

## **EKSTRAKSI SENYAWA FLAVONOID PADA DAUN SIRSAK (*ANNONA MURICATA* LINN) DENGAN MENGGUNAKAN METODE *MICROWAVE ASSISTED EXTRACTION* (MAE)**

**Achmad Qodim Syaffaatullah<sup>a</sup>, Dwi Setyorini<sup>a,\*</sup>, Muh.Nova Satria<sup>a</sup>, Renova Panjaitan<sup>b</sup>,  
Yeni Variyana<sup>c</sup>**

<sup>a</sup>Program Studi Teknik Kimia Mineral, Politeknik ATI Makassar  
Jl. Sunu No. 220 Makassar, Kota Makassar, 90211, Indonesia

<sup>b</sup>Program Studi Teknik Kimia, Universitas Pembangunan Nasional Veteran Jawa Timur  
Jalan Rungkut Madya No. 1, Gunung Anyar, Surabaya, 60294, Indonesia

<sup>c</sup>Program Studi Teknologi Rekayasa Kimia Industri, Politeknik Negeri Lampung  
Jalan Soekarno Hatta No. 10, Rajabasa Raya, Rajabasa, Bandar Lampung, Lampung, 35141, Indonesia

\*E-mail: dwi@atim.ac.id

Masuk Tanggal: 29 Oktober, revisi tanggal: 13 November, diterima untuk diterbitkan tanggal: 20 Desember 2025

### **Abstrak**

Daun sirsak (*Annona muricata* L.) diketahui mengandung senyawa fitokimia, terutama flavonoid, yang berpotensi sebagai antioksidan dan anti kanker. Senyawa flavonoid dapat diperoleh melalui proses pemisahan seperti ekstraksi dengan memanfaatkan gelombang mikro yang mampu mempercepat proses ekstraksi. Penelitian ini bertujuan menentukan kondisi optimum ekstraksi flavonoid dari daun sirsak menggunakan metode *microwave-assisted extraction* (MAE). Proses ekstraksi dilakukan pada daya 264 W dan 440 W dengan variasi waktu 30, 45, 60, 75, dan 90 menit. Hasil ekstraksi dianalisis berdasarkan rendemen, kadar flavonoid total, dan identifikasi gugus fungsi melalui FTIR. Kondisi optimum nilai rendemen diperoleh pada daya 440 W selama 30 menit dengan rendemen 20,35 %, sedangkan kadar flavonoid tertinggi mencapai 303,642 ppm pada daya 440 W selama 90 menit. Analisis FTIR menunjukkan adanya pita serapan pada 300–3200 cm<sup>-1</sup> yang mengindikasikan gugus hidroksil (–OH) khas senyawa flavonoid.

**Kata Kunci:** Daun sirsak, Flavonoid, *Microwave-assisted extraction*

### **Abstract**

Soursop leaves (*Annona muricata* L.) are known to contain phytochemical compounds, particularly flavonoids, which possess antioxidant and anticancer potential. Flavonoid compounds can be obtained through separation processes such as extraction using microwave energy, which accelerates the extraction process. This study aims to determine the optimum conditions for extracting flavonoids from soursop leaves using the *microwave-assisted extraction* (MAE) method. The extraction was carried out at microwave powers of 264 W and 440 W with extraction times of 30, 45, 60, 75, and 90 minutes. The extracts were analyzed for yield, total flavonoid content, and functional group identification using FTIR. The optimum condition was achieved at 440 W for 30 minutes with a yield of 20.35%, while the highest flavonoid concentration reached 303.642 ppm at 440 W for 90 minutes. FTIR analysis showed absorption bands at 3600–3200 cm<sup>-1</sup>, indicating the presence of hydroxyl (–OH) groups characteristic of flavonoid compounds.

**Keywords:** Soursop leaves, Flavonoid, *Microwave-assisted extraction*

## **1. PENDAHULUAN**

Daun sirsak (*Annona muricata* Linn.) merupakan tanaman obat tropis yang memiliki

potensi farmakologis tinggi. Sejumlah penelitian melaporkan bahwa daun ini mengandung berbagai senyawa bioaktif, seperti flavonoid, asetogenin,

alkaloid, tanin, terpenoid, dan saponin, yang berperan dalam aktivitas biologisnya, terutama sebagai antioksidan, anti kanker, dan anti inflamasi [1], [2], [3]. Di antara komponen bioaktif tersebut, flavonoid memiliki peranan penting karena mampu menghambat pembentukan radikal bebas, menjaga stabilitas membran sel, serta memperkuat sistem imun tubuh [4].

Potensi daun sirsak sebagai sumber alami flavonoid menuntut pengembangan metode ekstraksi yang efisien guna memperoleh senyawa tersebut dalam konsentrasi tinggi tanpa menyebabkan degradasi struktur kimianya. Metode konvensional seperti maserasi dan sokletasi mudah diterapkan, namun memiliki keterbatasan berupa waktu proses yang lama, kebutuhan pelarut yang besar, serta risiko kerusakan termal terhadap senyawa yang sensitif [5], [6]. Oleh karena itu, pendekatan modern seperti *microwave-assisted extraction* (MAE) menjadi alternatif yang semakin banyak digunakan karena mampu mempercepat difusi pelarut ke dalam matriks tanaman melalui mekanisme pemanasan volumetrik yang merata dan efisien [7].

Metode MAE bekerja berdasarkan interaksi gelombang mikro dengan molekul polar pada pelarut dan matriks tanaman, yang menyebabkan peningkatan suhu dan tekanan internal secara simultan. Pemanasan volumetrik ini menghasilkan ruptur dinding sel sehingga mempercepat pelepasan senyawa bioaktif, termasuk flavonoid, ke dalam pelarut [8]. Dibandingkan metode konvensional seperti maserasi dan refluks, MAE mampu mengurangi waktu ekstraksi hingga 80% serta meningkatkan rendemen dan kemurnian senyawa target [9], [10]. Selain efisien, teknik ini juga tergolong ramah lingkungan karena menggunakan volume pelarut yang lebih sedikit dan memanfaatkan energi secara lebih efektif [7].

Parameter operasi seperti daya mikrowave dan waktu ekstraksi berpengaruh signifikan terhadap hasil ekstraksi [11]. Pada metode MAE, lama paparan gelombang mikro menentukan tingkat penetrasi energi ke dalam matriks daun, yang berdampak langsung terhadap disrupsi dinding sel dan difusi pelarut [12], [13]. Waktu ekstraksi yang terlalu singkat dapat menyebabkan pelepasan senyawa flavonoid belum maksimal, sedangkan durasi yang terlalu lama berpotensi menyebabkan degradasi termal dan oksidatif pada senyawa yang sensitif terhadap panas, seperti quercetin dan kaempferol [14]. Oleh karena itu, penentuan waktu ekstraksi yang optimum menjadi faktor penting untuk memperoleh rendemen dan kadar flavonoid tertinggi tanpa menurunkan stabilitas kimia senyawa tersebut.

Selain durasi proses, daya mikrowave juga merupakan variabel penting yang berpengaruh terhadap efisiensi ekstraksi senyawa flavonoid. Peningkatan daya mikrowave dapat mempercepat pemanasan pelarut dan jaringan tanaman, sehingga memperbesar gradien suhu dan tekanan internal yang memfasilitasi pelepasan senyawa aktif ke dalam medium ekstraksi [15]. Namun, penggunaan daya yang terlalu tinggi berpotensi menimbulkan degradasi struktural pada senyawa fenolik akibat paparan panas berlebih. Oleh karena itu, hubungan antara daya mikrowave dan waktu ekstraksi harus dioptimalkan secara simultan untuk memperoleh kondisi operasi yang menghasilkan rendemen dan kadar flavonoid maksimum dengan tetap mempertahankan stabilitas kimiawi senyawa [16].

Pendekatan ini sejalan dengan konsep *green extraction*, yang menekankan efisiensi energi, pengurangan volume pelarut, serta perlindungan terhadap senyawa termolabil [17]. Dengan mengombinasikan pengaturan daya mikrowave dan lama ekstraksi secara tepat, metode MAE diharapkan mampu menjadi alternatif unggul dalam isolasi senyawa flavonoid dari daun sirsak dibandingkan metode konvensional, baik dari segi efisiensi waktu maupun kualitas ekstrak yang dihasilkan.

Meskipun studi mengenai kandungan flavonoid daun sirsak telah banyak dilakukan, sebagian besar masih menggunakan metode konvensional tanpa mempertimbangkan efektivitas energi maupun kestabilan senyawa selama proses ekstraksi [18]. Hingga saat ini, belum banyak laporan yang secara sistematis mengevaluasi efisiensi dan selektivitas metode MAE dalam mengekstraksi flavonoid dari *Annona muricata* L. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi dan mengoptimalkan proses ekstraksi senyawa flavonoid dari daun sirsak menggunakan MAE dengan tujuan memperoleh rendemen dan kadar flavonoid total tertinggi.

## 2. PROSEDUR PERCOBAAN

Penelitian ini dilakukan melalui 2 tahapan proses, yaitu *microwave-assisted extraction* (MAE) dan destilasi.

### 2.1. *Microwave-Assisted Extraction* (MAE)

Daun sirsak (*Annona muricata* L.) yang digunakan sebagai bahan penelitian terlebih dahulu dicuci dengan air bersih untuk menghilangkan kotoran dan debu yang menempel. Selanjutnya, daun dikeringkan secara parsial kemudian mengalami proses *size reduction* menggunakan blender hingga diperoleh ukuran

partikel seragam. Sampel daun yang telah dihaluskan kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 60 °C selama 24 jam untuk mengurangi kadar air dan mencegah degradasi senyawa bioaktif.

Proses ekstraksi dilakukan menggunakan metode MAE. Sebanyak 5 g serbuk daun sirsak dicampurkan dengan 100 mL etanol 96% (rasio 1:20 b/v) di dalam labu leher tiga. Labu tersebut kemudian ditempatkan dalam oven gelombang mikro dan dihubungkan dengan kondensor refluks. Salah satu leher labu dipasang *thermocouple* untuk memantau suhu proses agar tetap konstan pada 80 °C, sedangkan leher lainnya ditutup menggunakan sumbat karet guna mencegah penguapan pelarut ke udara bebas.

Ekstraksi dilakukan pada dua variasi daya, yaitu 264 W dan 440 W, dengan variasi waktu 30, 45, 60, 75, dan 90 menit. Setelah proses selesai, campuran disaring dan filtrat yang diperoleh dikumpulkan untuk di destilasi.

## 2.2. Proses destilasi

Proses pemisahan pelarut dari ekstrak dilakukan menggunakan metode destilasi sederhana (*simple distillation*). Proses ini bertujuan memperoleh pelarut yang dapat digunakan kembali sekaligus memekatkan fraksi ekstrak untuk analisis lanjutan [19]. Sampel berupa campuran etanol 96% dan ekstrak senyawa bioaktif daun sirsak dimasukkan ke dalam labu destilasi berleher tiga sebagai wadah pemanas utama. Rangkaian alat terdiri atas labu destilasi yang dihubungkan dengan kondensor Liebig sebagai pendingin uap, termometer untuk memantau suhu, dan labu penampung distilat sebagai wadah hasil kondensasi. Sistem pemanas menggunakan *hot plate* dengan pengatur suhu terintegrasi, sedangkan kondensor dihubungkan dengan aliran air masuk dan keluar untuk menjaga proses pendinginan berlangsung optimal.

Pemanasan dilakukan secara bertahap hingga suhu mencapai 70 °C dan dijaga konstan sepanjang proses. Pada suhu tersebut, etanol mulai menguap dan melewati kondensor untuk selanjutnya dikondensasikan menjadi distilat. Hasil destilasi berupa etanol murni ditampung dalam wadah penampung, sedangkan residu yang tersisa di dalam labu destilasi merupakan ekstrak pekat yang mengandung senyawa bioaktif, terutama flavonoid.

## 2.3 Penentuan nilai rendemen dan kadar flavonoid

Senyawa bioaktif yang telah melalui proses destilasi dapat dianalisa nilai rendemennya, Rendemen merujuk pada perbandingan antara

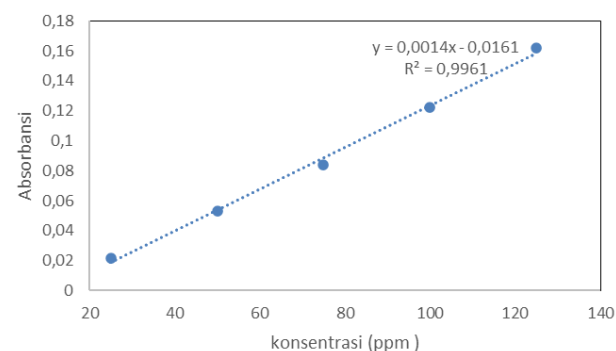
berat bahan baku dan jumlah ekstrak yang dihasilkan melalui proses ekstraksi. Perhitungan rendemen dilakukan dengan menggunakan Persamaan (1).

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{massa ekstrak}}{\text{massa sampel}} \times 100 \% \quad (1)$$

Selanjutnya, hasil ekstrak diuji dengan menggunakan spektrofotometer UV-Vis pada panjang gelombang 430 nm untuk mengetahui kadar senyawa flavonoidnya [20]. Mula – mula dibuat grafik larutan standar berupa senyawa quercetin pada beberapa konsentrasi tertentu, dengan menghubungkan plot antara absorbansi dengan konsentrasi seperti pada gambar 1. Linierisasi tersebut menghasilkan persamaan regresi linier pada Persamaan (2).

$$y = 0,0014 x - 0,0161 \quad (2)$$

dimana y adalah absorbansi dan x adalah konsentrasi



Gambar 1. Grafik standar senyawa flavonoid

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil penelitian yang dilakukan dapat diketahui nilai rendemen dari senyawa bioaktif dari ekstrak daun sirsak yang tertera pada Tabel 1.

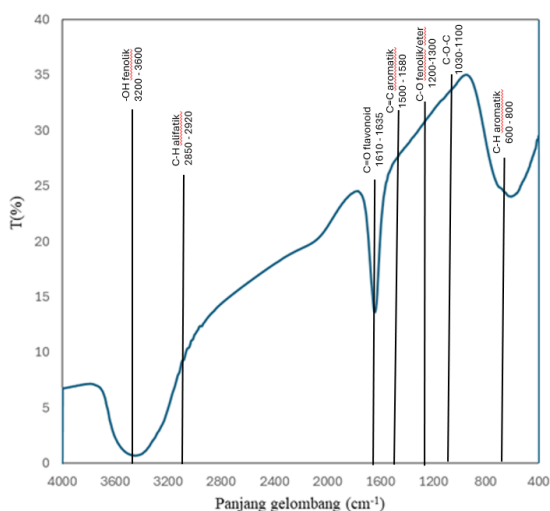
Tabel 1. Hasil analisis rendemen pada berbagai daya dan waktu

| Daya (Watt) | Waktu (menit) | Yield (%) |
|-------------|---------------|-----------|
| 264         | 30            | 17,59%    |
|             | 45            | 16,07%    |
|             | 60            | 13,84%    |
|             | 75            | 11,15%    |
|             | 90            | 10,65%    |
| 440         | 30            | 20,35%    |
|             | 45            | 18,30%    |
|             | 60            | 15,52%    |
|             | 75            | 11,32%    |
|             | 90            | 11,01%    |

Berdasarkan Tabel 1, terlihat bahwa peningkatan daya gelombang mikro berbanding lurus dengan nilai rendemen senyawa bioaktif

pada daun sirsak. Fenomena ini menunjukkan bahwa penggunaan daya mikrowave yang lebih tinggi mampu meningkatkan laju perpindahan massa dan efisiensi difusi, yang terjadi akibat terbentuknya gradien tekanan internal yang lebih besar di dalam matriks sel tanaman [21]. Energi gelombang mikro berperan penting dalam mengganggu integritas dinding sel, sehingga mempercepat pelepasan senyawa bioaktif ke dalam pelarut dan memungkinkan proses ekstraksi berlangsung secara efisien tanpa memerlukan waktu yang terlalu lama[22].

Meskipun demikian, peningkatan waktu ekstraksi menunjukkan hubungan berbanding terbalik dengan nilai rendemen senyawa bioaktif daun sirsak. Fenomena ini mengindikasikan terjadinya degradasi termal akibat paparan panas yang berkepanjangan, sehingga sebagian senyawa bioaktif mengalami kerusakan atau kehilangan kestabilan kimianya [23]. Selain itu, paparan daya gelombang mikro yang tinggi dalam durasi panjang dapat mempercepat penguapan pelarut etanol, yang selanjutnya mengurangi kemampuan medium untuk melarutkan senyawa aktif secara optimal. Akibatnya, efisiensi ekstraksi menurun meskipun energi yang diberikan semakin besar, menunjukkan bahwa keseimbangan antara daya dan waktu ekstraksi menjadi faktor kunci untuk memperoleh hasil maksimal tanpa merusak komponen bioaktif dalam sampel.



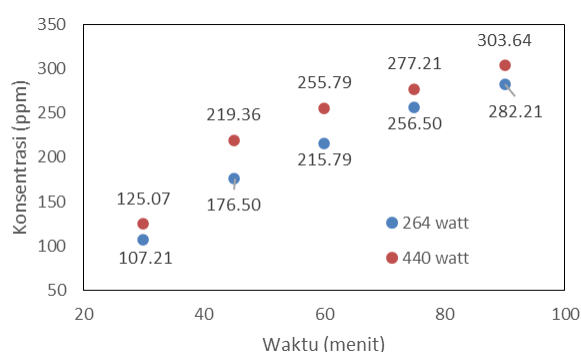
Gambar 2. Hasil Analisis FTIR senyawa flavonoid dari ekstrak daun sirsak

Gambar 2 memperlihatkan spektrum FTIR ekstrak daun sirsak yang menunjukkan keberadaan gugus fungsi khas senyawa flavonoid. Pita-pita serapan utama yang teridentifikasi pada spektrum tersebut memberikan informasi penting mengenai struktur kimia senyawa bioaktif yang terkandung dalam ekstrak. Pita serapan kuat pada daerah sekitar  $3600\text{--}3200\text{ cm}^{-1}$  mengindikasikan

adanya gugus hidroksil ( $-\text{OH}$ ), yang merupakan ciri khas senyawa fenolik, termasuk flavonoid. Keberadaan gugus  $-\text{OH}$  ini menandakan bahwa ekstrak memiliki potensi aktivitas antioksidan yang tinggi karena kemampuannya dalam mendonorkan proton untuk menetralkan radikal bebas [24].

Selanjutnya, pita serapan pada  $1635\text{--}1610\text{ cm}^{-1}$  dikaitkan dengan getaran regangan dari ikatan karbonil ( $\text{C}=\text{O}$ ), yang umumnya terdapat pada struktur flavonoid terutama pada posisi keton cincin C. Pita ini juga dapat menunjukkan keberadaan gugus karbonil pada struktur lakton atau turunan flavonol. Sementara itu, pita serapan pada kisaran  $1580\text{--}1500\text{ cm}^{-1}$  menandakan keberadaan ikatan rangkap aromatik ( $\text{C}=\text{C}$ ) yang menjadi bagian dari kerangka dasar flavonoid. Pita lain yang muncul di sekitar  $1300\text{--}1200\text{ cm}^{-1}$  dikaitkan dengan ikatan  $\text{C}-\text{O}$ , yang memperkuat keberadaan gugus fenolik. Adapun pita serapan pada  $800\text{--}600\text{ cm}^{-1}$  mengindikasikan getaran tekuk dari ikatan  $\text{C}-\text{H}$  aromatik, yang juga merupakan bagian dari struktur kompleks senyawa flavonoid [25].

Berdasarkan interpretasi spektrum tersebut, dapat disimpulkan bahwa ekstrak daun sirsak mengandung senyawa flavonoid yang ditandai oleh kehadiran gugus hidroksil, karbonil, aromatik, dan eter fenolik. Hasil ini sejalan dengan penelitian [26] yang melaporkan bahwa daun sirsak kaya akan senyawa bioaktif golongan flavonoid. Kadar flavonoid yang diperoleh dalam penelitian ini mencapai 107,21 ppm, lebih tinggi dibandingkan metode sokletasi pada suhu  $80\text{ }^{\circ}\text{C}$  selama 120 menit yang menghasilkan 98,76 ppm.



Gambar 3. Kadar senyawa flavonoid daun sirsak pada berbagai daya dan waktu

Berdasarkan gambar 3 dapat diketahui bahwa durasi ekstraksi berbanding lurus dengan senyawa flavonoid yang terekstrak. Hal ini menunjukkan bahwa durasi pemanasan yang lebih panjang memungkinkan pelarut etanol menembus dinding sel tanaman secara lebih efektif, sehingga senyawa polar seperti flavonoid dapat terlepas lebih banyak ke dalam pelarut.

Perbedaan hasil antara daya yang digunakan menunjukkan bahwa daya gelombang mikro yang lebih tinggi mempercepat proses transfer massa dan ruptur dinding sel, yang meningkatkan pelepasan senyawa aktif tanpa memerlukan waktu ekstraksi yang terlalu lama. Prinsip ini sejalan dengan karakteristik MAE, di mana pemanasan volumetrik dan interaksi dipol antara pelarut dan biomassa menghasilkan distribusi energi yang merata serta mempercepat difusi pelarut.

Meskipun demikian, kecenderungan grafik yang mulai mendatar pada waktu di atas 75 menit menunjukkan bahwa proses pelarutan mendekati titik jenuh. Pada kondisi tersebut, sebagian besar flavonoid telah terekstraksi, dan waktu ekstraksi yang lebih lama berpotensi menyebabkan degradasi termal terhadap struktur flavonoid, khususnya pada daya tinggi. Oleh karena itu, kombinasi daya 440 W dan durasi 90 menit dapat dianggap sebagai kondisi optimum yang menghasilkan konsentrasi flavonoid tertinggi tanpa degradasi berarti, sekaligus mencerminkan efisiensi energi dan efektivitas metode MAE dibandingkan teknik konvensional seperti maserasi atau refluks

#### 4. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini menunjukkan bahwa Kondisi optimum nilai rendemen diperoleh pada daya 440 W selama 30 menit dengan rendemen 20,35 %, sedangkan kadar flavonoid tertinggi mencapai 303,642 ppm pada daya 440 W selama 90 menit. Analisis FTIR menunjukkan adanya pita serapan pada 3400–3600 cm<sup>-1</sup> yang mengindikasikan gugus hidroksil (–OH) khas senyawa flavonoid.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] N. Ananda, A. F. Pulungan, H. M. Nasution, and A. S. Daulay, “Penetapan Kadar Flavonoid Total dari Fraksi Etil Asetat Daun Sirsak (*Annona muricata* L.) Dengan Metode Spektrofotometri Uv-Vis,” *Journal of Pharmaceutical and Sciences*, pp. 1775–1785, Aug. 2025, doi: 10.36490/journal-jps.com.v8i3.1023.
- [2] F. Faradiba, A. Amin, S. Sukmawati, C. A. Achmad, R. H. Ananda, D. Saputri, N. Adnin, S. Faradilla, R. A. Syarif., “Total Flavonoid Content and Antioxidant Activity of Soursop Leaves from the Three Largest Producing Areas of South Sulawesi Province, Indonesia,” *Window of Health: Jurnal Kesehatan*, pp. 400–412, Oct. 2024, doi: 10.33096/woh.v7i4.1385.
- [3] S. Ilango, D. K. Sahoo, B. Paital, K. Kathirvel, J. I. Gabriel, K. Subramaniam, P. Jayachandran, R. K. Dash, A. K. Hati, T. R. Behera, P. Mishra, R. Nirmaladevi, “A Review on *Annona muricata* and Its Anticancer Activity,” *Cancers (Basel)*, vol. 14, no. 18, p. 4539, Sep. 2022, doi: 10.3390/cancers14184539.
- [4] D. A. A. Makuasa and P. Ningsih, “The Analysis of Total Flavonoid Levels In Young Leaves and Old Soursop Leaves (*Annona muricata* L.) Using UV-Vis Spectrophotometry Methods,” *Journal of Applied Science, Engineering, Technology, and Education*, vol. 2, no. 1, pp. 11–17, May 2020, doi: 10.35877/454RI.asci2133.
- [5] S. B. Bagade and M. Patil, “Recent Advances in Microwave Assisted Extraction of Bioactive Compounds from Complex Herbal Samples: A Review,” *Crit Rev Anal Chem*, vol. 51, no. 2, pp. 138–149, Feb. 2021, doi: 10.1080/10408347.2019.1686966.
- [6] C. Bitwell, S. Sen Indra, C. Luke, and M. K. Kakoma, “A review of modern and conventional extraction techniques and their applications for extracting phytochemicals from plants,” *Sci Afr*, vol. 19, p. e01585, Mar. 2023, doi: 10.1016/j.sciaf.2023.e01585.
- [7] A. Hamid Nour, A. Ruth Oluwaseun, A. Hamid Nour, M. Suliman Omer, and N. Ahmed, “Microwave-Assisted Extraction of Bioactive Compounds (Review),” in *Microwave Heating - Electromagnetic Fields Causing Thermal and Non-Thermal Effects*, IntechOpen, 2021. doi: 10.5772/intechopen.96092.
- [8] V. Lopez-Avila, “EXTRACTION | Microwave-Assisted Extraction,” in *Encyclopedia of Separation Science*, Elsevier, 2000, pp. 1389–1398. doi: 10.1016/B0-12-226770-2/02221-3.
- [9] P. Pongmalai, S. Devahastin, N. Chiewchan, and S. Soponronnarit, “Enhancement of microwave-assisted extraction of bioactive compounds from cabbage outer leaves via the application of ultrasonic pretreatment,” *Sep Purif Technol*, vol. 144, pp. 37–45, Apr. 2015, doi: 10.1016/j.seppur.2015.02.010.
- [10] A. Halee, “Optimisation Of The Microwave-Assisted Extraction Of Natural Antioxidants From Defeated Black Rice Bran Of *Oryza Sativa* L. CV. Homnin,” *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, vol. 9, no. 6, pp. 1134–1140, Jun. 2020, doi: 10.15414/jmbfs.2020.9.6.1134-1140.
- [11] M. Milutinović, N. Radovanović, M. Ćorović, S. Šiler-Marinković, M. Rajilić-Stojanović, and S. Dimitrijević-Branković, “Optimisation of microwave-assisted extraction parameters

- for antioxidants from waste *Achillea millefolium* dust,” *Ind Crops Prod*, vol. 77, pp. 333–341, Dec. 2015, doi: 10.1016/j.indcrop.2015.09.007.
- [12] O. R. Alara, N. H. Abdurahman, and H. A. Ali, “Optimization of microwave-enhanced extraction parameters to recover phenolic compounds and antioxidants from *Corchorus olitorius* leaves,” *Chemical Papers*, vol. 77, no. 8, pp. 4217–4233, Aug. 2023, doi: 10.1007/s11696-023-02771-x.
- [13] H. López-Salazar, B. H. Camacho-Díaz, M. L. A. Ocampo, and A. R. Jiménez-Aparicio, “Microwave-assisted extraction of functional compounds from plants: A Review,” *Bioresources*, vol. 18, no. 3, Jun. 2023, doi: 10.15376/biores.18.3.Lopez-Salazar.
- [14] T. T. Huyen and L. P. T. Quoc, “Optimization of microwave-assisted extraction of phenolic compounds from ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) using response surface methodology,” *Herba Polonica*, vol. 66, no. 2, pp. 19–27, Jun. 2020, doi: 10.2478/hepo-2020-0007.
- [15] S. Sai-Ut, P. Kingwascharapong, Md. A. R. Mazumder, and S. Rawdkuen, “Optimization of microwave-assisted extraction of phenolic compounds and antioxidants from *Careya sphaerica* Roxb. flowers using response surface methodology,” *Applied Food Research*, vol. 4, no. 1, p. 100379, Jun. 2024, doi: 10.1016/j.afres.2023.100379.
- [16] S.N. Zubaedi, H. Mohd Nani, M.S. Ahmad Kamal, T. Abdul Qayyum, S. Maarof, A. Afzan, N. Mohmad Misnan, H.S. Hamezah, S.N. Baharum, A. Mediani, “*Annona muricata*: Comprehensive Review on the Ethnomedicinal, Phytochemistry, and Pharmacological Aspects Focusing on Antidiabetic Properties,” *Life*, vol. 13, no. 2, p. 353, Jan. 2023, doi: 10.3390/life13020353.
- [17] F. Chemat, M. Abert-Vian, A.S. Fabiano-Tixier, J. Strube, L. Uhlenbrock, V. Gunjevic, G. Cravotto, “Green extraction of natural products. Origins, current status, and future challenges,” *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, vol. 118, pp. 248–263, Sep. 2019, doi: 10.1016/j.trac.2019.05.037.
- [18] O. R. Alara, N. H. Abdurahman, and C. I. Ukaegbu, “Extraction of phenolic compounds: A review,” *Curr Res Food Sci*, vol. 4, pp. 200–214, 2021, doi: 10.1016/j.crfs.2021.03.011.
- [19] M. Toghraci, “Unit operations: separation—mass transfer-based,” in *A Practical Approach to Chemical Engineering for Non-Chemical Engineers*, Elsevier, 2022, pp. 391–461. doi: 10.1016/B978-0-12-823900-1.00016-3.
- [20] W. T. Wahyuni, L. K. Darusman, P. Pitria, and A. Rahmat, “Analisis Ladar Flavonoid Dan Antioksidan Ekstrak Daun Kenikir (*Cosmos Caudatus*), Rumput Mutiara (*Oldenlandia Corymbosa*), Dan Sirsak (*Annona Muricata*) Dengan Teknik Spektrometri,” *Analit: Analytical And Enviromental Chemistry*, pp. 38–46, 2018, doi: 10.23960/aec.v3.i1.2018.p38-46.
- [21] Y. A. Bhadange, J. Carpenter, and V. K. Saharan, “A Comprehensive Review on Advanced Extraction Techniques for Retrieving Bioactive Components from Natural Sources,” *ACS Omega*, vol. 9, no. 29, pp. 31274–31297, Jul. 2024, doi: 10.1021/acsomega.4c02718.
- [22] K. A. Kumar and S. Gomez, “Microwave-assisted extraction of bioactives in fruits and vegetables: a comprehensive review,” *Journal of Food Bioactives*, pp. 41–49, Dec. 2024, doi: 10.26599/JFB.2024.95028394.
- [23] R. Samanta and M. Ghosh, “Optimization of Microwave-assisted Extraction Technique for Flavonoids and Phenolics from the Leaves of *Oroxylum indicum* (L.) Kurtz Using Taguchi L9 Orthogonal Design,” *Pharmacogn Mag*, vol. 19, no. 1, pp. 97–104, Mar. 2023, doi: 10.1177/09731296221137407.
- [24] E. Giorgini, V. Notarstefano, R. Foligni, P. Carloni, and E. Damiani, “First ATR-FTIR Characterization of Black, Green and White Teas (*Camellia sinensis*) from European Tea Gardens: A PCA Analysis to Differentiate Leaves from the In-Cup Infusion,” *Foods*, vol. 13, no. 1, p. 109, Dec. 2023, doi: 10.3390/foods13010109.
- [25] X. E. Mabasa, L. M. Mathomu, N. E. Madala, E. M. Musie, and M. T. Sigidi, “Molecular Spectroscopic (FTIR and UV-Vis) and Hyphenated Chromatographic (UHPLC-qTOF-MS) Analysis and In Vitro Bioactivities of the *Momordica balsamina* Leaf Extract,” *Biochem Res Int*, vol. 2021, pp. 1–12, Sep. 2021, doi: 10.1155/2021/2854217.
- [26] F. M. B. Agiel, Abd. H. Umar, M. Ulfa, S. Mus, and I. Imrawati, “Penentuan Profil Metabolit dan Uji Aktivitas Antioksidan Pada Fraksi Daun Sawo Duren (*Chrysophyllum Cainito* L.),” *Jurnal Mandala Pharmacoin Indonesia*, vol. 10, no. 2, pp. 722–727, Dec. 2024, doi: 10.35311/jmp.v10i2.702.