

Penelitian Asli

Analisis Fitokimia Ekstrak Daun Pepaya (*Carica papaya* L.) dengan Pelarut Etanol 70%

Meta Tri Yana¹, Hendra Tarigan Sibero², Ayu Tiara Fitri³, Tri Umiana Soleha⁴

¹Program Studi Pendidikan Dokter, Fakultas Kedokteran, Universitas Lampung, Bandar Lampung

*Korespondensi: metatriyanaa16@gmail.com

Abstrak

Pendahuluan: Daun pepaya (*Carica papaya* L.) dipilih karena mudah diperoleh, telah lama dimanfaatkan sebagai tanaman obat, serta diketahui mengandung metabolit sekunder dengan aktivitas antibakteri. Dibandingkan bagian tanaman lain, daun memiliki kandungan senyawa aktif yang lebih beragam. Etanol 70% digunakan sebagai pelarut karena konsentrasi ini dinilai optimal dalam mengekstraksi senyawa polar dan semipolar tanpa menyebabkan degradasi senyawa aktif, dibandingkan etanol dengan konsentrasi lebih tinggi atau lebih rendah.

Metode: Penelitian ini menggunakan metode kualitatif dengan ekstraksi daun pepaya kering melalui maserasi menggunakan etanol 70%. Hasil ekstrak kemudian diuji secara fitokimia menggunakan pereaksi spesifik untuk mengidentifikasi golongan senyawa seperti alkaloid (Mayer dan Wagner), flavonoid (uji Mg-HCl), tanin (FeCl₃), saponin (uji busa), serta steroid dan terpenoid (Liebermann–Burchard).

Hasil: Hasil uji fitokimia secara kualitatif menunjukkan adanya alkaloid, flavonoid, saponin, tanin, dan terpenoid dalam ekstrak etanol 70% daun pepaya, sedangkan steroid tidak terdeteksi.

Pembahasan: Kandungan fitokimia tersebut berkontribusi terhadap potensi bioaktivitas daun pepaya sebagai agen antibakteri dan antioksidan, di mana aktivitas antibakteri berkaitan dengan kemampuan senyawa aktif merusak dinding dan membran sel bakteri serta mengganggu metabolisme sel, sedangkan aktivitas antioksidan berhubungan dengan kemampuan senyawa fenolik dalam menangkal radikal bebas melalui mekanisme donasi elektron atau hidrogen.

Simpulan: Ekstrak daun pepaya etanol 70% mengandung berbagai senyawa aktif yang menunjukkan potensi sebagai bahan alam untuk pengembangan obat herbal, namun pemanfaatannya lebih lanjut masih memerlukan pengujian lanjutan, termasuk uji aktivitas biologis dan keamanan.

Kata Kunci: Antibakteri; *Carica papaya* L; Etanol; Fitokimia

Phytochemical Analysis of Papaya Leaf Extract (*Carica papaya* L.) Using 70% Ethanol Solvent

Abstract

Background: *Papaya leaves (Carica papaya L.) were selected because they are easily accessible, have long been used in traditional medicine, and are known to contain secondary metabolites with antibacterial activity. Compared to other parts of the plant, the leaves possess a more diverse composition of bioactive compounds. Seventy percent ethanol was used as the extraction solvent because this concentration is considered optimal for extracting polar and semi-polar compounds without causing degradation of active constituents, in contrast to ethanol at higher or lower concentrations.*

Methods: *This study used a qualitative method by extracting dried papaya leaves through maceration with 70% ethanol. The resulting extract was then phytochemically tested using specific reagents to identify compounds such as alkaloids (Mayer and Wagner), flavonoids (Mg-HCl test), tannins (FeCl₃), saponins (foam test), and steroids and terpenoids (Liebermann–Burchard).*

Results: *The qualitative phytochemical screening revealed the presence of alkaloids, flavonoids, saponins, tannins, and terpenoids in the 70% ethanolic extract of papaya leaves, while steroids were not detected.*

Discussion: *These phytochemical constituents contribute to the bioactive potential of papaya leaves as antibacterial and antioxidant agents. The antibacterial activity is associated with the ability of active compounds to damage bacterial cell walls and membranes and to interfere with cellular metabolism, whereas the antioxidant activity is related to the capacity of phenolic compounds to neutralize free radicals through electron or hydrogen donation mechanisms.*

Conclusion: *The 70% ethanolic extract of papaya leaves contains various bioactive compounds that demonstrate potential as a natural source for the development of herbal medicines; however, further utilization requires additional studies, including evaluations of biological activity and safety.*

Keywords: Antibacterial; *Carica papaya* L.; Ethanol; Phytochemicals

1. PENDAHULUAN

Selama lima tahun terakhir, penggunaan tanaman obat mengalami peningkatan seiring dengan tingginya kebutuhan akan terapi yang lebih aman, terjangkau, dan berorientasi pada

pasien. Secara global, pandemi COVID-19 turut mendorong peningkatan penggunaan obat tradisional dan herbal, baik untuk pencegahan maupun peredaan gejala. Hal ini diperkuat oleh hasil tinjauan sistematis dan meta-

analisis yang melaporkan tingginya penerapan *Traditional, Complementary, and Integrative Medicine* (TCIM) di berbagai wilayah dunia¹. Pola serupa juga terlihat pada penelitian lintas negara terhadap populasi dengan penyakit kronis, yang menunjukkan bahwa kelompok pengguna pengobatan tradisional cenderung beralih ke terapi herbal ketika layanan medis modern belum sepenuhnya mampu memenuhi kebutuhan mereka². Di Indonesia, praktik pemanfaatan bahan alam untuk swamedikasi dan pemeliharaan kesehatan, termasuk peran jamu, obat herbal terstandar (OHT), dan fitofarmaka dalam sistem kesehatan, terus berkembang, menunjukkan bahwa tanaman obat semakin diakui sebagai terapi komplementer yang memiliki relevansi tinggi dalam pengembangan intervensi farmasi berbasis empiris^{3,4}.

Berbagai studi dalam rentang tahun 2020–2025 menunjukkan bahwa senyawa golongan fenolik, terpena atau terpenoid, serta alkaloid merupakan komponen utama yang berkontribusi terhadap aktivitas biologis tanaman. Senyawa fenolik berperan sebagai penangkap radikal bebas dan pengatur jalur inflamasi, terpenoid diketahui memiliki spektrum aktivitas antiinflamasi dan antibakteri yang luas, sedangkan alkaloid

berperan dalam menimbulkan efek antimikroba sekaligus imunomodulator^{5,6}.

Studi-studi berbasis ekstrak turut memperkuat adanya hubungan langsung antara profil metabolit sekunder dengan aktivitas biologis yang dihasilkan, seperti peningkatan kapasitas antioksidan dan antiinflamasi yang sejalan dengan tingginya kandungan senyawa fenolik dan terpenoid berdasarkan hasil uji kimia serta penetapan profil metabolit. Secara keseluruhan, literatur menunjukkan konsensus bahwa metabolit sekunder merupakan dasar rasional bagi potensi antibakteri, antioksidan, dan antiinflamasi dari bahan alam⁷.

Identifikasi dan skrining fitokimia merupakan tahap fundamental dalam pemetaan golongan senyawa aktif, pemilihan pelarut yang sesuai, serta penautan antara komponen kimia dengan efek biologis yang terukur. Skrining fitokimia yang dilakukan secara sistematis memungkinkan identifikasi awal terhadap komponen utama seperti alkaloid, flavonoid, tanin, saponin, dan terpenoid, sebelum dilanjutkan dengan validasi bioaktivitas dan penetapan senyawa penanda untuk standarisasi ekstrak. Pendekatan ini dipandang esensial dalam pengembangan obat berbasis tanaman, karena berperan dalam memprioritaskan

fraksi atau komponen paling potensial sekaligus meminimalkan ketidakpastian translasi hasil uji laboratorium menuju aplikasi klinis maupun produk kesehatan⁸.

Pepaya merupakan tanaman yang berasal dari wilayah tropis di Amerika. Dalam berbagai bahasa, tanaman ini dikenal sebagai *papaya* (bahasa Inggris), *papita* (bahasa India), dan *Erandakarkati* (bahasa Sanskerta). Tanaman pepaya memiliki batang tunggal yang dapat mencapai tinggi hingga 20 meter dan tumbuh optimal di daerah beriklim tropis pada ketinggian sekitar 100 meter di atas permukaan laut, dengan kondisi iklim yang hangat dan lembap. Daun pepaya memiliki morfologi khas berupa daun tunggal berukuran besar, berbentuk menjari dan bergerigi, dengan ujung runcing serta tangkai daun yang panjang dan berongga. Permukaannya halus dan sedikit berkilau. Daun pepaya yang berkualitas baik umumnya berwarna hijau segar, tidak berlubang, dan bebas dari bercak⁹.

Pepaya telah lama digunakan dalam pengobatan tradisional untuk menangani berbagai penyakit, terutama dengan memanfaatkan bagian daunnya. Daun pepaya mengandung beragam senyawa bioaktif, termasuk antioksidan seperti

vitamin C, vitamin A, dan vitamin E; mineral seperti magnesium dan kalium; serta vitamin B kompleks, khususnya asam pantotenat. Selain itu, daun pepaya juga kaya akan α -karoten, β -karoten, kalkonoid, papain, karpain, polifenol, asam organik, terpenoid, likopen, lutein, β -kriptoxantin, asam folat, serat, protein, lemak, dan air. Dibandingkan dengan bagian tanaman lain seperti batang dan akar, daun pepaya dilaporkan memiliki kandungan metabolit sekunder yang lebih beragam. Selain itu, daun pepaya lebih mudah diperoleh, dapat dipanen tanpa merusak tanaman, serta telah lama digunakan secara empiris dalam pengobatan tradisional, sehingga menjadikannya lebih relevan dan berpotensi untuk dikembangkan sebagai bahan baku obat herbal. Kandungan papain yang tinggi pada daun pepaya juga berkontribusi terhadap aktivitas biologisnya, meskipun senyawa ini menyebabkan rasa pahit pada daun⁹.

Penelitian ekstrak fitokimia sudah banyak dilakukan dengan banyak jenis pelarut. Pemilihan pelarut etanol 70 % dalam penelitian ekstraksi tanaman memiliki dasar ilmiah yang kuat. Salah satu alasan utama adalah sifat semi polar dari larutan etanol–air pada konsentrasi tersebut, yang memungkinkan pelarut untuk

melarutkan senyawa-polar maupun senyawa yang sedikit kurang polar secara lebih optimal. Penggunaan campuran etanol meningkatkan kandungan total fenolik dan flavonoid dibandingkan pelarut dengan konsentrasi yang lebih rendah atau larutan air murni, yang menunjukkan bahwa pelarut semipolar mampu menjangkau senyawa dengan berbagai tingkat kelarutan. Dengan demikian, penggunaan etanol 70 % memungkinkan ekstraksi spektrum komponen metabolit sekunder yang lebih luas, alkaloid, flavonoid, tanin, saponin dan terpenoid, daripada hanya senyawa yang sangat polar atau sangat nonpolar saja¹⁰.

Selain itu, etanol sebagai pelarut terbukti memiliki keunggulan dari sisi keamanan dan penerimaan regulasi sehingga banyak digunakan dalam aplikasi farmasi dan bahan alam. Etanol termasuk bahan yang relatif aman (food-grade) dan dapat dihilangkan dengan cukup mudah dari hasil ekstraksi dengan teknik penguapan, sehingga sisa pelarut dalam produk akhir dapat diminimalkan. Hal ini penting untuk pengembangan produk herbal atau fitofarmaka yang mensyaratkan standar keamanan pelarut. Etanol tetap menjadi pelarut pilihan dalam ekstraksi botanikal karena selain efisiensinya dalam mengekstrak

senyawa-aktif juga karena profil keamanannya yang lebih rendah toksisitas dibanding banyak pelarut organik lainnya¹¹.

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan gambaran yang komprehensif mengenai komposisi fitokimia ekstrak daun pepaya (*Carica papaya* L.) yang diperoleh menggunakan pelarut etanol 70%. Melalui identifikasi kualitatif terhadap golongan senyawa metabolit sekunder seperti alkaloid, flavonoid, saponin, tanin, dan terpenoid, hasil penelitian ini diharapkan mampu menjadi dasar ilmiah bagi pengembangan lebih lanjut pemanfaatan daun pepaya sebagai sumber bahan alam yang berpotensi dalam bidang farmasi dan kesehatan. Selain itu, temuan ini diharapkan dapat memperkuat bukti empiris mengenai efektivitas pelarut etanol 70% dalam mengekstraksi senyawa bioaktif secara optimal, serta menjadi acuan bagi penelitian lanjutan yang berfokus pada isolasi, karakterisasi, dan uji aktivitas biologis senyawa-senyawa tersebut.

2. METODE

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental laboratorium dengan pendekatan deskriptif kualitatif untuk menganalisis kandungan fitokimia ekstrak daun pepaya (*Carica papaya* L.) yang dimaserasi menggunakan pelarut

etanol 70%. Penelitian dilakukan di Laboratorium Botani Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung pada bulan September–Oktober 2025. Sampel daun pepaya varietas lokal (Gandul) diambil dari Desa Karang Anyar, Lampung Selatan, kemudian dideterminasi untuk memastikan keaslian spesies sebelum diproses lebih lanjut. Pemilihan varietas dan lokasi ini didasarkan pada ketersediaannya yang melimpah, pemanfaatannya secara tradisional, serta untuk meminimalkan variasi metabolit akibat perbedaan genetik dan lingkungan, sehingga hasil penelitian lebih konsisten. Fokus pada varietas lokal ini juga mendukung pengembangan sumber daya hayati setempat sebagai bahan baku obat herbal.

Daun segar dicuci bersih, dikeringkan dengan cara diangin-anginkan dan oven suhu rendah

(40 °C) untuk mengurangi kadar air, lalu digiling hingga menjadi serbuk halus. Ekstraksi dilakukan menggunakan metode maserasi dengan perbandingan 1 : 10 (1 g simplisia direndam dalam 10 mL etanol 70%) selama 3 × 24 jam pada suhu kamar dengan pengadukan sesekali. Filtrat kemudian disaring dan diuapkan menggunakan rotary evaporator pada suhu 40 °C hingga diperoleh ekstrak kental berwarna hijau tua beraroma khas daun pepaya.

Selanjutnya dilakukan uji fitokimia kualitatif terhadap golongan metabolit sekunder utama meliputi alkaloid, flavonoid, saponin, tanin, terpenoid, dan fenolik. Setiap pengujian menggunakan pereaksi spesifik yang menghasilkan perubahan warna atau endapan khas sebagai indikator positif. Tabel 1 berikut merangkum metode uji dan kriteria pengamatannya.

Tabel 1. Uji Fitokimia Ekstrak Daun Pepaya (*Carica papaya* L.)

Jenis Uji	Pereaksi yang Digunakan	Indikator Positif	Golongan Senyawa
Mayer & Dragendorff	Pereaksi alkaloid	Endapan kuning/jingga	Alkaloid
HCl pekat + Serbuk Mg	Uji flavonoid	Warna kuning/merah jingga	Flavonoid
Air panas + HCl 2N	Uji busa	Buih stabil ≥ 30 detik	Saponin
FeCl ₃	Pereaksi tanin	Warna biru kehitaman/hijau kecoklatan	Tanin
Liebermann–Burchard	Uji Terpenoid	Warna merah kehitaman	Terpenoid
Larutan Iodin 5%	Uji fenolik	Warna hijau kehitaman	Fenol

3. HASIL PENELITIAN

3.1 Hasil Uji Kualitatif Fitokimia

Uji fitokimia terhadap ekstrak daun pepaya etanol 70% (*Carica papaya* L.) menunjukkan bahwa sampel positif mengandung

berbagai golongan senyawa metabolit sekunder utama, yaitu flavonoid, fenol, tanin, saponin, alkaloid, dan terpenoid. Hasil pengujian kualitatif disajikan pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2. Hasil Uji Fitokimia

Jenis Uji Kualitatif Fitokimia	Hasil Uji Fitokimia	Keterangan
Flavonoid	+	Kuning
Fenol	+	Hijau Kehitaman
Tanin	+	Hijau Kecoklatan
Saponin	+	Terbentu Busa
Alkaloid (Mayer)	+	Endapan Kuning
Alkaloid (Dragendorf)	+	Endapan Jingga
Alkaloid (Bouchardat)	+	Endapan Jingga
Terpenoid	+	Merah kehitaman

Berdasarkan hasil tersebut, reaksi positif yang ditunjukkan oleh hampir semua uji menunjukkan bahwa daun pepaya memiliki kandungan fitokimia yang kompleks dan beragam. Uji flavonoid memberikan hasil positif dengan perubahan warna menjadi kuning setelah penambahan HCl pekat dan serbuk magnesium. Hal ini menunjukkan adanya senyawa flavonoid yang diketahui berperan sebagai antioksidan alami dan pelindung terhadap stres oksidatif pada sel. Uji fenol juga menunjukkan hasil positif dengan warna hijau kehitaman, mengindikasikan keberadaan senyawa fenolik yang memiliki kemampuan sebagai penangkap radikal bebas⁹.

Selain itu, uji tanin menghasilkan warna hijau kecoklatan setelah penambahan larutan FeCl_3 , yang menandakan adanya tanin terhidrolisis maupun terkondensasi. Senyawa tanin diketahui memiliki aktivitas astringen serta dapat berperan sebagai antibakteri alami. Hasil positif pada uji saponin yang ditandai dengan terbentuknya busa stabil menunjukkan adanya glikosida terpenoid yang memiliki sifat surfaktan alami dan dapat berfungsi sebagai antimikroba¹².

Selanjutnya, uji alkaloid menggunakan tiga pereaksi berbeda, Mayer, Dragendorff, dan Bouchardat, seluruhnya menunjukkan hasil positif dengan terbentuknya endapan kuning hingga jingga. Hal ini memperkuat bukti bahwa ekstrak

daun pepaya mengandung senyawa alkaloid yang berpotensi sebagai agen antimikroba dan analgesik. Terakhir, uji terpenoid dengan pereaksi Liebermann - Burchard menunjukkan warna merah kehitaman yang menandakan adanya terpenoid yang diketahui memiliki aktivitas antibakteri⁹.

Secara keseluruhan, hasil ini menegaskan bahwa ekstrak daun pepaya etanol 70% kaya akan senyawa bioaktif yang mendukung berbagai aktivitas biologis. Kandungan flavonoid, alkaloid, tanin, terpenoid dan saponin yang terdeteksi menunjukkan bahwa daun pepaya berpotensi besar untuk dikembangkan sebagai bahan dasar fitofarmaka dan produk herbal dengan aktivitas antioksidan, antiradang, serta antimikroba yang signifikan¹².

4. PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa ekstrak etanol 70 % dari daun papaya secara kualitatif positif mengandung flavonoid (warna kuning), fenol (warna hijau kehitaman), tanin (hijau kecoklatan), saponin (terbentuk busa), alkaloid (endapan kuning atau jingga pada Mayer, Dragendorff, Bouchardat), serta terpenoid (warna merah kehitaman).

Temuan ini sejalan dengan hasil beberapa penelitian terdahulu dan memberikan kontribusi khusus terkait penggunaan pelarut etanol 70% serta pemilihan daun pepaya sebagai objek penelitian. Ekstrak daun pepaya memiliki kadar flavonoid sebesar 21,00 mg QE/g dan fenolik sebesar 8,85 mg GAE/g, di mana hasil uji kualitatif dan kuantitatif menunjukkan adanya kandungan flavonoid, tanin, dan fenol. Temuan tersebut memperkuat bukti bahwa daun pepaya mengandung senyawa flavonoid dan fenol yang berperan dalam aktivitas biologisnya¹².

Analisis kualitatif kandungan fitokimia daun pepaya dan melaporkan bahwa daun pepaya mengandung alkaloid, saponin, tanin, flavonoid, terpenoid, serta steroid. Dengan demikian, hasil penelitian ini konsisten dengan temuan tersebut dan berada dalam koridor bukti literatur yang sama, yang menegaskan bahwa daun pepaya merupakan sumber senyawa fitokimia yang relatif kaya¹³.

Terdapat sedikit perbedaan hasil antara penelitian ini dan beberapa studi sebelumnya. Beberapa penelitian melaporkan adanya kandungan steroid atau glikosida, sedangkan pada uji yang dilakukan dalam penelitian ini, kedua senyawa tersebut tidak terdeteksi secara spesifik

meskipun terdapat keterangan teramati. Perbedaan ini dapat disebabkan oleh variasi metode ekstraksi, jenis dan polaritas pelarut yang digunakan, konsentrasi ekstrak, kondisi pengujian, maupun variabilitas biologis sampel tanaman. Penelitian di Filipina tahun 2024 berhasil mengidentifikasi keberadaan senyawa steroid, flavonoid, fenol, alkaloid, dan terpenoid pada ekstrak etanol daun pepaya¹⁴.

Secara khusus, terkait penggunaan pelarut etanol 70%, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pelarut tersebut efektif dalam mengekstraksi berbagai golongan metabolit sekunder, mulai dari senyawa yang relatif polar seperti tanin dan flavonoid hingga senyawa yang kurang polar seperti terpenoid dan alkaloid. Temuan ini memperkuat konsep bahwa pelarut semipolar memiliki kemampuan optimal untuk memperoleh spektrum senyawa fitokimia yang beragam. Selain itu, keberhasilan dalam mendeteksi hampir seluruh kelompok senyawa yang diuji (kecuali steroid atau glikosida yang tidak teridentifikasi secara eksplisit) mengindikasikan bahwa metode yang digunakan memiliki validitas yang baik dan berpotensi dikembangkan dalam penelitian lanjutan, misalnya uji aktivitas biologis tambahan,

evaluasi toksisitas, atau formulasi sediaan obat herbal.

Secara fungsional, keberadaan senyawa-senyawa tersebut merefleksikan potensi bioaktivitas yang sejalan dengan temuan dalam literatur. Flavonoid dan fenol berperan sebagai antioksidan, tanin dan saponin memiliki potensi sebagai agen antimikroba maupun antiinflamasi, sementara alkaloid dan terpenoid sering dikaitkan dengan aktivitas biologis yang lebih kuat, termasuk efek antibakteri, antiradang, serta pengaturan aktivitas seluler. Dengan demikian, hasil uji ini tidak hanya mengonfirmasi keberadaan senyawa aktif, tetapi juga menunjukkan bahwa ekstrak etanol 70% daun pepaya memiliki profil fitokimia yang relevan untuk pengembangan bahan alam sebagai kandidat terapeutik.

5. SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa ekstrak etanol 70% daun pepaya (*Carica papaya* L.) mengandung berbagai golongan senyawa fitokimia penting seperti flavonoid, fenol, tanin, saponin, alkaloid, dan terpenoid yang terbukti melalui uji kualitatif dengan reaksi positif pada setiap pereaksi spesifik. Keberadaan senyawa-senyawa tersebut menunjukkan bahwa pelarut etanol 70% mampu

mengekstraksi metabolit sekunder dengan efektif, baik yang bersifat polar maupun semipolar. Temuan ini mendukung potensi daun pepaya sebagai sumber bahan alam yang kaya akan senyawa bioaktif dengan aktivitas biologis seperti antioksidan, antiradang, dan antibakteri.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih atas bantuan, dukungan, dan kerja sama berbagai pihak yang telah berkontribusi dalam pelaksanaan serta penyelesaian penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

1. Kim TH, Kang JW, Jeon SR, Ang L, Lee HW, Lee MS. Use of Traditional, Complementary and Integrative Medicine During the COVID-19 Pandemic: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Front Med*. 2022;9. doi:10.3389/fmed.2022.884573
2. Pradipta IS, Aprilio K, Febriyanti RM, et al. Traditional medicine users in a treated chronic disease population: a cross-sectional study in Indonesia. *BMC Complement Med Ther*. 2023;23(1):120. doi:10.1186/s12906-023-03947-4
3. Widayati A, Rahajeng B, Wulandari ET, Abadi BBA. Traditional medicines use among Indonesian young population: a Theory of Planned Behaviour study. *Indones J Pharm Sci Technol*. 2025;12:51-58. doi:10.24198/ijpst.v12s1.57953
4. Azzahra F, Astuti AD, Arifin B, Alam G. Scoping Review: Study of Herbs Consumption for Self-Medication in Indonesia 2019-2022. *Maj Obat Tradis*. 2024;29(3):302. doi:10.22146/mot.94091
5. Hilal B, Khan MM, Fariduddin Q. Recent advancements in deciphering the therapeutic properties of plant secondary metabolites: phenolics, terpenes, and alkaloids. *Plant Physiol Biochem*. 2024;211:108674. doi:10.1016/j.plaphy.2024.108674
6. Khanam S, Mishra P, Faruqui T, et al. Plant-based secondary metabolites as natural remedies: a comprehensive review on terpenes and their therapeutic applications. *Front Pharmacol*. 2025;16. doi:10.3389/fphar.2025.1587215
7. Deepamol PK, Chithra V, Nisha AP. Analysis of antioxidant, anti inflammatory, antibacterial activities and characterisation of secondary metabolites using LC-Q-TOF-MS/MS of immune booster medicinal plant *Andrographis gracilis* Nees. *Vegetos*. Published online April 10, 2025. doi:10.1007/s42535-025-01180-7

8. Gómez JP, Rodríguez ME, Martínez AJ. Phytochemical screening of medicinal plants for pharmaceutical applications. *Int J Pharm Sci Res.* 2023;8(1):39-43. www.pharmacyjournal.net doi:10.3390/foods14020154
9. Singh SP, Mishra A, Shyanti RK, Singh RP, Acharya A. Silver Nanoparticles Synthesized Using Carica papaya Leaf Extract (AgNPs- PLE) Causes Cell Cycle Arrest and Apoptosis in Human Prostate (DU145) Cancer Cells. *Biol Trace Elem Res.* 2021;199(4):1316-1331. doi:10.1007/s12011-020-02255-z
10. Rahayu MD, Permatasari D, Aji GK, et al. The impact of 70% ethanol extract and its fractions on phenolic content, flavonoid content, and antioxidant potency of Ardisia humilis Vahl leaves. In: ; 2025:030004. doi:10.1063/5.0236878
11. Plaskova A, Mlcek J. New insights of the application of water or ethanol-water plant extract rich in active compounds in food. *Front Nutr.* 2023;10. doi:10.3389/fnut.2023.1118761
12. Choudhary R, Kaushik R, Akhtar A, Manna S, Sharma J, Bains A. Nutritional, Phytochemical, and Antimicrobial Properties of Carica papaya Leaves: Implications for Health Benefits and Food Applications. *Foods.* 2025;14(2):154.
13. Mathur R, Habiba Khan U, Chauhan V, et al. Phytochemical Screening Of Papaya Leaf. 2024;12(10):2320-2882. www.ijcrt.org
14. Tabbu AMB. Chemical Characterization and Antimicrobial Properties of Carica Papaya Leaf Extract: a Multi-Assay Approach. *Ignatian Int J Multidiscip Res.* 2024;2(10):860-874.