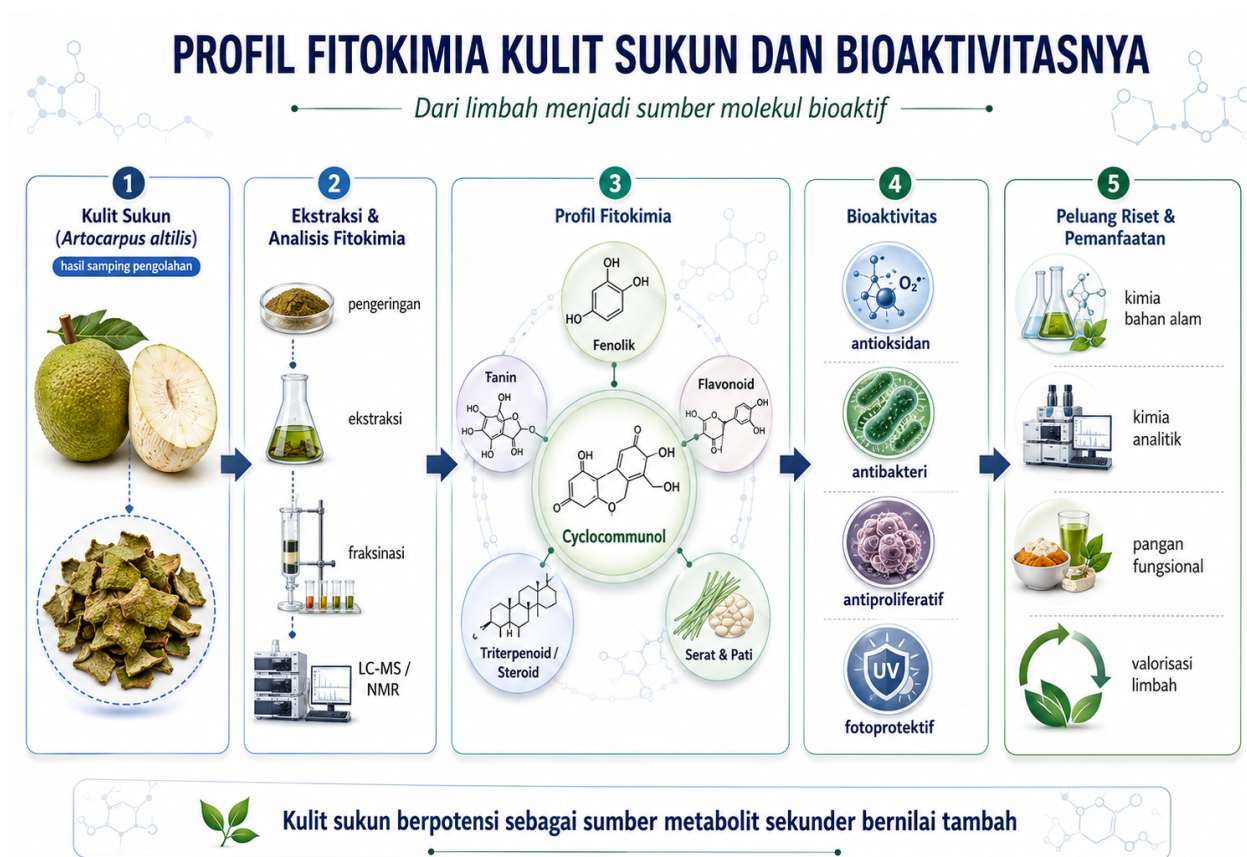


Dari Limbah Menjadi Sumber Molekul Bioaktif: Profil Fitokimia dan Bioaktivitas Kulit Sukun (*Artocarpus altilis*)

Meta description: Kulit sukun mengandung polifenol, flavonoid terpenilasi, triterpenoid, steroid, serat, dan mineral. Pelajari profil fitokimia, aktivitas antioksidan, antibakteri, serta potensi antiproliferatifnya.

Kata kunci: kulit sukun, profil fitokimia, *Artocarpus altilis*, cyclocommunol, flavonoid terpenilasi, antioksidan, antibakteri, antiproliferatif



Pendahuluan

Sukun atau *Artocarpus altilis* merupakan tanaman tropis dari famili Moraceae. Masyarakat memanfaatkan bagian daging buahnya sebagai sumber karbohidrat dan bahan pangan. Pengolahan buah sukun menghasilkan kulit dalam jumlah cukup besar. Kulit tersebut umumnya dibuang atau digunakan sebagai pakan tanpa pengolahan lebih lanjut.

Dari sudut pandang kimia bahan alam, kulit sukun merupakan matriks biologis yang menarik. Bagian ini mengandung serat, pati, mineral, senyawa fenolik, flavonoid, serta metabolit sekunder lain. Penelitian terbaru bahkan berhasil mengisolasi cyclocommunol sebagai salah satu

komponen utama dari fraksi etil asetat kulit sukun. Senyawa tersebut termasuk kelompok flavonoid terprenilasi yang banyak ditemukan pada genus *Artocarpus*.

Kulit sukun juga menunjukkan aktivitas antioksidan, antibakteri, dan antiproliferatif dalam pengujian laboratorium. Temuan ini membuka peluang pengembangan kulit sukun sebagai sumber senyawa kimia bernilai tambah. Namun, sebagian besar bukti masih berasal dari pengujian *in vitro*. Hasil tersebut belum dapat digunakan sebagai dasar klaim terapeutik pada manusia.

Mengapa Kulit Sukun Menarik untuk Dikaji?

Pengembangan kimia berkelanjutan tidak hanya berfokus pada sintesis senyawa baru. Bidang ini juga memanfaatkan kembali biomassa dan limbah pertanian sebagai sumber bahan kimia, pangan fungsional, material, serta molekul aktif.

Kulit sukun memenuhi beberapa karakteristik sebagai bahan penelitian kimia:

1. tersedia sebagai hasil samping pengolahan pangan;
2. berasal dari sumber daya terbarukan;
3. mengandung komponen polar dan nonpolar;
4. dapat diekstraksi menggunakan berbagai pelarut;
5. mengandung pati dan serat sebagai komponen struktural; dan
6. menunjukkan bioaktivitas pada beberapa pengujian laboratorium.

Penelitian terhadap tepung kulit sukun menunjukkan kandungan polifenol dan mineral yang lebih tinggi dibandingkan beberapa fraksi daging buah. Tepung kulit juga memiliki karakteristik pati, serat, struktur granula, dan tingkat ketercernaan yang berbeda.

Karakter tersebut membuat kulit sukun relevan untuk kajian fitokimia, kimia pangan, kimia analitik, kimia farmasi, kimia material, dan teknologi pemisahan.

Profil Fitokimia Kulit Sukun

Profil fitokimia menggambarkan jenis metabolit primer dan sekunder yang terdapat dalam suatu bahan alam. Komposisi kulit sukun dapat berubah menurut varietas, tingkat kematangan, lokasi tumbuh, metode pengeringan, jenis pelarut, dan teknik analisis.

1. Senyawa fenolik

Senyawa fenolik memiliki satu atau lebih gugus hidroksil yang terikat pada cincin aromatik. Gugus tersebut memungkinkan senyawa fenolik menyumbangkan elektron atau atom hidrogen kepada radikal bebas.

Ekstrak buah sukun dilaporkan mengandung beberapa turunan asam fenolat, terutama:

- asam klorogenat;
- asam kafeat;
- asam kumarat;
- asam ferulat;
- turunan asam benzoat; dan

- turunan asam sinamat.

Penelitian buah sukun dari Kepulauan Komoro menemukan asam klorogenat sebagai salah satu komponen fenolik dominan. Penelitian tersebut juga mendeteksi asam kafeat, asam kumarat, asam ferulat, flavonol, flavanol, dan tanin.

Pada kulit buah, senyawa fenolik umumnya berperan dalam perlindungan jaringan terhadap radiasi ultraviolet, serangan mikroorganisme, dan stres lingkungan. Oleh sebab itu, konsentrasi fenolik pada kulit dapat lebih tinggi dibandingkan jaringan internal tertentu.

2. Flavonoid

Flavonoid merupakan kelompok polifenol dengan kerangka dasar C₆-C₃-C₆. Genus *Artocarpus* dikenal menghasilkan flavonoid dengan struktur yang beragam, termasuk:

- flavon;
- flavonol;
- kalkon;
- auron;
- xanton;
- piranoflavon;
- oksipinoflavon; dan
- flavonoid terprenilasi.

Pada buah sukun, beberapa penelitian melaporkan keberadaan kuersetin dan turunannya. Kuersetin memiliki gugus hidroksil yang dapat mendukung aktivitas penangkapan radikal.

Penambahan gugus prenil pada kerangka flavonoid dapat meningkatkan karakter lipofilik molekul. Modifikasi tersebut memengaruhi kelarutan, penetrasi membran, interaksi dengan protein, dan aktivitas biologisnya.

3. Cyclocommunol

Cyclocommunol merupakan flavonoid terprenilasi yang berhasil diisolasi dari fraksi etil asetat kulit sukun. Identifikasi struktur dilakukan menggunakan teknik spektroskopi, termasuk resonansi magnetik inti dan spektrometri massa resolusi tinggi.

Peneliti menggunakan cyclocommunol sebagai bahan awal untuk menghasilkan sembilan turunan semisintetik. Beberapa turunan menunjukkan aktivitas antibakteri dan sitotoksik yang lebih baik dibandingkan senyawa awal. Hasil tersebut menunjukkan bahwa perubahan gugus fungsi dapat memengaruhi hubungan struktur dan aktivitas molekul.

Temuan cyclocommunol penting bagi kimia bahan alam. Penelitian tersebut tidak berhenti pada skrining ekstrak. Peneliti mengisolasi senyawa, menentukan struktur, melakukan modifikasi kimia, lalu menguji aktivitas biologisnya.

4. Triterpenoid dan steroid

Skrining fitokimia buah sukun menunjukkan keberadaan steroid dan triterpenoid. Kajian terhadap *Artocarpus altilis* juga melaporkan cycloartenol sebagai salah satu triterpenoid yang terdapat pada spesies ini.

Triterpenoid memiliki kerangka dasar yang tersusun dari enam unit isoprena. Senyawa ini sering ditemukan pada lapisan luar tumbuhan karena berperan dalam perlindungan permukaan, pembentukan membran, dan respons terhadap gangguan lingkungan.

Uji kualitatif seperti Liebermann-Burchard dan Salkowski dapat digunakan sebagai tahap awal identifikasi steroid serta triterpenoid. Namun, hasil skrining warna harus dikonfirmasi menggunakan kromatografi dan spektroskopi.

5. Tanin

Tanin merupakan polifenol dengan massa molekul relatif besar. Senyawa ini dapat berikatan dengan protein, polisakarida, dan ion logam.

Keberadaan tanin dapat memberikan aktivitas antioksidan dan antibakteri. Namun, tanin juga dapat memengaruhi rasa, warna, dan ketersediaan zat gizi. Konsentrasi yang terlalu tinggi dapat menurunkan penerimaan sensoris dan mengikat protein pangan.

Analisis tanin perlu membedakan tanin terkondensasi dan tanin terhidrolisis. Pengukuran total fenolik tidak dapat secara langsung menunjukkan kadar tanin karena reagen Folin-Ciocalteu juga bereaksi dengan senyawa pereduksi lain.

6. Pati, serat, dan mineral

Kulit sukun tidak hanya mengandung metabolit sekunder. Kulit ini juga mengandung pati, serat pangan, dan mineral.

Penelitian terhadap tepung kulit sukun menunjukkan kandungan polifenol dan mineral yang relatif tinggi. Analisis struktur pati menemukan granula berukuran kecil, pola kristal tertentu, dan karakter molekuler yang berbeda dari tepung pembanding.

Komponen pati dan serat dapat memengaruhi proses ekstraksi. Senyawa fenolik dapat berikatan dengan polisakarida melalui ikatan hidrogen atau interaksi hidrofobik. Akibatnya, tidak semua senyawa fenolik mudah terlepas selama ekstraksi.

Metode Analisis Fitokimia Kulit Sukun

Kajian yang komprehensif sebaiknya tidak hanya menggunakan skrining fitokimia kualitatif. Peneliti perlu menggabungkan beberapa teknik analitik.

Skrining fitokimia

Skrining awal dapat mendeteksi kelompok senyawa seperti:

- fenolik dan tanin;
- flavonoid;
- alkaloid;

- saponin;
- steroid;
- triterpenoid; dan
- glikosida.

Metode ini cepat dan murah. Namun, perubahan warna atau pembentukan endapan belum dapat memastikan identitas molekul tertentu.

Spektrofotometri UV-Vis

Metode Folin-Ciocalteu dapat memperkirakan kandungan fenolik total. Metode kompleks aluminium klorida dapat digunakan untuk mengukur flavonoid total.

Hasil biasanya dinyatakan sebagai miligram ekuivalen asam galat atau ekuivalen kuersetin per gram ekstrak. Nilai tersebut merupakan parameter komparatif, bukan konsentrasi absolut seluruh senyawa fenolik atau flavonoid.

Kromatografi gas dan spektrometri massa

GC-MS sesuai untuk senyawa volatil dan semivolatil. Sampel yang tidak volatil memerlukan derivatisasi sebelum analisis.

Kajian perbandingan daging dan kulit sukun melaporkan jumlah komponen yang terdeteksi pada ekstrak kulit lebih banyak dibandingkan ekstrak daging pada kondisi analisis yang digunakan. Namun, hasil GC-MS sangat dipengaruhi oleh pelarut, preparasi sampel, suhu injektor, jenis kolom, dan pustaka spektrum.

Kromatografi cair

HPLC, LC-MS, dan UPLC-QTOF-MS dapat memisahkan serta mengidentifikasi senyawa fenolik, flavonoid, alkaloid, dan metabolit polar lainnya.

Analisis UPLC-MS resolusi tinggi pada buah sukun mentah dan matang mendeteksi lebih dari seratus fitur atau senyawa bioaktif. Sebagian besar profil tersebut tetap bertahan setelah pemasakan, walaupun beberapa metabolit mengalami peningkatan atau penurunan relatif.

Data buah utuh tersebut tidak dapat langsung dianggap sebagai profil khusus kulit. Namun, hasilnya menunjukkan kompleksitas metabolom sukun dan pentingnya analisis berbasis spektrometri massa.

Spektroskopi NMR

NMR proton dan karbon digunakan untuk menentukan kerangka molekul. Teknik dua dimensi seperti COSY, HSQC, HMBC, dan NOESY dapat menunjukkan hubungan antarnukleus serta posisi substituen.

Peneliti menggunakan kombinasi NMR dan spektrometri massa untuk memastikan struktur cyclocommunol serta turunannya. Pendekatan ini memberikan bukti yang lebih kuat daripada identifikasi berdasarkan GC-MS atau skrining warna saja.

Bioaktivitas Kulit Sukun

1. Aktivitas antioksidan

Aktivitas antioksidan merupakan bioaktivitas kulit sukun yang paling banyak diteliti. Fenolik dan flavonoid dapat mereduksi oksidan, menyumbangkan elektron, mengkelat ion logam tertentu, dan menghambat reaksi berantai oksidasi.

Beberapa metode yang dapat digunakan meliputi:

- DPPH;
- ABTS;
- FRAP;
- phosphomolybdenum assay;
- reducing power assay; dan
- penghambatan peroksidasi lipid.

Ekstrak kulit sukun menunjukkan kemampuan menangkap radikal dan mereduksi oksidan dalam pengujian kimia. Penelitian terhadap limbah buah sukun juga mengonfirmasi aktivitas antioksidan pada ekstrak kulit dan bagian inti buah.

Hasil DPPH atau ABTS tidak membuktikan bahwa suatu ekstrak akan memberikan efek yang sama di dalam tubuh manusia. Absorpsi, metabolisme, dosis, stabilitas, dan interaksi dengan komponen pangan dapat mengubah aktivitasnya.

2. Aktivitas antibakteri

Fraksi etil asetat kulit sukun menunjukkan aktivitas terhadap beberapa bakteri. Pemisahan lebih lanjut menghasilkan cyclocommunol sebagai salah satu senyawa utama.

Cyclocommunol dan beberapa turunan semisintetik diuji terhadap:

- *Staphylococcus aureus*;
- *Escherichia coli*;
- *Pseudomonas aeruginosa*; dan
- *Salmonella enterica*.

Aktivitas senyawa awal dan beberapa turunannya berada pada tingkat lemah dalam kondisi pengujian. Hasil ini tetap penting karena menunjukkan adanya hubungan antara struktur kimia dan aktivitas antibakteri.

Aktivitas ekstrak tidak selalu berasal dari satu molekul. Efek dapat muncul dari interaksi aditif atau sinergis antara beberapa senyawa.

3. Aktivitas antiprolifatif

Ekstrak kulit sukun telah diuji terhadap sel kanker paru A549. Ekstrak tersebut menunjukkan aktivitas antiprolifatif tingkat sedang dengan nilai IC₅₀ sekitar 98,61 µg/mL pada kondisi penelitian.

Turunan cyclocommunol juga diuji terhadap sel kanker payudara MCF-7 dan sel kanker paru NCI-H460. Beberapa turunan menunjukkan sitotoksitas sedang, sedangkan cyclocommunol alami tidak selalu memberikan aktivitas tertinggi.

Temuan tersebut menunjukkan bahwa modifikasi struktur dapat mengubah afinitas molekul terhadap target biologis. Namun, uji kultur sel merupakan tahap awal. Uji tersebut belum membuktikan efektivitas, selektivitas, keamanan, atau manfaat klinis.

4. Potensi fotoprotektif

Senyawa fenolik dan flavonoid dapat menyerap sebagian radiasi ultraviolet karena memiliki sistem ikatan rangkap terkonjugasi. Ekstrak atau fraksi kulit sukun telah diteliti sebagai bahan pendukung formulasi fotoprotektif.

Potensi tersebut berkaitan dengan dua mekanisme. Pertama, molekul menyerap energi pada panjang gelombang tertentu. Kedua, antioksidan membantu mengurangi reaksi oksidatif yang dipicu radiasi ultraviolet.

Pengembangan produk tetap memerlukan pengujian stabilitas, keamanan kulit, iritasi, fototoksitas, penetrasi, serta efektivitas pada formulasi akhir.

Hubungan Struktur Kimia dan Bioaktivitas

Bioaktivitas metabolit kulit sukun dipengaruhi oleh struktur molekulnya.

Jumlah dan posisi gugus hidroksil memengaruhi kemampuan suatu flavonoid menyumbangkan atom hidrogen. Sistem aromatik terkonjugasi dapat menstabilkan elektron tidak berpasangan melalui resonansi.

Gugus prenil meningkatkan karakter hidrofobik. Perubahan ini dapat memperkuat interaksi dengan membran sel atau bagian hidrofobik protein. Namun, peningkatan lipofilitas juga dapat menurunkan kelarutan dalam air.

Pada cyclocommunol, modifikasi gugus fungsi menghasilkan perubahan aktivitas antibakteri dan sitotoksik. Temuan ini menegaskan bahwa perubahan kecil pada struktur dapat menghasilkan perbedaan respons biologis.

Peluang Riset bagi Jurusan Kimia

Kulit sukun menawarkan beberapa topik penelitian yang relevan untuk mahasiswa dan peneliti kimia.

Optimasi ekstraksi hijau

Penelitian dapat membandingkan air, etanol, etil asetat, pelarut eutektik alami, ekstraksi ultrasonik, dan ekstraksi berbantuan gelombang mikro.

Parameter yang perlu diperhatikan meliputi rendemen, selektivitas, konsumsi energi, toksisitas pelarut, kandungan fenolik, dan aktivitas antioksidan.

Profil metabolom

Analisis LC-HRMS dapat digunakan untuk membuat sidik jari metabolit kulit sukun. Kemometrika seperti PCA dan PLS-DA dapat membedakan sampel berdasarkan varietas, lokasi, tingkat kematangan, dan pengolahan.

Isolasi senyawa aktif

Fraksinasi terpandu bioaktivitas dapat digunakan untuk menemukan komponen yang paling berperan. Tahapan ini dapat meliputi ekstraksi, partisi pelarut, kromatografi kolom, preparative HPLC, NMR, dan uji biologis.

Kajian hubungan struktur dan aktivitas

Cyclocommunol dapat menjadi model untuk penelitian semisintesis. Peneliti dapat memodifikasi gugus hidroksil, gugus karbonil, atau substituen lain untuk mempelajari perubahan sifat fisikokimia dan bioaktivitas.

Pengembangan bahan pangan

Tepung kulit sukun dapat dikaji sebagai sumber serat dan polifenol. Penggunaannya memerlukan evaluasi warna, rasa, tekstur, keamanan, stabilitas senyawa, dan ketercernaan pati.

Pengembangan material berbasis biomassa

Pati, pektin, selulosa, dan serat kulit sukun dapat diteliti sebagai bahan film, adsorben, matriks enkapsulasi, atau komposit biodegradable.

Pengembangan ini perlu memisahkan fungsi metabolit sekunder dari fungsi polisakarida struktural. Keduanya memiliki sifat kimia dan metode karakterisasi yang berbeda.

Keterbatasan Bukti Ilmiah

Kajian kulit sukun masih menghadapi beberapa keterbatasan.

Pertama, penelitian langsung pada kulit lebih sedikit dibandingkan penelitian daun, batang, dan daging buah.

Kedua, beberapa penelitian hanya menggunakan skrining kualitatif. Metode tersebut belum cukup untuk memastikan identitas senyawa.

Ketiga, perbedaan pelarut dan metode pengujian menyulitkan perbandingan nilai aktivitas antarpemeriksaan.

Keempat, banyak penelitian belum melaporkan standardisasi varietas, umur buah, kadar air, ukuran partikel, dan kondisi penyimpanan.

Kelima, sebagian besar bioaktivitas masih berada pada tingkat reaksi kimia atau kultur sel. Penelitian tersebut belum membuktikan manfaat klinis.

Penelitian berikutnya perlu menggunakan bahan yang terotentikasi, metode analitik tervalidasi, kontrol positif, replikasi biologis, penentuan toksisitas, dan identifikasi molekul aktif.

Kesimpulan

Kulit sukun merupakan hasil samping pertanian yang memiliki profil kimia kompleks. Bahan ini mengandung senyawa fenolik, flavonoid, tanin, steroid, triterpenoid, pati, serat, mineral, serta flavonoid terpenilasi seperti cyclocommunol.

Ekstrak kulit sukun menunjukkan aktivitas antioksidan, antibakteri, fotoprotektif, dan antiproliferatif dalam pengujian laboratorium. Cyclocommunol serta turunannya juga memberikan contoh menarik mengenai hubungan struktur kimia dan aktivitas biologis.

Potensi tersebut belum menjadikan kulit sukun sebagai bahan obat yang terbukti. Peneliti masih perlu melakukan standardisasi ekstrak, identifikasi senyawa, pengujian mekanisme, evaluasi toksisitas, serta penelitian biologis lanjutan.

Bagi bidang kimia, kulit sukun bukan sekadar limbah organik. Bahan ini merupakan sumber molekul, matriks polisakarida, dan objek penelitian yang dapat menghubungkan kimia bahan alam, kimia analitik, kimia pangan, serta kimia berkelanjutan.

Referensi

1. Syamsurizal, Samadi, A., Tanoeyadi, S., Amin, M., Skala, L. E., & Mahmud, T. (2026). Semisynthesis and biological activities of derivatives of cyclocommunol from *Artocarpus altilis* fruit peel. *Natural Product Research*, 40(9), 2402–2409. <https://doi.org/10.1080/14786419.2025.2472277>.
2. Calix-Rivera, C. S., NáThia-Neves, G., Mauro, R. R., Villanueva, M., & Ronda, F. (2025). Physico-chemical and nutritional properties of breadfruit pulp and peel flours: Insights into starch molecular characteristics and their impact on starch digestibility. *International Journal of Biological Macromolecules*, 305, 141224. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2025.141224>.
3. Estudillo, P. M. N., & Tolentino, J. H. G. (2024). Antioxidant and antiproliferative properties of *Artocarpus altilis* breadfruit and *Artocarpus odoratissimus* marang fruit wastes. *Philippine Journal of Science*, 153(5), 1703–1712. <https://doi.org/10.56899/153.05.18>.
4. Soifoini, T., Donno, D., Jeannoda, V., Rakoto, D. D., Msahazi, A., Farhat, S. M. M., Oulam, M. Z., & Beccaro, G. L. (2021). Phytochemical composition, antibacterial activity, and antioxidant properties of the *Artocarpus altilis* fruits. *Foods*, 10(9), 2136. <https://doi.org/10.3390/foods10092136>.
5. Nascimento, T. P., Santos, M. C. B., Abreu, J. P., Almeida, I. L. G. T., Feijó, M. B. S., Teodoro, A. J., Ferreira, M. S. L., Cameron, L. C., & Koblitiz, M. G. B. (2020). Effects of cooking on the phytochemical profile of breadfruit as revealed by high-resolution UPLC-MSE. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 100(5), 1962–1970. <https://doi.org/10.1002/jsfa.10209>.
6. Vianney, Y. M., Putra, S. E. D., & Purwanto, M. G. M. (2020). Antioxidant and toxicity activity of aqueous extracts from various parts of breadfruit and breadnut. *International*

7. Jalal, T. K., Ahmed, I. A., Mikail, M., Momand, L., Draman, S., Isa, M. L. M., et al. (2015). Evaluation of antioxidant, total phenol and flavonoid content and antimicrobial activities of *Artocarpus altilis* breadfruit extracts. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, 175(7), 3231–3243. <https://doi.org/10.1007/s12010-015-1499-0>.
8. Soifoini, T., Donno, D., Jeannoda, V., Giacomini, C., & Beccaro, G. L. (2018). Bioactive compounds, nutritional traits, and antioxidant properties of *Artocarpus altilis* fruits. *Journal of Food Quality*, 2018, 5697928. <https://doi.org/10.1155/2018/5697928>.
9. Liu, Y., Brown, P. N., Ragone, D., Gibson, D. L., & Murch, S. J. (2020). Breadfruit flour is a healthy option for modern foods and food security. *PLOS ONE*, 15(7), e0236300. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0236300>.
10. Mehta, K. A., Quek, Y. C. R., & Henry, C. J. (2023). Breadfruit (*Artocarpus altilis*): Processing, nutritional quality, and food applications. *Frontiers in Nutrition*, 10, 1156155. <https://doi.org/10.3389/fnut.2023.1156155>.
11. Luzuriaga-Quichimbo, C. X., et al. (2019). Providing added value to local uses of paparahua, *Artocarpus altilis*, in Amazonian Ecuador by phytochemical data review. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 29(1), 62–68. <https://doi.org/10.1016/j.bjp.2018.09.008>.
12. Słota, P., et al. (2025). Bioactive profile and rheological characteristics of breadfruit, *Artocarpus altilis*, pulp commercial flour. *Molecules*, 30(18), 3732. <https://doi.org/10.3390/molecules30183732>.