



UJI TOKSISITAS AKUT MINYAK SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis* L.) MELALUI BRINE SHRIMP LETHALITY TEST DAN PREDIKSI IN SILICO

*ACUTE TOXICITY ASSESSMENT OF SACHA INCHI (*Plukenetia volubilis* L.) OIL THROUGH THE BRINE SHRIMP LETHALITY TEST AND IN SILICO PREDICTION*

Najmah¹, Yuszda K. Salimi^{1*}, Finny Nurchita¹, Suleman Duengo¹, Astin Lukum¹

¹ Jurusan Kimia, Fakultas MIPA, Universitas Negeri Gorontalo, Jl. Prof. Dr. BJ. Habibie,
96554, Gorontalo, Indonesia

*Penulis Korespondensi

ABSTRAK

Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) merupakan sumber asam lemak esensial yang memiliki prospek besar sebagai bahan pangan fungsional. Kandungan asam lemak tak jenuh ganda seperti α -linolenat dan linoleat menjadikan minyak sacha inchi bernilai tinggi untuk kesehatan, terutama dalam mendukung fungsi metabolik dan kardiovaskular. Namun, keberadaan senyawa bioaktif seperti saponin dan alkaloid serta kerentanan terhadap oksidasi memunculkan kekhawatiran mengenai keamanan produk ini. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi rendemen, kestabilan, dan profil toksisitas akut minyak sacha inchi hasil ekstraksi dengan metode berbeda, sekaligus memberikan kontribusi pada pengembangan produk yang aman dan berkualitas. Minyak diekstraksi menggunakan metode press hidrolik dan soxhletasi. Rendemen dihitung secara gravimetri, sementara uji toksisitas dilakukan melalui Brine Shrimp Lethality Test (BSLT). Analisis in silico digunakan untuk memprediksi potensi toksisitas senyawa dominan, termasuk asam lemak tak jenuh ganda dan fitosterol. Hasil penelitian menunjukkan bahwa rendemen minyak dengan soxhletasi lebih tinggi (47,39%) dibandingkan press hidrolik (32,43%). Nilai LC₅₀ yang diperoleh masing-masing 15,249 mg/mL dan 18,532 mg/mL, keduanya jauh di atas ambang batas toksisitas sehingga tergolong aman. Prediksi in silico mendukung temuan ini dengan mengindikasikan tingkat toksisitas rendah pada senyawa utama. Dengan demikian, penelitian ini menyimpulkan bahwa minyak sacha inchi aman dari sisi toksisitas akut untuk mendukung pemanfaatannya dalam pangan fungsional, farmasi, dan kosmetik.

Kata Kunci: *Sacha inchi*, toksisitas akut, ekstraksi minyak

ABSTRACT

Sacha inchi (Plukenetia volubilis) is recognized as a valuable source of essential fatty acids with considerable potential as a functional food ingredient. Its richness in polyunsaturated fatty acids, such as α -linolenic and linoleic acids, underscores its nutritional significance in supporting metabolic and cardiovascular health. Nevertheless, the presence of bioactive compounds including saponins and alkaloids, along with its susceptibility to oxidation, raises safety concerns. This study aimed to evaluate the yield, stability, and acute toxicity profile of sacha inchi oil extracted using different methods, while contributing insights to the development of safe and high-quality products. Oil was extracted through hydraulic pressing and Soxhlet extraction. Yield was measured gravimetrically, while acute toxicity was assessed using the Brine Shrimp Lethality Test (BSLT). In silico analysis was conducted to predict the potential toxicity of dominant compounds, including polyunsaturated fatty acids and phytosterols. The results revealed that Soxhlet extraction produced a higher yield (47.39%) compared to hydraulic pressing

(32.43%). Toxicity tests showed LC_{50} values of 15.249 mg/mL and 18.532 mg/mL, both well above the toxicity threshold, thereby classifying the oils as safe. In silico predictions corroborated these findings, indicating low toxicity levels in the main constituents. In conclusion, this study confirms that *sacha inchi* oil is safe in terms of acute in functional food, pharmaceutical, and cosmetic applications.

Keywords: *Sacha inchi, acute toxicity, oil extraction*

Jl. Bilinggata, Dulomo selatan, Gorontalo

Yuszda K. salimia: Universitas Negeri Gorontalo, Jl. Prof. Dr. BJ. Habibie, 96554, Gorontalo. 085341733282. yuszda.salimi@ung.ac.id

PENDAHULUAN

Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.), tanaman tahunan yang berasal dari hutan hujan Amazon, kini semakin dikenal luas sebagai sumber gizi penting, terutama asam lemak tak jenuh ganda seperti α -linolenat dan linoleat. Kedua senyawa ini berperan besar dalam menjaga kesehatan kardiovaskular dan metabolik, sehingga menjadikan minyak sacha inchi sebagai kandidat potensial untuk pangan fungsional dan produk nutraseutikal. flavonoid, triterpenoid, saponin, dan alkaloid, yang berperan dalam aktivitas biologis seperti antiinflamasi, antioksidan, dan hipokolesterolemik (1–3). Di Indonesia, pemanfaatan biji Sacha Inchi sebagai bahan pangan maupun nonpangan mulai berkembang, termasuk di daerah Gorontalo (4,5). Selain kandungan gizi yang menjanjikan, sacha inchi juga mengandung senyawa bioaktif yang dapat menimbulkan risiko kesehatan bila dikonsumsi tanpa pengolahan yang

tepat. Penelitian sebelumnya melaporkan bahwa biji mentah mengandung sekitar $7,02 \pm 0,2$ mg saponin per gram dan 485 ± 35 mg alkaloid per kilogram bobot kering, bahkan kadar saponin dapat mencapai 27 ± 4 mg/kg (6). Senyawa-senyawa ini diketahui memiliki potensi sitotoksik dan genotoksik, di mana saponin dapat merusak membran sel, sedangkan alkaloid kerap dikaitkan dengan toksisitas akut dan potensi karsinogenik. Fakta ini menegaskan perlunya pengendalian konsumsi serta penerapan teknik pengolahan yang aman untuk menurunkan risiko tersebut. Kekhawatiran terkait keamanan juga terdapat pada minyaknya. Meskipun kaya akan asam lemak esensial, minyak sacha inchi sangat rentan mengalami degradasi oksidatif. Produk oksidasi yang terbentuk dapat menurunkan kualitas gizi dan menghasilkan senyawa berbahaya (7). Penelitian (8) menekankan bahwa kestabilan oksidatif minyak sacha inchi menjadi faktor

kunci yang menentukan kualitas dan keamanan, serta dipengaruhi secara langsung oleh metode pengolahan dan penyimpanan. Interaksi antara asam lemak teroksidasi dengan senyawa bioaktif sisa juga berpotensi memperburuk efek toksik(7).

Kebaruan penelitian ini terletak pada integrasi antara uji biologis Brine Shrimp Lethality Test (BSLT) dengan analisis prediktif toksikologi *in silico* untuk mengevaluasi keamanan minyak sachai dari dua metode ekstraksi berbeda. Sebagian besar penelitian terdahulu berfokus pada kandungan gizi, potensi manfaat kesehatan, atau stabilitas oksidatif minyak sachai, tetapi jarang yang menekankan aspek toksisitas akut dengan menggabungkan pendekatan eksperimental dan komputasional secara bersamaan. Pendekatan ini diharapkan dapat menjadi dasar untuk penelitian lanjutan mengenai toksisitas kronis, bioavailabilitas,. Namun demikian, belum tersedia kajian mendalam yang mengkaji potensi toksisitas dari senyawa-senyawa bioaktif tersebut, terutama dalam bentuk ekstrak minyak dari brand lokal.

Berdasarkan penjelasan di atas, penelitian ini dilakukan untuk

mengetahui profil keamanan dan potensi fungsional minyak Sachai Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) dengan metode press hidrolik dan sokletasi terhadap rendemen, stabilitas, dan toksisitas akut.

METODE

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di laboratorium Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan IPA dan laboratorium Fakultas Pertanian dan berlangsung pada bulan Mei-September 2025.

Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi erlenmeyer, gelas kimia, pipet tetes, mikropipet, cawan petri, magnetic stirrer, lampu, wadah penetasan, serta tabung Eppendorf.

Bahan

Bahan penelitian terdiri atas minyak sachai hasil ekstraksi press hidrolik dan sokletasi, telur *Artemia salina* sebagai organisme uji, air suling (akuades), air laut, dan Tween 80 sebagai emulsifier.

Sampel

Sampel diperoleh dari perkebunan komersial di Tabongo Timur, Gorontalo, Indonesia. Sampel yang digunakan yaitu bagian biji yang di ekstrak secara

soxhletasi dan press hidrolik dan dilanjutkan pada penelitian ini

Tahapan Penelitian

Penetasan Larva *Artemia salina*

Evaluasi toksisitas dengan metode BSLT merujuk pada penelitian (9) yang telah dimodifikasi. Sebanyak 50 mg telur *Artemia salina* dimasukkan ke dalam wadah penetasan berisi 500 mL air laut yang dilengkapi aerator dan lampu bohlam 50 watt yang dinyalakan dan ditempatkan dekat wadah penetasan. Setelah 48 jam larva udang siap digunakan.

Uji Toksisitas dengan BSLT

Evaluasi toksisitas memerlukan paparan larva terhadap konsentrasi ekstrak yang berbeda dan pengamatan hasil pemisahan. Uji toksisitas dilakukan dalam tiga kali ulangan untuk setiap sampel minyak. Sebanyak 24 tabung Eppendorf disiapkan untuk perlakuan sampel, ditambah tiga tabung berisi air laut sebagai kontrol negatif dan tiga tabung berisi Tween 80 sebagai kontrol emulsifier.

Larutan stok 20.000 ppm disiapkan dengan melarutkan 2 mL minyak dalam pelarut, kemudian ditambahkan 0,15 mL Tween 80, dan diencerkan menggunakan air laut hingga mencapai volume 100 mL. Dari

larutan stok ini diambil berturut-turut 700, 300, 100, dan 90 μL ke dalam tabung Eppendorf untuk membuat konsentrasi uji 10.000, 5.000, 2.500, dan 1.250 $\mu\text{g/mL}$. kemudian ditambahkan air laut hingga volume total mencapai 1,5 mL.

Sebanyak 10 ekor larva *Artemia salina* dimasukkan dalam masing-masing tabung dan diinkubasi. Setelah 24 jam, hitung jumlah larva yang hidup dan proporsi kematian. Titik akhir kematian pada uji sitotoksitas ini ditandai dengan tidak adanya gerakan maju yang diamati selama sekitar 30 detik setelah pengamatan kemudian menghitung persentase mortalitas larva pada kelompok kontrol dan setiap konsentrasi (10)

Pengolahan Data dan Penentuan LC_{50}

Toksisitas ditentukan berdasarkan nilai LC_{50} melalui analisis probit menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel. Persentase mortalitas larva dengan rumus:

$$\% \text{Mortalitas} = \left(\frac{\text{Jumlah larva mati}}{\text{Jumlah larva uji}} \right) \times 100\%$$

Nilai persentase kemudian dikonversi menjadi satuan probit menggunakan tabel probit. Selanjutnya dibuat grafik dengan log konsentrasi sebagai sumbu X dan mortalitas dalam satuan probit sebagai sumbu Y. Nilai

LC₅₀ diperoleh dari persamaan regresi linier $y=a+bx$.

Analisis Toksikologi *In Silico*

Analisis komputasional dilakukan menggunakan platform ProTox-II untuk memprediksi potensi toksisitas dari senyawa bioaktif dalam minyak sacha inchi. Prediksi dapat dilakukan dengan memasukkan nama senyawa atau string SMILES (Simplified Molecular-Input Line-Entry System).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rendemen Ekstraksi dan Pertimbangan Metodologis

Ekstraksi minyak biji sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) dengan dua metode berbeda, yaitu press hidrolik dan soxhletasi, menghasilkan rendemen masing-masing sebesar 32,43% dan 47,39%. Rendemen yang lebih tinggi pada metode soxhletasi mencerminkan efisiensi teknik berbasis pelarut dalam melarutkan senyawa lipofilik dan meningkatkan perolehan minyak. Namun demikian, penggunaan pelarut organik menimbulkan kekhawatiran terkait kualitas minyak, keberadaan residu pelarut, dan kestabilan oksidatif. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa minyak hasil ekstraksi pelarut sering memiliki nilai peroksida dan

produk oksidasi yang lebih tinggi, yang berkorelasi dengan mutu gizi yang lebih rendah dibandingkan minyak hasil press dingin (8). Sebaliknya, rendemen yang relatif lebih rendah dari metode press hidrolik, walaupun kurang efisien untuk skala industri, menghindari risiko residu kimia dan lebih sesuai dengan preferensi konsumen terhadap produk alami yang minim proses. Trade-off ini menegaskan pentingnya optimalisasi metode ekstraksi tidak hanya dari sisi efisiensi, tetapi juga dari sisi keamanan dan stabilitas.

Uji Toksisitas Akut dengan BSLT

Uji toksisitas akut menggunakan Brine Shrimp Lethality Test (BSLT) dilakukan untuk menilai keamanan awal minyak sacha inchi hasil ekstraksi dengan metode press hidrolik dan soxhletasi. Penggunaan Tween 80 sebagai emulsifier berfungsi mengurangi tegangan permukaan minyak dan air sehingga membantu terbentuknya campuran homogen dari dua fase yang tidak bercampur dan ini stabil selama satu bulan (11,12) sehingga penelitian ini tidak menggunakan pelarut tambahan lain untuk melarutkan minyak dan air yang tidak bercampur. Uji toksisitas kontrol negatif dan positif 10 larva dari hasil

pengamatan 24 jam tetap hidup. Hasil analisis persen kematian dan probit dari minyak metode soxhletasi dan press

hidrolik dapat dilihat pada tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Hasil Analisis Probit Mortalitas Press Hidrolik

Konsentrasi Uji ($\mu\text{g/mL}$)	Log Konsentrasi	Jumlah Larva Uji (ekor)	Jumlah Larva yang Mati			Persen Kematian (%)	Nilai Probit
			1	2	3		
10.000	4,00	10	5	4	5	46,7	4,95
5.000	3,69	10	4	4	4	40,0	4,75
2.500	3,39	10	1	1	1	10,0	3,72
1.250	3,09	10	0	0	0	0,0	3,04
LC ₅₀ = 15,249							

Tabel 2. Hasil Analisis Probit Mortalitas Press Hidrolik

Konsentrasi Uji ($\mu\text{g/mL}$)	Log Konsentrasi	Jumlah Larva Uji (ekor)	Jumlah Larva yang Mati			Persen Kematian (%)	Nilai Probit
			1	2	3		
10.000	4,00	10	4	5	5	46,7	4,95
5.000	3,69	10	2	2	2	20,0	4,26
2.500	3,39	10	2	1	1	13,3	3,90
1.250	3,09	10	0	0	0	0,0	3,04
LC ₅₀ = 18,532							

Hasil pengujian menunjukkan bahwa nilai LC₅₀ minyak hasil press hidrolik adalah 15,249 $\mu\text{g/mL}$, sedangkan minyak hasil soxhletasi memiliki nilai LC₅₀ sebesar 18,532 $\mu\text{g/mL}$. Kedua nilai ini berada jauh di atas ambang batas toksisitas sebesar 1.000 mg/mL, sehingga minyak dari kedua metode ekstraksi dikategorikan tidak toksik. Dengan demikian, minyak sachai inchi dapat dianggap aman dalam

konteks paparan akut terhadap organisme uji.

Hubungan metode ekstraksi dengan toksisitas saling berpengaruh, pada metode ekstraksi press hidrolik cenderung menghasilkan fraksi yang lebih beragam, termasuk senyawa polar, asam lemak bebas, fosfolipid, serta pigmen dan surfaktan alami. Semua ini berkontribusi pada peningkatan bioavailabilitas dalam bioassay, sehingga efek toksiknya menjadi lebih

kuat. Di sisi lain, metode soxhletasi, yang bergantung pada pelarut nonpolar dan pemanasan berulang, bisa mengekstrak fraksi yang lebih murni tetapi mengurangi kandungan beberapa senyawa aktif melalui oksidasi atau termolisis. Hal ini dapat menyebabkan penurunan toksisitas yang terukur, dengan nilai LC_{50} yang berbeda. Hasil rendamen minyak dan komposisi senyawa kimia dalam minyak Sacha inchi dipengaruhi oleh metode ekstraksi

serta tingkat oksidasi yang berubah akan memengaruhi aktivitas biologis termasuk toksisitas (5,13,14).

Akan tetapi, kandungan senyawa bioaktif seperti saponin dan alkaloid tetap menjadi perhatian penting dan kemungkinan keberadaannya sebagai residu. Pada tabel 3, menunjukkan penggolongan uji BSLT dari berbagai senyawa bioaktif sachu inchi.

Tabel 3. Data Sekunder Senyawa Bioaktif Biji *Sacha inchi*

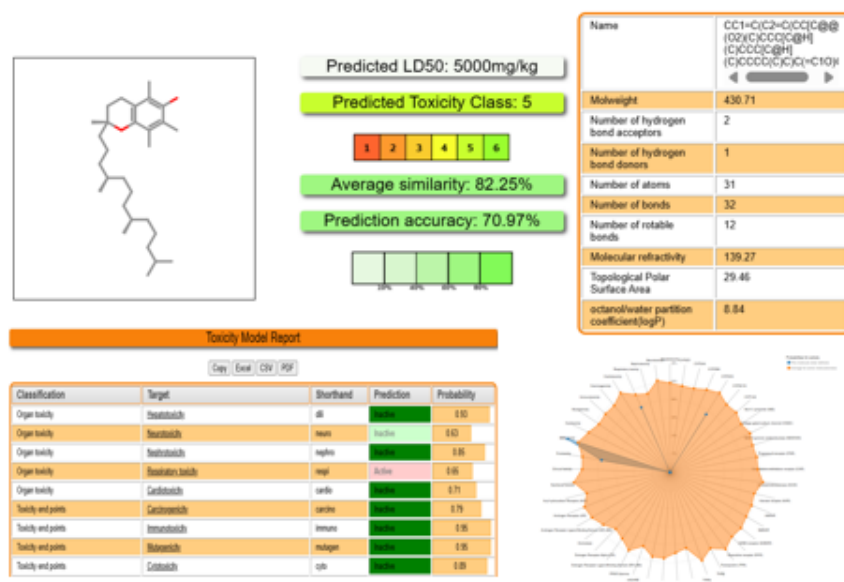
Nama Senyawa	Jenis Senyawa	Potensi Mortalitas pada <i>A. salina</i>	Mekanisme Toksisitas
α -Tocopherol	Fenolik turunan vit. E	Sedang	Dalam dosis tinggi bertindak sebagai pro-oksidan, merusak lipid membran(15).
γ -tocopherol	Fenolik turunan vit. E	Sedang	Efek serupa α -tocopherol (15).
α -Linolenic Acid	Asam lemak omega-3	Rendah	Nutrien esensial, tidak toksik akut (16).
Linoleic Acid	Asam lemak omega-6	Rendah	Nutrien esensial, tidak toksik akut (16).
Oleic Acid	Asam lemak omega-9	Rendah	Dapat memengaruhi permeabilitas membran pada konsentrasi tinggi, tetapi tidak toksik akut pada larva (16).
Palmitic Acid	Asam lemak jenuh	Rendah	Efek utama pada metabolisme lipid, bukan toksisitas akut (15).
Stearic Acid	Asam lemak jenuh	Rendah	Efek utama pada metabolisme lipid (15).
β -sitosterol	Sterol tumbuhan	Rendah	Relatif aman terhadap <i>A. salina</i> , efek sitotoksik pada sel mamalia tertentu (17).
Kampesterol	Sterol tumbuhan	Rendah	Relatif aman terhadap <i>A. salina</i> (17).
Stigmasterol	Sterol tumbuhan	Rendah	Tidak toksik akut pada larva (15)

Skualena	Triterpenoid	Rendah	Antioksidan, tidak toksik akut (16).
Phytol	Aldehida alifatik tak jenuh	Rendah	Dapat menyebabkan iritasi pada hewan mamalia, namun tidak toksik akut pada A. salina (18).
Methyl Linoleat	Ester lemak	Rendah	Tidak toksik akut pada larva (15).
Methyl Oleat	Ester lemak	Rendah	Tidak toksik akut pada larva (15).

Prediksi Toksikologi In Silico

Pelengkap uji biologis, dilakukan prediksi toksisitas secara in silico menggunakan platform ProTox-II. Senyawa utama dalam minyak sacha inchi, yaitu α -linolenat, asam linoleat, asam oleat, β -sitosterol, stigmasterol, dan skualena. Hasil prediksi in silico dapat dilihat pada Gambar 1 dan tabel 4.

Hasil prediksi diklasifikasikan dalam kategori aman hingga sedikit toksik dengan nilai LD₅₀ berkisar antara 890 hingga 20.000 mg/kg. Nilai ini termasuk dalam kelas toksisitas 4–6, yang menunjukkan rendahnya toksisitas oral akut serta memperkuat klasifikasi tidak toksik sebagaimana ditunjukkan oleh hasil BSLT.



Gambar 1. Hasil Prediksi Protox-II dari α -tocopherol

Integrasi data in silico dengan uji biologis memberikan evaluasi

keamanan yang lebih kuat. Model komputasionalProTox-II memanfaatkan

pendekatan kemoinformatika dan machine untuk memprediksi toksisitas organ-spesifik, jalur biokimia, serta target molekuler (19). Dalam penelitian ini, prediksi komputasional konsisten dengan learning hasil uji biologis, sehingga menambah keyakinan pada

profil keamanan minyak sachu inchi. Hasil prediksi toksisitas secara in silico menggunakan Protox-II ditinjau dari prediksi toksisitas target organ yaitu hepatotoksitas dan imunotoksitas juga mutagenisitasnya serta nilai LD50.

Tabel 4. Hasil Prediksi Toksisitas Senyawa Bioaktif Menggunakan ProTox-II

Nama Senyawa	Hepatotoksitas	Imunotoksitas	Mutagenisitas	Toksisitas LD50
α -Tocopherol	0.93 (inaktif)	0.95 (inaktif)	0.95 (inaktif)	5.000 mg/kg
γ -tocopherol	0.93 (inaktif)	0.79 (inaktif)	0.95 (inaktif)	5.000 mg/kg
α -Linolenic Acid	0.54 (inaktif)	0.99 (inaktif)	0.95 (inaktif)	10.000 mg/kg
Linoleic Acid	0.55 (inaktif)	0.96 (inaktif)	1.0 (inaktif)	10.000 mg/kg
Oleic Acid	0.55 (inaktif)	0.99 (inaktif)	1.0 (inaktif)	890 mg/kg
Palmitic Acid	0.52 (inaktif)	0.99 (inaktif)	1.0 (inaktif)	900 mg/kg
Stearic Acid	0.55 (inaktif)	0.99 (inaktif)	1.0 (inaktif)	900 mg/kg
β -sitosterol	0.87 (inaktif)	0.99 (aktif)	0.98 (inaktif)	890 mg/kg
Kampesterol	0.85 (inaktif)	0.99 (aktif)	0.96 (inaktif)	890 mg/kg
Stigmasterol	0.87 (inaktif)	0.99 (aktif)	0.98 (inaktif)	890 mg/kg
Skualena	0.79 (inaktif)	0.99 (inaktif)	0.98 (inaktif)	5.000 mg/kg
Phytol	0.79 (inaktif)	0.99 (inaktif)	0.97 (inaktif)	5.000 mg/kg
Methyl Linoleat	0.59 (inaktif)	0.86 (inaktif)	0.98 (inaktif)	20.000 mg/kg
Methyl Oleat	0.59 (inaktif)	0.96 (inaktif)	0.98 (inaktif)	3.000 mg/kg

Perbandingan lintas parameter toksisitas (hepatotoksitas, imunotoksitas,

as, dan mutagenisitas), profil keamanan senyawa yang diuji menunjukkan

perbedaan yang cukup jelas antar gugus bioaktifnya. Pada parameter hepatotoksisitas umumnya rendah (semua “inaktif”), namun tingkatnya bervariasi: α - dan γ -tocopherol menonjol paling aman dengan skor 0,93 (inaktif); kelompok fitosterol masih aman— β -sitosterol 0,87, kampesterol 0,85, stigmasterol 0,87—meski sedikit di bawah tocopherol; sedangkan asam lemak berada pada batas bawah inaktif dengan skor 0,52–0,55 untuk palmitat (0,52), stearat (0,55), linoleat (0,55), dan oleat (0,55), serta 0,54 pada α -linolenat; turunan metil linoleat/oleat masing-masing 0,59. Skualena dan phytol berada di tingkat menengah dengan 0,79 (keduanya inaktif). Hasil prediksi imunotoksisitas, pembeda utama muncul pada fitosterol: β -sitosterol, kampesterol, dan stigmasterol diprediksi aktif dengan skor 0,99 (aktif), sehingga berpotensi memberi efek pada sistem imun dan perlu kewaspadaan formulasi. Semua senyawa lain inaktif, termasuk α -tocopherol 0,95, γ -tocopherol 0,79, skualena 0,99, phytol 0,99, serta asam lemak dan metil esternya pada rentang 0,86–0,99 (seluruhnya inaktif). Hasil prediksi untuk mutagenisitas, tidak ditemukan sinyal risiko: seluruh senyawa inaktif

dengan skor dari 0,95 hingga 1,00; beberapa bahkan mencapai 1,00 pada linoleat, oleat, palmitat, dan stearat, sementara tocopherol, fitosterol, skualena, phytol, dan metil ester berada pada 0,97–0,98 (tetap inaktif). Secara keseluruhan, tocopherol ditinjau dari 3 parameter (0,93; 0,95/0,79; 0,95), fitosterol aman di hati namun berisiko imunotoksik (0,99 aktif), dan asam lemak non-mutagenik tetapi memiliki keyakinan inaktif hati paling rendah (0,52–0,55) sehingga perlu kontrol dosis dan kualitas yang ketat. Dengan demikian, meskipun hasil prediksi ini menunjukkan tidak adanya toksisitas akut.

Teknik Ekstraksi dan Stabilitas Minyak

Metode ekstraksi berperan penting tidak hanya pada rendemen, tetapi juga pada kualitas dan stabilitas minyak. Press hidrolik menjaga kualitas gizi, tetapi minyak yang dihasilkan rentan terhadap degradasi akibat paparan udara dan cahaya. Sebaliknya, metode soxhletasi menghasilkan rendemen lebih tinggi namun dapat mempercepat ketengikan karena rendahnya kestabilan oksidatif. Menurut penelitian (20), hasil ekstrak press hidrolik mengandung asam lemak

tak jenuh 91,88–92,97% asam lemak tak jenuh, di mana sekitar 42,67–46,34% adalah Omega-3 (asam alfa-linolenat) dan sekitar 37,37–39,18% adalah Omega-6 (asam linoleat), sementara sekitar 9,03–9,82% adalah Omega-9. Banyaknya ikatan rangkap membuat minyak lebih mudah teroksidasi (cepat tengik) sehingga stabilitasnya cenderung rendah dibanding minyak yang lebih jenuh, artinya kualitas minyak tergantung juga dengan penyimpanan hindari dari cahaya dan paparan udara. Menurut penelitian (21), hasil ekstraksi soxhletasi sachal inchi mengandung 42,07–42,53% omega-3, 38,71–39,20% untuk omega-6 sebesar 9,80–9,96% dan omega-9, dan 8,76–8,86% dan zat lain yaitu, asam palmitat, asam stearat, dan asam lemak bebas. Ini menunjukkan asam lemak tak jenuh ada namun lebih rendah dari hasil press hidrolik. Ekstraksi soxhletasi menggunakan pemanasan selama waktu lama, cenderung memicu degradasi asam lemak tak jenuh dan hilangnya antioksidan, yang dapat menurunkan stabilitas oksidatif. Selain itu, beberapa minyak menunjukkan penurunan asam linolenat setelah soxhletasi dibanding press dingin, mengindikasikan

terjadinya perubahan pada fraksi paling tidak jenuh selama pemrosesan termal. Kombinasi hilangnya antioksidan dan terbentuknya produk oksidasi menurunkan stabilitas oksidatif akhir (21).

Keamanan Komparatif dalam Konteks Senyawa Bioaktif

Integrasi hasil BSLT dengan prediksi *in silico* menegaskan bahwa minyak sachal inchi, baik diekstrak dengan press hidrolik maupun soxhletasi, tidak menunjukkan toksisitas akut dan aman dikonsumsi dalam batas parameter penelitian ini. Metode ekstraksi terbukti berpengaruh signifikan terhadap rendemen, kestabilan, dan profil toksikologis minyak. Press dingin maupun soxhletasi menghasilkan karakteristik minyak yang berbeda (8). Keberadaan zat antinutrien perlu diperhatikan lebih lanjut. Pada minyak Sachal inchi, antinutrien seperti saponin dan banyak alkaloid bersifat relatif lebih polar, sehingga saat ekstraksi minyak diperah (press hidrolik) atau dilarutkan dengan pelarut non-polar (umum pada soxhletasi) senyawa ini tidak ikut terkekstrak ke fase minyak dan cenderung tinggal di bungkil/meal. Karena itu, pada produk minyaknya

antinutrien ini biasanya hanya residu kecil (14). Pemahaman yang pertama mengenai dampak kronis paparan residu saponin dan alkaloid paparan jangka panjang perlu diteliti lebih lanjut ditinjau dari efek sitotoksik atau genotoksik kumulatif (22,23). Kedua, implikasi toksikologis dari berbagai teknik pengolahan, seperti mikroenkapsulasi, ekstraksi superkritis, dan elektrospraying, masih kurang dieksplorasi.

Walaupun mikroenkapsulasi terbukti meningkatkan stabilitas, konsekuensi metabolik jangka panjang dari konsumsi minyak yang dimikroenkapsulasi belum banyak diteliti (24,25). Ketiga, efek sinergis ko-enkapsulasi minyak kaya omega-3 dengan bioaktif lain masih jarang diteliti, meskipun berpotensi memberikan manfaat sekaligus risiko (26).

KESIMPULAN

Penelitian ini menegaskan bahwa minyak sachachi (*Plukenetia volubilis*), baik melalui ekstraksi press hidrolik maupun soxhletasi, menunjukkan profil toksisitas akut yang aman. Nilai LC_{50} dari uji BSLT berada jauh di atas ambang toksisitas,

sementara prediksi *in silico* terhadap senyawa utama seperti α -linolenat, asam linoleat, dan β -sitosterol juga mengindikasikan tingkat toksisitas rendah. Perbedaan utama antara kedua metode ekstraksi terletak pada rendemen dan kualitas minyak: soxhletasi memberikan hasil lebih tinggi namun cenderung menurunkan stabilitas oksidatif, sedangkan press hidrolik menghasilkan minyak yang lebih bersih dengan rendemen lebih rendah. Meskipun hasil ini menegaskan keamanan akut minyak sachachi, literatur menunjukkan bahwa keberadaan residu dari saponin, alkaloid, serta kerentanan asam lemak tak jenuh terhadap oksidasi masih perlu diwaspadai. Kontribusi utama penelitian ini adalah integrasi uji biologis (BSLT) dengan pendekatan komputasional (*in silico*), yang memberikan gambaran menyeluruh mengenai keamanan minyak nabati nonkonvensional. Ke depan, penelitian lebih lanjut perlu difokuskan pada toksisitas kronis, bioavailabilitas, dan dampak jangka panjang konsumsi, sehingga minyak sachachi dapat dikembangkan secara optimal sebagai bahan pangan fungsional, farmasi, maupun kosmetik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih peneliti sampaikan kepada Universitas Negeri Gorontalo atas dukungan dana melalui PNBPTahun 2025 nomor kontrak 596/UN47.D1/PT.01.03/2025

DAFTAR PUSTAKA

1. Cárdenas D., Rave LJ., Soto J. Biological activity of sachainchi (*Plukenetia volubilis* linneo) and potential uses in human health: A review. *Food Technol Biotechnol.* 2021;59(3):253–66.
2. Goyal A, Tanwar B, Sihag KM, Sharma. Sachainchi (*Plukenetia volubilis* L.): An emerging source of nutrients, omega-3 fatty acid and phytochemicals. *Food Chem.* 2022;373:131459.
3. Maya I. Physicochemical Characteristics, Fatty Acid Profile, and in Vitro Antioxidant Activity Evaluation of Sachainchi Seed Oil From Indonesia. *Cosmetics.* 2023;10(6):171.
4. Bait Y, Salimi Y, K, Zubair M, Rahmatia S, D S. Pemberdayaan Berbasis, Masyarakat Desa Tabongo Timur Melalui Pengolahan Produk SDGs, Kelapa dan Sachainchi untuk Mendukung Pencapaian. *Abdimas UMTAS J Pengabdian Masy.* 2024;9(4):1143–56.
5. Salimi Y, Ningrayati AL, Sako BU, Aisa LS, Mohamad E. Developing Sachainchi Cultivation in Tabongo Timur Village: An Empowerment Strategy for Food Security and Economic Improvement. *Abdimas UMTAS J Pengabdian Masy.* 2024;4:1782–91.
6. Le VTT, Huynh TH, Chen LY, Praristiya MRS, Lin HY, Lai KH, et al. Safety evaluation of *Plukenetia volubilis* seeds: a metabolomic profiling and network toxicology approach. *RSC Adv.* 2024;14(40):29319–29.
7. Soimee W, Nakyai W, Charoensit, Pensri Grandmottet F, Worasakwutiphong S, Phimnuan P, Viyoch J. Evaluation of moisturizing and irritation potential of sachainchi oil. 2019;19(4):915–24.
8. Chasquibol N, Gonzales BF, Alarcón R, Sotelo A, Gallardo G, García B, et al. Co-Microencapsulation of Sachainchi (*Plukenetia huayllabambana*) Oil

- with Natural Antioxidants Extracts. *Foods*. 2023;12(11).
9. Syamsurizal, Utami D, Sutrisno, Efrini E, Jumardi M. Uji toksisitas buah palem merah (*Cyrtostachys renda* Blume.) menggunakan metode brine shrimp lethality test (BSLT) method. *J Pharm*. 2023;1(1):407–13.
10. Kumar A, Saima N, Alam S, Ara J, Chowdhury M, Tasnim U. Evaluation of In Vitro and In Vivo Pharmacological Activity of *Elatostema sessile* With In Silico Approaches. *Food Sci Nutr*. 2025;13.
11. Mande J. Formulasi Minuman Emulsi VCO Menggunakan Variasi Emulsifier (Gum Arab , Tween 80) Dan Air. *J Ind Has Perkeb*. 2019;14(1):11–20.
12. Shabrina A, Khansa ISM. Physical Stability of Sea Buckthorn Oil Nanoemulsion with Tween 80 Variations Stabilitas Fisik Nanoemulsi Minyak Sea Buckthorn dengan Variasi Tween 80 sebagai Surfaktan. *Indones J Pharm Sci Technol*. 2022;1(1):14–21.
13. Kong S, Keang T, Bunthan M, Say M, Nat Y, Tan CP, et al. Hydraulic Cold-Pressed Extraction of Sacha Inchi Seeds : Oil Yield and Its Physicochemical Properties. *ChemEngineering*. 2023;
14. Lu W, Chiu C, Chan Y, Mulio AT, Chiu C, Chan Y, et al. New perspectives on different Sacha inchi seed oil extractions and its applications in the food and cosmetic industries. *Crit Rev Food Sci Nutr* [Internet]. 2025;65(3):475–93. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1080/10408398.2023.2276882>
15. Gutiérrez L-F, Rosada L-M, Jiménez Á. Chemical composition of Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seeds and. *Grasas y aceites*. 2011;62(1):76–83.
16. Valenzuela R, Walbaum B, Farias C, Acevedo F, Vargas C, Bennett JT, et al. High linoleic acid levels in red blood cells predict a poor response to neoadjuvant chemotherapy in human epidermal growth factor receptor type 2-positive breast cancer patients. *Nutrition*.

- 2024;121.
17. Chusniasih D, Tutik T. Uji toksisitas dengan metode brine shrimp lethality test (bslt) dan identifikasi komponen fitokimia ekstrak aseton kulit buah kakao (*Theobroma cacao* L.). *Anal Anal Environ Chem*. 2020;5(2):192–201.
18. Neuman MG, Cohen LB, Steenkamp V. Pyrrolizidine alkaloids enhance alcohol-induced hepatocytotoxicity in vitro in normal human hepatocytes. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2017;21(1):53–68.
19. Banerjee P, Eckert AO, Schrey AK, Preissner R. ProTox-II: A webserver for the prediction of toxicity of chemicals. *Nucleic Acids Res*. 2018;46(W1):W257–63.
20. Supriyanto, Supriyanto Imran Z, Ardiansyah R, Auliyai B, Pratama A, Kadha F. The Effect of Cultivation Conditions on Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) Seed Production and Oil Quality. *Agronomy*. 2022;12(636):1–13.
21. Jitpinit S, Siraworakun C, Sookklay Y, Nuithitikul K. Heliyon Enhancement of omega-3 content in sacha inchi seed oil extracted with supercritical carbon dioxide in semi-continuous process. *Heliyon*. 2022;8(October 2021).
22. Bichescu CI, Stoica D, Stoica M. Pulsed Electric Fields In Wine Processing – A Narrative Review. *Innov Rom Food Biotechnol*. 2024;25:1–14.
23. Wang X, Dong Q, Chen G, Zhang J, Liu Y, Cai Y. Frameshift and wild-type proteins are often highly similar because the genetic code and genomes were optimized for frameshift tolerance. *BMC Genomics* [Internet]. 2022;23(1):1–15. Tersedia pada: <https://doi.org/10.1186/s12864-022-08435-6>
24. Gómez-Mascaraque, Laura López-Rubio A. Encapsulation of Plant-derived Bioactive Ingredients through Electrospraying for Nutraceuticals and Functional Foods Applications. *Curr Med Chem*. 2019;26.
25. Ixtaina VY, Hoffman E, Copado

CN, Diehl BWK, Tomás MC. Microencapsulation of Chia Seed Oil by Spray-Drying: Influence of the Antioxidant Addition. *Eur J Lipid Sci Technol.* 2022;125(1).

26. Zhu X, Bi Z, Yang C, Guo Y, Yuan J, Li L, et al. Effects of different doses of omega-3 polyunsaturated fatty acids on gut microbiota and immunity. *Food Nutr Res.* 2021;8:65.