



BIOFARM

Jurnal Ilmiah Pertanian

ISSN Print: 0216-5430; ISSN Online: 2301-6442

Vol. 21, No. 2, Oktober 2025

Kandungan Metabolit Sekunder Limbah Plasenta Kakao (*Theobroma cacao*): Skrining Kualitatif Fitokimia untuk Pengembangan Herbisida Alami

*Secondary Metabolite Content of Cocoa Placenta Waste (*Theobroma cacao*): Qualitative Phytochemical Screening for the Development of Natural Herbicides*

Rizky Rahmadi^{1*}, Priyadi¹, Fajar Rochman¹, Dulbari¹, Subarjo¹, Bagio Suasono¹, Hidayat Pujiswanto²

¹ Jurusan Budidaya Tanaman Pangan, Politeknik Negeri Lampung

² Jurusan Agronomi dan Hortikultura, Universitas Lampung

*Korespondensi Penulis: rizky.rahmadi@polinela.ac.id

ABSTRAK

Penggunaan herbisida sintetik secara masif telah menimbulkan resistensi gulma dan pencemaran lingkungan, hal ini mendorong pencarian metode pengendalian ramah lingkungan berbasis alelokimia tumbuhan. Limbah plasenta kakao, sebagai sumber daya melimpah yang belum dimanfaatkan, berpotensi sebagai sumber alelokimia yang dapat diekstraksi melalui fermentasi. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi kandungan metabolit sekunder alelokimia dalam filtrat limbah plasenta kakao yang difermentasi spontan, serta membandingkan profil fitokimianya berdasarkan durasi fermentasi 2 minggu dan 4 minggu. Metode penelitian melibatkan fermentasi spontan plasenta kakao segar yang dicampur akuades (1:1 b/v). Filtrat hasil fermentasi 2 minggu dan 4 minggu dianalisis sifat fisikokimianya (pH, Total Padatan Terlarut/TDS, dan rendemen) dan diskriminasi fitokimia kualitatif. Hasil fisikokimia menunjukkan seiring bertambahnya waktu fermentasi nilai pH menurun (4,28 menjadi 4,05) sementara TDS sedikit meningkat (3774 ppm menjadi 3840 ppm). Hasil skrining fitokimia menunjukkan golongan fenolik, tanin, alkaloid, dan steroid terdeteksi positif (+) pada kedua perlakuan. Perbedaan signifikan ditemukan pada flavonoid, yang terdeteksi positif (+) pada fermentasi 2 minggu namun negatif (-) pada fermentasi 4 minggu. Saponin secara konsisten terdeteksi negatif (-) pada kedua perlakuan. Kesimpulannya, durasi fermentasi merupakan faktor kritis yang memengaruhi profil metabolit sekunder, khususnya flavonoid yang diduga terdegradasi. Adanya beragam alelokimia mengonfirmasi bahwa filtrat limbah plasenta kakao terfermentasi berpotensi kuat untuk dikembangkan sebagai bahan baku herbisida alami.

Kata kunci: Alelokimia, Fermentasi Spontan, Herbisida Alami, Plasenta Kakao

ABSTRACT

Extensive synthetic herbicide use has caused weed resistance and environmental contamination, impelling the exploration of eco-friendly, allelochemical-based bioherbicides. Cocoa placenta waste, an abundant, underutilized resource, is a potential source of allelochemicals extractable via fermentation. This study aims to identify secondary allelochemical metabolites in spontaneously fermented cocoa placenta waste filtrate and compare phytochemical profiles at 2- and 4-week fermentation durations. The method involved spontaneous fermentation of fresh cocoa placenta mixed with distilled water (1:1 w/v). Filtrates from 2 and 4 weeks were analyzed for physicochemical properties (pH, total dissolved solids/TDS, and yield) and qualitative phytochemistry. Physicochemical results showed that with longer fermentation, the pH value decreased (4.28 to 4.05) while TDS increased marginally (3774 ppm to 3840 ppm). Phytochemical screening positively detected phenolic compounds, tannins, alkaloids, and steroids in both treatments. A significant discrepancy was found for flavonoids, which were positive at 2 weeks but negative at 4 weeks. Saponins were consistently negative in both treatments. In summary, fermentation duration is a critical factor affecting the secondary metabolite profile, particularly the suspected degradation of flavonoids. The presence of diverse allelochemicals indicates fermented cocoa placenta filtrate has strong potential for development as a raw material for natural herbicides.

Keywords: Allelochemistry, Cocoa Placenta, Natural Herbicides, Spontaneous Fermentation

PENDAHULUAN

Persaingan antara tanaman budidaya dan gulma adalah salah satu faktor pembatas utama dalam produksi pertanian. Gulma tidak hanya menurunkan kuantitas hasil panen, tetapi seringkali juga kualitasnya, dengan memperebutkan sumber daya esensial seperti air, unsur hara, dan cahaya matahari, yang pada akhirnya menyebabkan kerugian hasil panen yang signifikan secara ekonomi (Rao et al., 2020). Selama beberapa dekade, ketergantungan pada herbisida sintetik telah menjadi solusi utama. Namun, penggunaan herbisida sintetik secara masif dan berkelanjutan telah menimbulkan dampak negatif yang serius, seperti peningkatan kasus resistensi gulma terhadap herbisida, pencemaran lingkungan (residu di tanah dan air), serta potensi risiko kesehatan bagi organisme non-target dan manusia (Carvalho, 2017; Heap, 2022).

Menghadapi tantangan tersebut, perlu dilakukan metode alternatif pengendalian gulma yang lebih aman, berkelanjutan, dan ramah lingkungan. Salah satu pendekatan yang dilakukan yaitu pengembangan herbisida alami yang berasal dari sumber daya hayati (Rahmadi et al., 2025). Potensi ini sebagian besar didasarkan pada fenomena alelopati, yaitu interaksi biokimia antar tanaman di mana satu tanaman melepaskan senyawa kimia (dikenal sebagai alelokimia) yang dapat menghambat perkecambahan atau pertumbuhan tanaman lain di sekitarnya (Cheng & Cheng, 2015; Kong et al., 2019; Latif et al., 2017). Alelokimia ini umumnya merupakan metabolit sekunder, seperti senyawa fenolik, flavonoid, alkaloid, dan terpenoid.

Limbah pertanian merupakan sumber alelokimia yang melimpah, murah, dan belum banyak dimanfaatkan. Indonesia, sebagai salah satu negara produsen kakao (*Theobroma cacao* L.) terbesar di dunia, menghasilkan jutaan ton limbah buah kakao setiap tahunnya (BPS, 2024). Sebagian besar dari limbah ini, terutama kulit buah (*pod husk*) dan plasenta (bagian tengah buah tempat biji menempel), seringkali hanya dibuang, menumpuk, dan menjadi sumber polusi lingkungan (Anoraga et al., 2024). Pemanfaatan limbah ini sejalan dengan

konsep ekonomi sirkular dan *waste-to-value* yaitu mengubah polutan menjadi produk bernilai tambah.

Buah kakao sendiri dikenal kaya akan senyawa bioaktif, terutama polifenol (seperti katekin, epikatekin, dan asam fenolat) dan alkaloid (seperti theobromine) (Oracz et al., 2020). Senyawa-senyawa ini telah terbukti memiliki berbagai aktivitas biologis, termasuk potensi alelopati. Namun, banyak dari senyawa alelokimia terikat dalam matriks sel yang kompleks. Proses fermentasi umumnya melibatkan aktivitas mikroba yang dapat mendegradasi dinding sel dan membebaskan senyawa metabolit tersebut. Proses fermentasi juga berpotensi mengubah senyawa prekursor menjadi senyawa turunan yang memiliki bioaktivitas lebih tinggi atau berbeda (Hayes & García-Vaquero, 2016).

Meskipun penelitian mengenai aktivitas biologis ekstrak kakao telah banyak dilakukan (umumnya pada biji untuk pangan), penelitian yang secara spesifik mengidentifikasi profil fitokimia alelokimia dari limbah plasenta kakao yang difermentasi untuk aplikasi herbisida alami masih sangat terbatas.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk melakukan skrining fitokimia guna mengidentifikasi golongan metabolit sekunder (alelokimia) yang terkandung dalam ekstrak limbah plasenta kakao (*T. cacao*) hasil fermentasi. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan data ilmiah dasar yang kuat untuk pengembangan lebih lanjut limbah kakao terfermentasi sebagai bahan baku herbisida alami.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada Mei hingga Juni 2025. Proses preparasi sampel dan fermentasi dilakukan di *Polinela Organic Farm* Politeknik Negeri Lampung, Bandar Lampung, Indonesia. Proses ekstraksi dan skrining fitokimia dilaksanakan di Laboratorium Pengujian Mutu Hasil Pertanian Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia.

Bahan dan Alat

Bahan utama yang digunakan adalah limbah plasenta kakao (*T. cacao* L.) segar

yang diperoleh dari Perkebunan Kakao Rakyat di Pesawaran, Indonesia (5°26'07.0"S 105°02'27.4"E) dan pelarut aquades. Reagen-reagen kimia untuk skrining fitokimia, meliputi: Pereaksi Meyer, Wagner, dan Dragendorff (untuk alkaloid); serbuk Magnesium (Mg) dan HCl pekat (untuk flavonoid); pereaksi Besi (III) Klorida (FeCl_3) (untuk fenolik dan tanin); larutan gelatin 1% (untuk tanin); akuades (untuk saponin); pereaksi Lieberman-Burchard (anhidrat asetat dan H_2SO_4 pekat) (untuk steroid/triterpenoid). Alat yang digunakan yaitu pisau, blender/pencacah, timbangan analitik, wadah fermentor, selang aerasi, pengaduk, kertas saring, tabung reaksi, rak tabung reaksi, gelas ukur, pipet tetes, corong, gelas beker, pH meter, dan TDS meter.

Prosedur Penelitian

Preparasi dan Fermentasi Plasenta Kakao

Plasenta kakao segar dipisahkan dari biji dan kulit buah. Plasenta kemudian dicuci bersih menggunakan air mengalir untuk menghilangkan sisa kotoran. Setelah bersih, plasenta ditimbang lalu dicacah untuk memperkecil ukuran dan memperluas permukaan kontak untuk fermentasi. 5 kg plasenta kemudian dicampur dengan 5 liter aquades dengan perbandingan 1:1 b/v. Bahan tersebut dimasukkan ke dalam dua wadah fermentasi steril, lalu ditutup rapat dan sebelumnya dilapisi dengan kain kasa steril. Fermentasi dilakukan secara spontan (mengandalkan mikroorganisme alami yang ada pada plasenta) pada suhu ruang 28-30°C dalam 2 perlakuan waktu yaitu perlakuan waktu 1: fermentasi dihentikan setelah 2 minggu (14 hari) dan perlakuan waktu 2: fermentasi dihentikan setelah 4 minggu (28 hari).

Preparasi Filtrat Uji Pada akhir setiap periode fermentasi (14 hari dan 28 hari), produk fermentasi dari masing-masing wadah dipisahkan antara bagian padat (ampas) dan bagian cair (filtrat). Pemisahan dilakukan dengan cara disaring menggunakan kertas saring Whatman No. 1. Filtrat jernih yang diperoleh ditampung dan digunakan sebagai sampel uji untuk fisikokimia dan skrining fitokimia. Pengukuran fisikokimia dilakukan pada filtrat 2 minggu dan 4 minggu fermentasi

dengan mengukur pH, total padatan terlarut (ppm), dan rendemen (%). Perhitungan rendemen filtrat menggunakan rumus:

$$\text{Rendemen (\%)} = \frac{\text{volume filtrat (mL)}}{\text{bobot awal plasenta (g)}} \times 100\%$$

Skrining fitokimia filtrat 2 minggu dan 4 minggu fermentasi diuji secara terpisah untuk kandungan metabolit sekundernya secara kualitatif. Prosedur pengujian untuk setiap golongan senyawa dijelaskan sebagai berikut:

Uji Alkaloid: sampel terlebih dahulu dilarutkan dalam kombinasi kloroform dan HCl 2N, lalu disaring. Filtrat yang diperoleh kemudian diuji secara terpisah menggunakan tiga pereaksi spesifik. Hasil positif teramati sebagai endapan putih (Pereaksi Meyer), endapan coklat (Pereaksi Wagner), atau endapan jingga (Pereaksi Dragendorff) (Johnson et al., 2008; Mapfumari et al., 2022).

Uji Flavonoid: Skrining flavonoid dilakukan menggunakan Uji Shinoda. Prosedur ini melibatkan penambahan serbuk Magnesium (Mg) dan beberapa tetes HCl pekat ke dalam larutan ekstrak (dilarutkan dalam etanol). Terbentuknya warna merah, kuning, atau jingga pada larutan mengonfirmasi keberadaan flavonoid (Krishnaiah et al., 2009; Mapfumari et al., 2022).

Uji Fenolik (Polifenol): Penentuan keberadaan senyawa fenol dilaksanakan dengan mereaksikan larutan ekstrak (dalam pelarut metanol) menggunakan 3-5 tetes Besi(III) Klorida (FeCl_3) 3%. Indikasi positif adanya fenol ditunjukkan oleh pembentukan warna hijau pekat atau biru kehitaman pada larutan uji (Thoa & Van Cuong, 2018).

Uji Saponin (Uji Busa): Identifikasi saponin memanfaatkan uji busa. Sejumlah sampel dalam tabung reaksi ditambahkan 10 mL akuades panas dan dikocok secara kuat selama 30 detik. Adanya saponin dikonfirmasi oleh pembentukan busa yang stabil (ketinggian 1-3 cm) yang persisten dan tidak menghilang setelah didiamkan selama 10 menit (Saxena et al., 2013).

Uji Tanin: Pengujian tanin dilakukan dengan membuat larutan akuatik dari ekstrak (dilarutkan dalam air). Larutan ini kemudian direaksikan dengan 2-3 tetes Besi(III) Klorida (FeCl_3) 3%. Keberadaan tanin ditandai dengan transformasi warna larutan menjadi

biru kehitaman atau hijau kehitaman (Saxena et al., 2013).

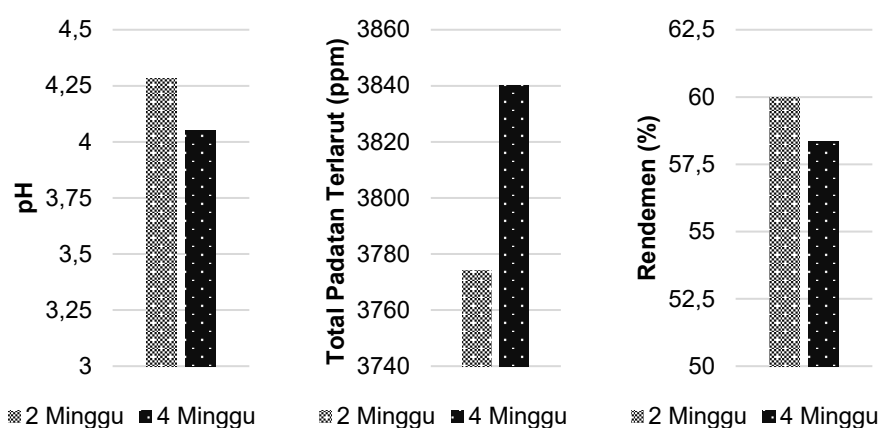
Uji Steroid (Lieberman-Burchard): Keberadaan steroid diidentifikasi melalui reaksi Liebermann-Burchard. Sampel dilarutkan dalam kloroform, kemudian ditambahkan asam asetat anhidrat. Asam sulfat pekat lalu dialirkan dengan hati-hati melalui dinding tabung. Formasi warna hijau kebiruan pada larutan menunjukkan hasil positif steroid (Saxena et al., 2013).

Analisis Data

Data yang diperoleh dari skrining fitokimia dianalisis secara deskriptif kualitatif. Hasil pengujian dari kedua perlakuan waktu filtrat 2 minggu dan 4 minggu fermentasi disajikan dalam bentuk tabel komparatif (perbandingan). Keberadaan senyawa ditandai dengan simbol (+) jika terdeteksi dan (-) jika tidak terdeteksi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian sifat fisikokimia ekstrak dilakukan untuk memberikan hasil mengenai perubahan yang terjadi selama fermentasi. Parameter yang diukur meliputi pH, rendemen ekstrak, dan total padatan terlarut. Hasil uji fisikokimia (Gambar 1) menunjukkan tren yang jelas seiring dengan bertambahnya durasi fermentasi. Nilai pH ekstrak menurun dari 4,28 pada fermentasi dua minggu menjadi 4,05 pada empat minggu, mengindikasikan peningkatan keasaman medium. Sebaliknya, total padatan terlarut mengalami sedikit peningkatan dari 3774 menjadi 3840. Sementara itu, rendemen ekstrak menunjukkan sedikit penurunan dari 60,00% menjadi 58,33% setelah empat minggu fermentasi.



Gambar 1. Hasil uji fisikokimia ekstrak limbah plasenta kakao terfermentasi

Skrining fitokimia kualitatif dilakukan terhadap ekstrak limbah plasenta kakao (*T. cacao*) untuk mengidentifikasi golongan senyawa metabolit sekunder yang berpotensi sebagai agen bioherbisida. Penelitian ini secara khusus membandingkan profil fitokimia dari ekstrak yang dihasilkan melalui dua durasi fermentasi yang berbeda, yaitu dua minggu dan empat minggu. Tujuannya adalah untuk memahami bagaimana proses dan durasi fermentasi memengaruhi komposisi kimia dari limbah tersebut.

Hasil pengujian (Tabel 1) menunjukkan keberadaan beberapa golongan senyawa bioaktif yang memiliki potensi alelopati yang

signifikan. Pada ekstrak yang difermentasi selama dua minggu, terdeteksi adanya senyawa golongan fenol, terpenoid, tanin, alkaloid, dan flavonoid. Sebaliknya, pada ekstrak yang difermentasi selama empat minggu, senyawa fenol, terpenoid, tanin, dan alkaloid tetap terdeteksi, namun senyawa flavonoid memberikan hasil negatif. Untuk golongan senyawa saponin, kedua ekstrak secara konsisten menunjukkan hasil negatif. Hal ini mengindikasikan bahwa durasi fermentasi merupakan variabel kritis yang tidak hanya memengaruhi komposisi kimia ekstrak, tetapi juga berpotensi mengubah bioaktivitas dan efikasi herbisidanya. Hasil ini

sejalan dengan hasil riset Katuwal et al. (2023) yang menunjukkan bahwa semakin lama fermentasi menyebabkan semakin rendah kandungan flavonoid. Kandungan flavonoid bisa meningkat pada awal fermentasi, tetapi akan menurun jika fermentasi berlangsung terlalu lama karena senyawa flavonoid dapat terdegradasi selama proses tersebut. Selain itu, ada faktor lain seperti suhu, pH, dan jenis mikroorganisme yang mempengaruhi kadar flavonoid.

Senyawa fenolik, tanin, secara konsisten terdeteksi pada ekstrak fermentasi dua minggu maupun empat minggu. Kehadiran stabil ini sangat signifikan, mengingat senyawa fenolik, termasuk tanin, diakui secara luas sebagai salah satu kelompok alelokimia yang paling poten dan melimpah di alam (Li et al., 2010). Mekanisme kerja senyawa fenolik bersifat multiaspek dan fundamental, menjadikannya sangat efektif sebagai penghambat pertumbuhan. Senyawa ini diketahui dapat mengganggu proses-proses fisiologis pada tumbuhan, antara lain: gangguan metabolisme energi dan enzimatik, penurunan laju fotosintesis, inhibisi pembelahan sel (mitosis), dan kerusakan struktural akar (Li et al., 2010). Terpenoid dan

alkaloid juga terdeteksi secara pada kedua durasi fermentasi. Sama seperti fenol, kedua golongan ini merupakan kelas utama alelokimia yang ditemukan pada berbagai ekstrak tumbuhan yang dimanfaatkan untuk pengendalian gulma. Senyawa alkaloid mampu menghambat perkecambahan biji dan menekan pertumbuhan tanaman di sekitarnya (Awuchi, 2020). Mekanisme kerja alkaloid sangat beragam, termasuk mengganggu integritas membran sel, menghambat enzim-enzim kunci, serta mengintervensi sintesis asam nukleat dan protein, yang pada akhirnya menyebabkan terhambatnya pemanjangan akar dan pucuk (Hagel et al., 2015). Kehadiran steroid terdeteksi pada kedua perlakuan fermentasi. Senyawa ini dapat mengganggu berbagai proses fisiologis pada tanaman target, termasuk respirasi, fotosintesis, penyerapan ion, aktivitas enzimatik, dan keseimbangan hormonal, yang pada akhirnya menyebabkan penghambatan pertumbuhan secara keseluruhan (Kumar et al., 2024). Biji kakao diketahui mengandung fitosterol seperti β -sitosterol dan stigmasterol, sehingga deteksi senyawa ini dalam ekstrak plasenta menjadi sangat masuk akal secara biokimia (Goude et al., 2019).

Tabel 1. Hasil Skrining Fitokimia Kualitatif Ekstrak Limbah Plasenta Kakao Terfermentasi

No.	Waktu Fermentasi	Alkaloid	Flavonoid	Fenolik	Saponin	Tanin	Steroid
1.	2 Minggu	+	+	+	-	+	+
2.	4 Minggu	+	-	+	-	+	+

Keterangan: (+) = Terdeteksi; (-) = Tidak terdeteksi

Flavonoid terdeteksi pada fermentasi 2 minggu, namun tidak terdeteksi setelah fermentasi berlangsung selama 4 minggu. Fenomena ini menunjukkan bahwa durasi fermentasi adalah parameter kritis yang secara signifikan mempengaruhi komposisi kimia akhir dari ekstrak. Hilangnya deteksi flavonoid disebabkan degradasi total atau mineralisasi senyawa tersebut menjadi komponen non-bioaktif. Flavonoid bertransformasi menjadi struktur fenolik lain yang lebih sederhana oleh aktivitas enzimatik mikroorganisme selama periode fermentasi yang diperpanjang. Fermentasi adalah proses yang dimediasi oleh mikroba di mana berbagai enzim, seperti β -glukosidase dan

polifenol oksidase, memecah makromolekul kompleks dari matriks tanaman (Lasinskas et al., 2023). Di dalam tanaman, flavonoid seringkali berada dalam bentuk glikosida (terikat pada molekul gula). Enzim mikroba mampu memutus ikatan glikosidik ini, melepaskan aglikon flavonoid (bagian non-gula) yang kemudian dapat dipecah lebih lanjut menjadi asam-asam fenolik yang lebih sederhana (Gao et al., 2024). Sehingga pada 4 minggu fermentasi, flavonoid telah diubah menjadi senyawa fenolik lain yang masih dapat dideteksi oleh pereaksi uji fenolik umum, bukan hilang sepenuhnya.

SIMPULAN

Kesimpulan dari penelitian ini yaitu:

1. Filtrat limbah plasenta kakao (*Theobroma cacao*) yang difermentasi secara spontan terbukti positif mengandung senyawa metabolit sekunder seperti fenolik, tanin, alkaloid, dan steroid yang berpotensi sebagai herbisida alami;
2. (Durasi fermentasi merupakan faktor kritis yang memengaruhi profil fitokimia. Senyawa flavonoid terdeteksi pada fermentasi 2 minggu, namun tidak lagi terdeteksi pada fermentasi 4 minggu. Hal ini mengindikasikan bahwa flavonoid telah terdegradasi atau bertransformasi menjadi senyawa fenolik yang lebih sederhana akibat aktivitas mikroba yang berkepanjangan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Pengelola Dana Pendidikan (LPDP) dan Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains, dan Teknologi (Kemdiktisaintek) atas dukungan pendanaan yang telah diberikan untuk penelitian ini melalui skema Program Katalisator Riset Berdikari tahun 2025.

DAFTAR PUSTAKA

- Anoraga, S. B., Shamsudin, R., Hamzah, M. H., Sharif, S., & Saputro, A. D. (2024). Cocoa by-products: A comprehensive review on potential uses, waste management, and emerging green technologies for cocoa pod husk utilization. *Heliyon*, 10(16).
- Awuchi, C. G. (2020). The biochemistry, toxicology, and Uses of the acologically active phytochemicals: Alkaloids, terpenes, polyphenols, and glycosides. *Merit Research Journals*, 5(1), 6–21.
- BPS. (2024). *Statistik Kakao Indonesia 2023*.
- Carvalho, F. P. (2017). Pesticides, environment, and food safety. *Food and Energy Security*, 6(2), 48–60.
- Cheng, F., & Cheng, Z. (2015). Research progress on the use of plant allelopathy in agriculture and the physiological and ecological mechanisms of allelopathy. *Frontiers in Plant Science*, 6, 1020.
- Gao, Y., Zhou, H., Wang, Y., Nussio, L. G., Yang, F., & Ni, K. (2024). Insights into fermentation with lactic acid bacteria on the flavonoids biotransformation of alfalfa silage. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 11(1), 73.
- Goude, K. A., Adingra, K. M.-D., Gbotognon, O. J., & ParfaitKouadio, E. J. (2019). Biochemical characterization, nutritional and antioxidant potentials of cocoa placenta (*Theobroma cacao* L.). *Annals: Food Science & Technology*, 20(3).
- Hagel, J. M., Mandal, R., Han, B., Han, J., Dinsmore, D. R., Borchers, C. H., Wishart, D. S., & Facchini, P. J. (2015). Metabolome analysis of 20 taxonomically related benzylisoquinoline alkaloid-producing plants. *BMC Plant Biology*, 15(1), 1–17.
- Hayes, M., & García-Vaquero, M. (2016). Bioactive compounds from fermented food products. *Novel Food Fermentation Technologies*, 293–310.
- Heap, I. (2022). *The international survey of herbicide-resistant weeds*. Weed Science. www.weedscience.com
- Johnson, M., Maridass, M., & Irudayaraj, V. (2008). Preliminary phytochemical and anti-bacterial studies on *Passiflora edulis*. *Ethnobotanical Leaflets*, 2008(1), 51.
- Katuwal, N., Raya, B., Dangol, R., Adhikari, B. R., Kc, Y., & Upadhyay, A. (2023). Effects of fermentation time on the bioactive constituents of Kinema, a traditional fermented food of Nepal. *Heliyon*, 9(4).
- Kong, C.-H., Xuan, T. D., Khanh, T. D., Tran, H.-D., & Trung, N. T. (2019). Allelochemicals and signaling chemicals in plants. *Molecules*, 24(15), 2737.
- Krishnaiah, D., Devi, T., Bono, A., & Sarbatly, R. (2009). *Studies on phytochemical constituents of six Malaysian medicinal plants*.
- Kumar, N., Singh, H., Giri, K., Kumar, A., Joshi, A., Yadav, S., Singh, R., Bisht, S., Kumari, R., & Jeena, N. (2024). Physiological and molecular insights into the allelopathic effects on agroecosystems under changing environmental conditions. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 30(3), 417–433.
- Lasinskas, M., Jariene, E., Vaitkeviciene, N., Kulaitiene, J., Adamaviciene, A., &

- Hallmann, E. (2023). The impact of solid-phase fermentation on flavonoids, phenolic acids, tannins and antioxidant activity in *Chamerion angustifolium* (L.) Holub (Fireweed) leaves. *Plants*, 12(2), 277.
- Latif, S., Chiapusio, G., & Weston, L. A. (2017). Allelopathy and the role of allelochemicals in plant defence. In *Advances in botanical research* (Vol. 82, pp. 19–54). Elsevier.
- Li, Z.-H., Wang, Q., Ruan, X., Pan, C.-D., & Jiang, D.-A. (2010). Phenolics and plant allelopathy. *Molecules*, 15(12), 8933–8952.
- Mapfumari, S., Nogbou, N.-D., Musyoki, A., Gololo, S., Mothibe, M., & Bassey, K. (2022). Phytochemical screening, antioxidant and antibacterial properties of extracts of *Viscum continuum* E. Mey. Ex sprague, a South African mistletoe. *Plants*, 11(16), 2094.
- Oracz, J., Nebesny, E., Zyzelewicz, D., Budryn, G., & Luzak, B. (2020). Bioavailability and metabolism of selected cocoa bioactive compounds: A comprehensive review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(12), 1947–1985.
- Rahmadi, R., Rochman, F., & Subarjo, S. (2025). Allelopathy of Ethanol, Ethyl Acetate, and Aquadest Extracts of Kirinyuh (*Chromolaena odorata*) Leaves as a Bioherbicide in Controlling *Spenochlea zeylanica*. *ABEC Indonesia*, 276–285.
- Rao, A. N., Singh, R. G., Mahajan, G., & Wani, S. P. (2020). Weed research issues, challenges, and opportunities in India. *Crop Protection*, 134, 104451.
- Saxena, M., Saxena, J., Nema, R., Singh, D., & Gupta, A. (2013). Phytochemistry of medicinal plants. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 1(6).
- Thoa, N. T., & Van Cuong, T. (2018). Phytochemical components, antioxidant and cytotoxic activities of Mulberry mistletoe (*Loranthus parasiticus* Merr) leaves extracts. *Asian J. Biotechnol. Bioresour. Technol*, 2(4), 1–11.