyak sawit, minyak zaitun, dan minyak jagung (8). Minyak jagung merupakan trigliserida yang terdiri dari campuran gliserin dan asam lemak. Kandungan minyak jagung terdiri dari trigliserida sebesar 98,6%, sisanya terdiri dari zat tidak berminyak seperti abu, air, pewarna, dan lilin. Asam lemak penyusun minyak jagung adalah asam lemak jenuh dan tak jenuh (9).

Kegunaan jagung dan minyak jagung dalam industri seperti resin, bahan bakar, pelumas, industri obat-obatan, industri plastik dan juga digunakan dalam sintesis sabun, pernis, cat dan linoleum (10). Minyak jagung juga digunakan untuk pencegahan penyakit jantung koroner dan pencegah penuaan dini, kanker, asma dan diabetes (11,12).

KOMPOSISI MINYAK JAGUNG

Triasilgliserol, terdiri dari gliserol dan ester asam lemak, adalah komponen kimia yang membentuk minyak dan lemak alami. Lipid minoritas, seperti diasilgliserol, monoasilgliserol, asam lemak bebas (FFA), fosfolipid, glikolipid, pigmen, tokoferol, lilin, dan sterol, mungkin ada dan larut dalam matriks triasilgliserol, terutama dalam minyak mentah. Minyak jagung mengandung 1,3%–2,3% bahan yang tidak dapat disabunkan, terutama terdiri dari fitosterol, tokoferol, tokotrienol, dan squalene (13).

Asam Lemak pada Minyak Jagung

Salah satu hal yang dapat memengaruhi kualitas minyak nabati adalah jumlah asam lemak bebas yang dikandungnya. Banyaknya asam lemak bebas pada minyak dilihat dari angka asam. Indeks asam yang tinggi menunjukkan peningkatan konsentrasi asam lemak bebas minyak nabati, ini menandakan penurunan mutu minyak (14). Komposisi asam lemak minyak jagung terdiri dari 40-68% asam linoleat, 20-32% asam oleat, dan 8-14% asam lemak jenuh, terutama asam palmitat (15). Minyak jagung memiliki konsentrasi asam lemak yang tinggi. Diantaranya adalah *polyunsaturated fatty acid* (PUFA) jenis asam linoleat (54 hingga 60%). Asam lemak lain yang ditemukan pada minyak jagung termasuk asam oleat (25-31%) dan asam palmitat (11-13%) (16).

Triasilgliserol pada Minyak Jagung

Triasilgliserol (TAG) tersusun dari tulang punggung gliserol yang mengandung tiga asam lemak teresterifikasi (17). Triasilgliserol, yang 59% di antaranya merupakan asam lemak tak jenuh ganda (PUFA), 24% asam lemak tak jenuh tunggal, dan 13% asam lemak jenuh (SFA), membentuk 99% minyak jagung. Dengan sejumlah kecil asam linolenat (C18: 3n-3), asam linoleat (C18: 2n-6) membentuk sebagian besar PUFA (18).

Fosfolipid pada Minyak Jagung

Fosfolipid adalah kelas lipid yang penting dalam struktur dan fungsi semua membran biologis (19). Fosfolipid adalah lipid polar yang terdiri dari komponen utama berupa fosfatidilkolin, fosfatidiletanolamin, fosfatidilinositol dan asam fosfatidat (20). Fosfolipid memiliki beragam aplikasi pada makanan dan nonmakanan, terutama sebagai pengemulsi tidak beracun yang dapat terbiodegradasi, pelumas industri, dan suplemen nutrisi (21).

Fitosterol pada Minyak Jagung

Fitosterol, yang meliputi sterol dan stanol, merupakan senyawa steroid yang terdapat pada tumbuhan dan mirip dengan kolesterol tetapi hanya bervariasi dalam rantai samping karbon atau ada tidaknya ikatan rangkap, dan dapat menurunkan kadar kolesterol darah. Fitosterol dianggap sebagai kolesterol tumbuhan, karena mereka adalah senyawa lipid yang berasal dari tumbuhan yang struktur dan fungsinya mirip seperti kolesterol (22). Minyak jagung mentah mengandung sekitar 850 mg fitosterol/100 g, sedangkan minyak yang disuling secara kimia sekitar 730 mg/100 g (23).

Karotenoid pada Minyak Jagung

Di antara fitokimia, Karotenoid mempunyai posisi penting. Karotenoid adalah yang paling tersebar luas dan juga mendapat perhatian besar karena peran provitamin dan antioksidannya (24). Struktur karotenoid terdiri senyawa poliena isoprenoid yang tersusun dari 8 unit isoprena C5. Sebanyak lebih dari 750 jenis karotenoid yang ditemukan di alam (25). Karotenoid memberikan warna kuning, oranye dan merah untuk makanan. Karotenoid hadir dalam banyak variasi, termasuk α -karoten, β -karoten, astaxanthin, likopen, lutein, zeaxanthin, β -cryptoxanthin dan fucoxanthin (26).

Tokoferol dan Tokotrienol pada Minyak Jagung

Di alam, vitamin E terdiri dari empat tokoferol (α -, β -, γ -, dan δ tokoferol) dan empat tokotrienol (α -, β -, γ -, dan δ -tokotrienol), ditentukan oleh angka dan posisi gugus metil ($-\text{CH}_3$) yang ada pada cincin kromanol. Tokoferol dan tokotrienol bersifat kolektif disebut sebagai tokokromanol atau tokol (27). Pencernaan tokoferol dan tokotrienol mirip dengan lipid, menyebabkan emulsifikasi dan agregasi menjadi misel campuran. Senyawa tersebut kemudian diserap oleh enterosit dan diangkut terutama ke usus proksimal. Konsentrasi tokoferol alfa dan gamma dalam minyak jagung adalah 143,0 mg/kg (28).

Squalene pada Minyak Jagung

Kandungan squalene pada minyak jagung adalah rata-rata sebesar 256,84 mg/100 g (29). Meskipun kandungan squalene yang ditemukan pada beberapa minyak nabati bervariasi, belum ada penyelidikan rinci mengenai faktor-faktor yang mempengaruhi jumlah squalene dalam minyak nabati (30).

MACAM – MACAM PELARUT EKSTRAKSI

Senyawa yang disebut pelarut digunakan dalam proses ekstraksi untuk menarik senyawa tertentu dari suatu zat. Salah satu elemen kimia eksternal yang memengaruhi kualitas ekstrak adalah pelarut. Berikut adalah berbagai macam jenis pelarut yang biasa digunakan dalam industri. Berikut adalah beberapa pelarut yang biasa digunakan dalam industri.

Tabel 1. Berbagai Macam Jenis Pelarut

No.	Pelarut		Sumber
1	n – Heksana	Heksana sering dipakai dalam ekstraksi minyak karena mudahnya memperoleh minyak, rentang titik didih yang sempit (antara 63 hingga 69 °C), serta kemampuannya dalam larut sangat baik. Etanol tidak berbahaya dan memiliki titik didih yang rendah. Keamanan operasionalnya yang baik dan toksisitasnya yang rendah. Selain itu, pelarut alternatif ini dapat diperoleh dari sumber terbarukan.	(31)(32)
2	Etanol		(33,34)
3	Etil Asetat	Pelarut etil asetat dapat terurai secara hayati dan memiliki tingkat toksisitas yang rendah.	(35)

Sifat pelarut yang cocok untuk mengekstraksi minyak dari biji sangat beragam. Meskipun beberapa penulis berpendapat bahwa pelarut ideal mungkin tidak ada, industri terus mencari pelarut yang lebih baik. Data hasil rendemen ekstraksi biji jagung dapat dilihat dalam Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Rendemen Ekstrak Biji Jagung

No	Pelarut	Rendemen %	Sumber
1	Etanol	31,50	(36)
2	N-heksana	24,87	(37)
3	Etil Asetat	10	(38)

Berdasarkan data hasil rendemen ekstrak biji jagung pada Tabel 2. Dapat disimpulkan bahwa rendemen tertinggi dihasilkan oleh pelarut etanol sebesar 31,50%. Ekstraksi dengan pelarut yang berbeda polaritasnya akan menghasilkan ekstrak yang berbeda polaritasnya tergantung polaritas masing-masing ekstrak (39). Dimana polaritas pelarut berkaitan dengan kemampuan pelarut dalam mengikat molekul zat tertentu. Pelarut yang paling menjanjikan untuk ekstraksi minyak adalah pelarut polar. Karena keamanannya yang lebih tinggi dan kemungkinan regulasi yang lebih rendah, alkohol rantai pendek, terutama etanol, telah disarankan sebagai pelarut ekstraksi pengganti di antara pelarut polar (40). Karakter etanol yang aman dan ramah lingkungan merekomendasikannya untuk aplikasi dalam farmasi dan kosmetik (41).

Metode Ekstraksi Minyak Jagung

Metode ekstraksi pelarut didasarkan pada afinitas pelarut-zat terlarut yang memerlukan berbagai jenis interaksi untuk mencapai hasil ekstraksi yang tinggi (42). Metode refluks adalah teknik ekstraksi yang dibantu dengan pemanasan. Kehadiran panas memiliki dampak yang signifikan pada ekstraksi yang menggunakan refluks, dan pelarut yang digunakan akan tetap segar karena penguapan ulang saat terendam dalam bahan (43). Sedangkan menurut (44) Ekstraksi soxhlet merupakan proses ekstraksi yang kontinyu. Pelarut murni digunakan untuk kondensasi untuk mengekstrak sampel, yang membutuhkan waktu lebih cepat dan pelarut yang lebih sedikit. Perbandingan Metode Ekstraksi dan Pelarut Minyak Jagung dapat dilihat dapat dilihat pada Tabel 3. berikut.

Dari Tabel 3 terlihat kandungan fenolik dan karotenoid tertinggi ada pada ekstrak biji jagung dengan pelarut etil asetat yang diekstraksi menggunakan metode soxhletasi. Ini terjadi karena pelarut etil asetat bersifat semi polar, yang berarti mampu melarutkan bahan polar dan non-polar. Pelarut ini tidak menahan atau menyerap atom air dari sekitarnya dan umumnya aman (48). Namun menurut penelitian (49) pelarut polar lebih penting secara farmasi karena nilai aktivitas antioksidan, sifat pereduksi, dan aktivitas penangkapan radikal bebas yang relatif lebih tinggi. Menurut prinsip *like dissolves like*, kelarutan suatu komponen dalam pelarut memiliki dampak besar pada seberapa baik komponen tersebut dapat diekstraksi oleh pelarut. Artinya, senyawa larut dalam pelarut yang polaritasnya sama. Senyawa fenolik dan flavonoid bersifat polar oleh karena itu, diperlukan pelarut polar (50). Etanol, metanol, dan air adalah pelarut polar yang umum digunakan dalam prosedur ekstraksi (51). Sedangkan pelarut non

polar yang biasa digunakan adalah n-heksana (52). Untuk senyawa non polar seperti n-heksana biasa digunakan untuk mengekstraksi senyawa – senyawa seperti karotenoid , triterpenoid dan steroid. Heksana baru-baru ini diklasifikasikan sebagai zat karsinogenik, mutagenik, dan reprotoksik di bawah peraturan REACH dan mungkin memiliki aplikasi terbatas untuk penggunaan industri di masa depan.

Tabel 3. Perbandingan Metode Ekstraksi dan Pelarut pada Ekstrak Biji Jagung

No	Metode	Pelarut	Fenolik (mg/kg)	Flavonoid (mg QE/g)	Karotenoid (mg/g)	Sumber
1	Sokhletasi	N-heksana	44,08 ± 0,14 ^a	-	15,64 ± 0,10 ^a	(45)
		Etil asetat	149,28 ± 0,58b ^b	-	76,42 ± 0,20 ^b	
		N-heksana	18,36	0,669 ± 0,054	1,433	
2	Maserasi	Etil asetat	49,5	5,269 ± 0,019	0,600	(38,46)
		Etanol	62,44	-	0,031	
		N-heksana	37,75 ± 0,02 ^b	-	2,88 ± 0,30 ^c	
3	Refluks	Etil asetat	51,83 ± 0,00 ^a	-	11,21 ± 0,20 ^b	(47)
		Etanol	54,69 ± 0,00 ^a	-	6,57 ± 0,40 ^a	

Pemanasan dan perendaman bahan membuat proses ekstraksi Sokhlet menjadi lebih baik karena perbedaan tekanan diantara bagian dalam dan luar sel akan memecah dinding dan membran sel, yang berpotensi meningkatkan keefektifannya. Akibatnya, metabolit sekunder sitoplasma larut dalam pelarut organik. Uap air mengembun menjadi tetesan dan berkumpul sekali lagi sebagai hasil dari penguapan lebih lanjut dari larutan ini dan melewati pendingin udara. Sirkulasi akan terjadi jika larutan melewati batas pori-pori tabung pada sisi soxhlet. Rahasia untuk membuat ekstrak berkualitas tinggi adalah prosedur sirkulasi yang berulang-ulang ini (53).

SIMPULAN

Ekstrak etil asetat yang dibuat dengan metode ekstraksi sokhletasi memiliki kadar fenolik dan karotenoid total tertinggi. Ini dikarenakan etil asetat adalah pelarut semi polar yang mampu melarutkan zat polar dan non-polar. Metode sokhletasi adalah metode panas yang bisa menghasilkan ekstrak lebih banyak, menggunakan lebih sedikit pelarut (efisiensi bahan), menggunakan sampel lebih cepat, menghabiskan lebih sedikit waktu, dan memastikan ekstraksi sampel yang akurat karena diulang-ulang. Ekstrak diekstraksi dengan sempurna sebagai hasil dari proses yang lama. Selain itu, pemanasan tidak menghilangkan aktivitas biologis. Pemilihan metode ekstraksi sokhletasi dengan pelarut etil asetat dapat menjadi alternatif yang baik untuk menghasilkan minyak jagung dengan kandungan fitokimia tertinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis ingin berterimakasih kepada saudara Muhammad Arif Lukman Hakim atas kontribusi berharga anda dalam memberikan saran dan masukan untuk artikel review ini. Kritik dan saran anda sangat bermanfaat untuk membuat karya ini menjadi lebih baik. Penulis sangat menghargai masukan dan sudut pandang anda yang penuh wawasan, yang juga telah meningkatkan kualitas artikel ini.

KONFLIK KEPENTINGAN

Dalam proses review artikel ini, saya menyatakan bahwa saya tidak memiliki kepentingan apapun yang dapat mempengaruhi pendapat saya atau menghalangi saya untuk memberikan saran yang baik. Saya tidak memiliki hubungan keuangan, profesional, atau pribadi dengan penulis atau pihak lain yang terkait, yang dapat mencemari penilaian saya ketika mengevaluasi karya ini. Dalam peran saya sebagai peninjau, saya berjanji untuk memberikan penilaian yang tidak memihak, adil, dan tidak memihak yang hanya didasarkan pada manfaat ilmiah artikel dan tidak terpengaruh oleh kepentingan saya atau pihak ketiga.

REFERENSI

1. Bantacut T, Akbar MT, Firdaus YR. Pengembangan Jagung untuk Ketahanan Pangan, Industri dan Ekonomi. *J Pangan*. 2015;24(2):135–48.
2. Fitria. Pertumbuhan dan Produksi Jagung (*Zea mays*, L) Pada Berbagai Pengelolaan Gulma di Kabupaten Simalunggun Provinsi Sumatera Utara. *J Pertan Trop*. 2018;5(2):284–9.
3. Wulandari YA, Sularno S, Junaidi J. Pengaruh Varietas Dan Sistem Budidaya Terhadap Pertumbuhan, Produksi, Dan Kandungan Gizi Jagung (*Zea Mays* L.). *J Agrosains dan Teknol*. 2016;1(1):20–30.
4. Wangi AD, Adriansyah D. Analisis Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Produktivitas Jagung Pipil Di Desa Kelubir Kecamatan Tanjung Palas Utara. *J Ilmu Pertan Kaltara*. 2023;1(1):6–13.
5. Pasta I, Ette A, Barus HN. Tanggap Pertumbuhan Dan Hasil Tanaman Jagung Manis (*Zea Mays* L. *Saccharata*) Pada Aplikasi Berbagai Pupuk Organik. *J Agrotekbis*. 2015;3(2):168–77.
6. Amin NS. Efisiensi Pemasaran Jagung Bisi-18 (*Zea Mays*) Di Desa Keang Kecamatan Kalukku Kabupaten Mamuju. *AgriMu*. 2022;2(2).
7. Siyuan S, Tong L, Liu RH. Corn phytochemicals and their health benefits. *Food Sci Hum Wellness*. 2018;7(3):185–95. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.fshw.2018.09.003>
8. Nde DB, Anuanwen CF. Optimization methods for the extraction of vegetable oils: A review. *Processes*. 2020;8(2).
9. Andrianda G, Sunadi, Widyasaputra R. Karakteristik Campuran Minyak Sawit Merah dengan Minyak Jagung sebagai Bahan Baku Label Indikator Suhu-Waktu. *Agroforetech*. 2023;1(4):2257–72.

10. Kazerooni EG, Sharif A, Nawaz H, Rehman R, Nisar S. Maize (Corn)-A useful source of human nutrition and health: a critical review. *Int J Chem Biochem Sci.* 2019;15:35–41.
11. Sidabutar ED, Nur Faniudin M, Said M. Pengaruh Rasio Reaktan Dan Jumlah Katalis Terhadap Konversi Minyak Jagung Menjadi Metil Ester. *J Tek Kim No 1.* 2018;19(1):40–9.
12. Dwiputra D. Minyak Jagung Alternatif Pengganti Minyak yang Sehat. *J Apl Teknol Pangan.* 2015;04(02).
13. Barrera-Arellano D, Badan-Ribeiro AP, Serna-Saldivar SO. Corn oil: Composition, processing, and utilization. 3rd ed. *Corn: Chemistry and Technology*, 3rd Edition. Elsevier Inc.; 2018. 593–613 p. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-811971-6.00021-8>
14. Densi Selpia Sopianti, Herlina HTS. Penetapan Kadar Asam Lemak Bebas Pada Minyak Goreng. *J Katalisator.* 2017;2(2):100–5.
15. Carrillo W, Carpio C, Morales D, Vilcacundo E, Álvarez M, Silva M. Content of fatty acids in corn (*Zea mays* L.) oil from Ecuador. *Asian J Pharm Clin Res.* 2017;10(8):150–3.
16. Firdausi KN Al, Sugiyanta, Wulandari P. Perbandingan Efektivitas Minyak Jagung (*Zea mays*) dengan Minyak Kelapa Murni (*Cocos nucifera* L.) terhadap Penurunan Kadar Glukosa Darah Tikus Wistar yang Diinjeksi Alloxane. *J Agromedicine Med Sci.* 2017;3(3):50–4.
17. Lu J, Xu Y, Wang J, Singer SD, Chen G. The role of triacylglycerol in plant stress response. *Plants.* 2020;9(4).
18. Naz S, Siddiqi R, Asad Sayeed S. Effect of flavonoids on the oxidative stability of corn oil during deep frying. *Int J Food Sci Technol.* 2008;43(10):1850–4.
19. Giacometti J, Tomljanovic AB, Milin C, Cuk M, Stasic BR. Olive and Corn Oil Enriched Diets Changed the Phospholipid Fatty Acid Composition in Mice Liver after One-Thirds Hepatectomy. *Food Nutr Sci.* 2012;03(02):240–8.
20. Estiasih T. Adsorpsi Kompetitif Fosfolipid Pada Permukaan Globula Minyak Dalam Sistem Emulsi Yang Distabilisasi Kaseinat. *J Teknol Pertan.* 2012;13(1):16–26.
21. Hamama AA, Bhardwaj HL. Phytosterols, triterpene alcohols, and phospholipids. *JAOCS, J Am Oil Chem Soc.* 2004;81(11):1039–44.
22. John Ogbe R, Ogbe RJ, Ochalefu DO, Mafulul SG, Olaniru OB. A Review of Dietary Phytosterols: Their occurrences, metabolism and health benefits. A review on dietary phytosterols: Their occurrence, metabolism and health benefits. *Pelagia Res Libr Asian J Plant Sci Res.* 2015;5(4):10–21.
23. Guderjan M, Töpfl S, Angersbach A, Knorr D. Impact of pulsed electric field treatment on the recovery and quality of plant oils. *J Food Eng.* 2005;67(3):281–7.
24. Zakynthinos G, Varzakas T. Carotenoids: From plants to food industry. *Curr Res Nutr Food Sci.* 2016;4(SpecialIssue1):38–51.
25. Merdekawati W, Karwur FF, Susanto AB. Karotenoid Pada Algae: Kajian Tentang

- Biosintesis, Distribusi Serta Fungsi Karotenoid. *Bioma*. 2017;13(1):23–32.
26. Maleta HS, Indrawati R, Limantara L, Brotosudarmo THP. Ragam Metode Ekstraksi Karotenoid dari Sumber Tumbuhan dalam Dekade Terakhir (Telaah Literatur). *J Rekayasa Kim Lingkung*. 2018;13(1):40–50.
 27. Saini RK, Keum YS. Tocopherols and tocotrienols in plants and their products: A review on methods of extraction, chromatographic separation, and detection. *Food Res Int*. 2016;82:59–70. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodres.2016.01.025>
 28. Câmara Grilo E, Costa PN, Santos C, Gurgel S, Fernanda De Lima Beserra A, Niéce De Souza Almeida F, et al. Alpha-tocopherol and gamma-tocopherol concentration in vegetable oils. *Food Sci Technol*. 2014;34(2):379–85.
 29. Yuan C, Xie Y, Jin R, Ren L, Zhou L, Zhu M, et al. Simultaneous Analysis of Tocopherols, Phytosterols, and Squalene in Vegetable Oils by High-Performance Liquid Chromatography. *Food Anal Methods*. 2017;10(11):3716–22.
 30. Nergiz C, Çelikkale D. The effect of consecutive steps of refining on squalene content of vegetable oils. *J Food Sci Technol*. 2011;48(3):382–5.
 31. Kumar SPJ, Prasad SR, Banerjee R, Agarwal DK, Kulkarni KS, Ramesh K V. Green solvents and technologies for oil extraction from oilseeds. *Chem Cent J*. 2017;11(1):1–7.
 32. Lavenburg VM, Rosentrater KA, Jung S. Extraction methods of oils and phytochemicals from seeds and their environmental and economic impacts. *Processes*. 2021;9(10):1–14.
 33. Toda TA, Sawada MM, Rodrigues CEC. Kinetics of soybean oil extraction using ethanol as solvent: Experimental data and modeling. *Food Bioprod Process [Internet]*. 2016;98:1–10. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.fbp.2015.12.003>
 34. Hastuti D, Rohadi R, Putri AS. RASIO n-Heksana-Etanol Terhadap Karakteristik Fisik Dan Kimia Oleoresin Ampas Jahe (*Zingiber majus* Rumph) Varietas Emprit. *J Teknol Pangan dan Has Pertan*. 2018;13(1):41.
 35. Piotrowski W, Kubica R. Integration of the process for production of ethyl acetate by an enhanced extraction process. *Processes*. 2021;9(8).
 36. Kenanga SG. Pemanfaatan Ekstrak Jagung (*Zea mays*) di Kabupaten Grobogan dalam Bentuk Sediaan Gel Sebagai Pelindung dari Sinar UVB. *J Ilmu Kefarmasian*. 2023;4(1):122–8.
 37. Indarto C, Maflahah I, Fakhry M, Sugiharto D. Characteristics of Madura Local Variety Corn Oil Karakteristik Minyak Jagung Varietas Lokal Madura. *Karakteristik Minyak Jagung* 2023;11(1):147–57.
 38. Sembiring E, Sangi MS, Suryanto E. Aktivitas Antioksidan Ekstrak Dan Fraksi Dari Biji Jagung (*Zea mays* L.). *Chem Prog*. 2016;9(1):14–20.
 39. Leksono WB, Pramesti R, Santosa GW, Setyati WA. Jenis Pelarut Metanol Dan N-Heksana Terhadap Aktivitas Antioksidan Ekstrak Rumput Laut *Gelidium* sp. Dari Pantai Drini Gunungkidul – Yogyakarta. *J Kelaut Trop*. 2018;21(1):9.
 40. Tir R, Dutta PC, Badjah-Hadj-Ahmed AY. Effect of the extraction solvent polarity on the sesame seeds oil composition. *Eur J Lipid Sci Technol*. 2012;114(12):1427–38.

41. Moldovan ML, Iurian S, Puscas C, Silaghi-Dumitrescu R, Hanganu D, Bogdan C, et al. A design of experiments strategy to enhance the recovery of polyphenolic compounds from *Vitis vinifera* by-products through heat reflux extraction. *Biomolecules*. 2019;9(10):1–18.
42. Escorsim AM, da Rocha G, Vargas JVC, Mariano AB, Ramos LP, Corazza ML, et al. Extraction of *Acutodesmus obliquus* lipids using a mixture of ethanol and hexane as solvent. *Biomass and Bioenergy*. 2018;108(January):470–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biombioe.2017.10.035>
43. Lamadjido SR, Umrah U, Jamaluddin J. Formulasi dan Analisis Nilai Gizi Bakso Kotak dari Jamur Tiram Putih (*Pleurotus Ostreatus*). *J Farm Galen (Galenika J Pharmacy)*. 2019;5(2):166–74.
44. Mukhriani. Ekstraksi, Pemisahan Senyawa, Dan Identifikasi Senyawa Aktif. *J Kesehat*. 2014;7(2):361–7.
45. Budiarto FS, Suryanto E, Yudishtira A. Ekstraksi Dan Aktivitas Antioksidan Dari Biji Jagung Manado Kuning (*Zea mays* L.). *Pharmacon* . 2017;6(3):302–9.
46. Faidah N, Febrina D, Prabandari R, Silvia A. Uji Aktivitas Antioksidan Fraksi Air, N-Heksan Dan Etil Asetat Ekstrak Etanol Biji Jagung Ungu (*Zea mays* var *Ceratina Kulesh*). *J Ilm Farm Terap Kesehat* •. 2024;2(1):28–43.
47. Landeng PJ, Suryanto E, Momuat LI. Komposisi proksimat dan potensi antioskidan dari biji jagung Manado kuning (*Zea Mays* L.). *Chem Prog*. 2017;10(1):33–9.
48. Fitri M, Mayani N, Erida G. Uji Aktivitas Bioherbisida Ekstrak Metanol Teki (*Cyperus rotundus* L.) Terhadap Pertumbuhan Bayam Duri (*Amaranthus spinosus* L.). *J Ilm Mhs Pertan*. 2022;7(4):62–71.
49. Nawaz H, Shad MA, Rehman N, Andaleeb H, Ullah N. Effect of solvent polarity on extraction yield and antioxidant properties of phytochemicals from bean (*Phaseolus vulgaris*) seeds. *Brazilian J Pharm Sci*. 2020;56.
50. Verdiana M, Widarta IWR, Permana IDGM. Pengaruh Jenis Pelarut Pada Ekstraksi Menggunakan Gelombang Ultrasonik Terhadap Aktivitas Antioksidan Ekstrak Kulit Buah Lemon (*Citrus limon* (Linn.) Burm F.). *J Ilmu dan Teknol Pangan*. 2018;7(4):213.
51. Sari M, Ulfa RN, Marpaung MP, Purnama. Penentuan Aktivitas Antioksidan dan Kandungan Flavonoid Total Ekstrak Daun Papasan (*Coccinia grandis* L.) Berdasarkan Perbedaan Pelarut Polar. *KOVALEN J Ris Kim*. 2021;7(1):30–41.
52. Malekzadeh M, Abedini Najafabadi H, Hakim M, Feilizadeh M, Vossoughi M, Rashtchian D. Experimental study and thermodynamic modeling for determining the effect of non-polar solvent (hexane)/polar solvent (methanol) ratio and moisture content on the lipid extraction efficiency from *Chlorella vulgaris*. *Bioresour Technol* [Internet]. 2016;201:304–11. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2015.11.066>
53. Candra LMM, Andayani Y, Wirasisya DG. Pengaruh Metode Ekstraksi Terhadap Kandungan Fenolik Total dan Flavonoid Total Pada Ekstrak Etanol Buncis (*Phaseolus vulgaris* L.). *J Pijar Mipa*. 2021;16(3):397–405.