

DOI: doi.org/10.21009/03.1301.FA31

EKSTRAKSI DAN UJI SIFAT ABSORBANSI MINYAK DARI BIJI TANAMAN SACHA INCHI (*PLUKENETIA VOLUBILIS* L.)

Selvi Puspita Dewi^{1, a)}, Agus Setyo Budi^{1, b)}, Jaja Jamaludin², Rahmat Setiawan Mohar³, Nurfina Yudasari⁴, Iwan Sugihartono^{1, c)}

¹Program Studi Fisika, FMIPA, Universitas Negeri Jakarta, Jl. Rawamangun Muka No. 01, Rawamangun, Jakarta Timur, 13220, Indonesia

²Program Studi Pendidikan Fisika, Universitas Bosowa, Jl. Urip Sumohardjo No. KM04, Makassar, Sulawesi Selatan, Indonesia

³Pusat Riset Fotonika, Badan Riset dan Inovasi Nasional, Kawasan Sains dan Teknologi B.J. Habibie, Tangerang Selatan, Banten, Indonesia

⁴Center For Photonic National Research and Innovation Agency, Banten 15314, Indonesia

Email: ^{a)}selvipuspidadspd10@gmail.com, ^{b)}iwan-sugihartono@unj.ac.id

Abstrak

Telah dilakukan ekstraksi biji tanaman sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) menggunakan metode *cold pressing* pada suhu 45°C serta tekanan sebesar 600 bar atau 60 MPa. Biji berasal dari tanaman sacha inchi yang ditanam pada ketinggian 200 dan 500 mdpl masing-masing dengan volume minyak 100 ml. Pengujian sifat absorbansi akan dilakukan menggunakan teknik *UV-Vis spectrophotometer*. Sehingga dari pola spektrum absorbansi diharapkan dapat memberikan informasi karakteristik kandungan zat yang dimiliki oleh tanaman sacha inchi, yaitu lipid/asam lemak, protein, tokoferol, pitosterol, komponen fenolik, serat, antioksidan, karbohidrat, vitamin, polifenol, dan mineral.

Kata-kata kunci: Ekstraksi, Biji Sacha Inchi, Minyak, Absorbansi, Gugus Fungsional.

Abstract

The seeds of the sacha inchi plant (*Plukenetia volubilis* L.) have been extracted using the cold pressing method at a temperature of 45°C and a pressure of 600 bar or 60 MPa. Seeds come from sacha inchi plants grown at an altitude of 200 and 500 masl each with an oil volume of 100 ml. Testing of absorbance properties will be carried out using the UV-Vis spectrophotometer technique. So that the absorbance spectrum pattern are expected to provide information on the characteristics of the substance content possessed by the sacha inchi plant, namely lipids/fatty acids, proteins, tocopherols, phytosterols, phenolic components, fiber, antioxidants, carbohydrates, vitamins, polyphenols, and minerals.

Keywords: Extraction, Sacha Inchi Seeds, Oil, Absorbance, Functional Groups

PENDAHULUAN

Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) merupakan tanaman abadi, pendakian, berkayu, dan berminyak dari famili *Euphorbiaceae* [1][2]. Secara umum, sacha inchi dikenal sebagai *mani sacha* (kacang sacha), *mani inca* (kacang inca), *mani silvestre* (kacang tanah liar), atau *montana mani* (kacang gunung) [2][3]. Tanaman sacha inchi sebagian besar tumbuh di wilayah Amazon Amerika Selatan, meliputi Peru, Ekuador, Brazil, Kolombia, dan wilayah Amerika Selatan lainnya [4][5][6]. Selama proses pertumbuhannya, tanaman sacha inchi

memerlukan suhu iklim cukup hangat yang berkisar pada rentang 10-36°C [7], curah hujan tahunan antara 850-1000 mm [8], kondisi cahaya tinggi, yaitu pada ketinggian 200-1500 mdpl [9][10], serta struktur tanah berupa tanah liat, lempung berpasir, dan tanah asam [11].

Buah sacha inchi diselubungi oleh kapsul berbentuk bintang berukuran 3-5 cm dengan warna yang akan berubah dari hijau menjadi coklat tua ketika sudah matang. Pada bagian dalam kapsul terdapat biji berbentuk lonjong (*oval*) dengan cangkang berwarna coklat tua berukuran 1.5-2 cm [8][12]. Biji pada tanaman sacha inchi mengandung sekitar 35-60% lipid yang meliputi asam lemak tak jenuh dan asam linoleat/omega-6 (LA, C18:2, 34-37%), asam lemak tak jenuh tunggal/*monounsaturated* ganda/*polyunsaturated fatty acids* (PUFA) seperti asam -linolenat/omega-3 (ALA, C18:3, 47-51%) *fatty acids* seperti asam palmitat (C16:0, 4.7-5.7%) dan asam stearat (C18:0, 3.0-3.7%) [11][13]. *fatty acids* (MUFA) berupa asam oleat/omega-9 (C18:1, 9.5%), serta asam lemak jenuh/*saturated*. Selain itu, biji sacha inchi juga mengandung 25-30% protein, meliputi asam amino esensial seperti sistein, tirosin, treonin, dan triptofan [12], 6.59-30.90% karbohidrat, 6.61-11.30% serat, fitosterol (75 [11], mineral seperti kalium (5563.5 mg/kg), α magnesium (3210 mg/kg), kalsium δ (2406 mg/kg), besi mg/100 g) [8], vitamin E dalam bentuk - tokoferol (50-114 mg/g) dan - tokoferol (30-125 mg/g) (103.5 mg/kg), seng (49.0 mg/kg), sodium (15.4 mg/kg), dan tembaga (12.9 mg/kg) [12], polifenol, senyawa fenolik, antioksidan, dan kandungan lainnya [12][14].

Ekstraksi biji tanaman sacha inchi menjadi minyak dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai metode, seperti *supercritical carbon dioxide* (CO₂) [15][16], *soxhlet* [15][17], *screw pressing* [18], *hot pressing* [19], dan *cold pressing* [14][20][21]. Jika dibandingkan dengan metode-metode ekstraksi lain, metode ekstraksi secara *cold pressing* memiliki beberapa keunggulan dalam prosesnya, diantaranya sederhana dan cepat, menghasilkan minyak yang relatif murni dengan kualitas baik, tidak berpotensi merusak kandungan minyak, ramah lingkungan, serta tidak memerlukan banyak energi dan biaya [22][23][24].

Berdasarkan penelitian sebelumnya oleh Gutiérrez et al., biji tanaman sacha inchi berhasil diekstraksi menggunakan metode *cold pressing* dengan suhu *press* di bawah 30°C dan teridentifikasi adanya beberapa kandungan bermanfaat pada minyak hasil ekstraksi [14]. Penelitian lain oleh Ramos Escudero et al. melaporkan bahwa minyak dari ekstraksi biji tanaman sacha inchi menggunakan metode *cold pressing* menghasilkan spektrum absorbansi di wilayah 400-500 nm, yaitu sesuai dengan penyerapan karotenoid [21].

Dalam penelitian ini telah dilakukan ekstraksi biji tanaman sacha inchi yang ditanam pada sebesar 600 bar atau 60 MPa. Selanjutnya, minyak hasil ekstraksi dikarakterisasi menggunakan° UV ketinggian 200 dan 500 mdpl menggunakan metode *cold pressing* dengan suhu 45 C serta tekanan *Vis spectrophotometer*.

METODOLOGI

Minyak sacha inchi dihasilkan dari ekstraksi biji tanaman sacha inchi yang ditanam pada ketinggian 200 dan 500 mdpl menggunakan metode *cold pressing*. Adapun tahapan ekstraksi yang dilakukan, yaitu pengeringan, pengupasan, pengepresan, serta karakterisasi minyak hasil ekstraksi dengan *UV-Vis spectrophotometer*.

Ekstraksi Biji Sacha Inchi

Sebelum dilakukan proses ekstraksi atau pengepresan, biji terlebih dahulu dikeringkan dengan mengurangi persen (%) kadar air yang terkandung didalam biji. Proses pengeringan±biji°berlangsung bantuan sinar matahari melalui pengeringan rumah kaca atau *greenhouse* pada suhu 60 C untuk sebanyak dua kali, yaitu sebelum biji dikupas (biji hitam) hingga mencapai kadar air pada rentang 1213% dan setelah biji dikupas (biji putih) hingga kadar airnya mencapai rentang 8-8.2%. Selanjutnya, minyak sebesar 100 ml untuk°masing-

masing ketinggian penanaman biji. Biji *dipress* dengan suhu 45 C serta tekanan sebesar 600 bar atau 60 MPa hingga diperoleh volume.

Karakterisasi Minyak Sacha Inchi

Karakterisasi minyak sachu inchi dilakukan dengan menggunakan teknik *UV-Vis spectrophotometer* dilakukan di Laboratorium Fotonik, Pusat Riset Fotonika, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), Serpong, Tangerang Selatan. Instrumen yang digunakan adalah Ocean Optics Maya Pro 2000 dengan rentang panjang gelombang serapan di wilayah 200-700 nm.

HASIL DAN PEMBAHASAN

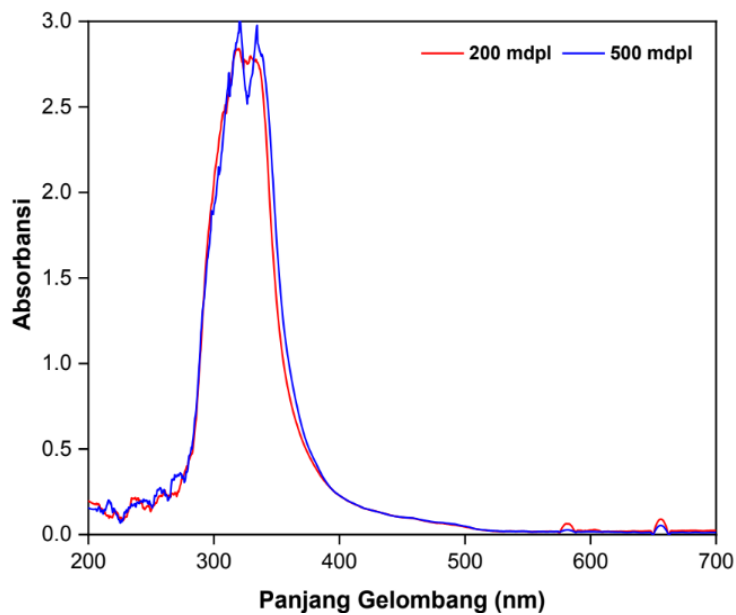
Minyak Sacha Inchi Hasil Ekstraksi

Minyak hasil ekstraksi dari biji tanaman sachu inchi yang ditanam pada ketinggian 200 dan 500 mdpl menghasilkan minyak sebanyak 100 ml untuk masing-masing ketinggian dengan warna yang tidak cukup berbeda. Hal tersebut dapat terjadi karena tidak adanya proses pemanggangan atau *roasting* pada biji sebelum *dipress*. Penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh Cisneros et al. membuktikan bahwa proses pemanggangan biji sachu inchi dapat memberikan perubahan warna yang cukup signifikan pada minyak hasil ekstraksi seiring dengan besarnya suhu pemanggangan. Semakin besarnya suhu pemanggangan, maka akan menghasilkan minyak dengan warna yang juga semakin gelap dan keruh [19].

Sifat Absorbansi Minyak Sacha Inchi

Gambar 1 menampilkan spektrum serapan hasil karakterisasi *UV-Vis spectrophotometer* dari minyak sachu inchi pada rentang 200-700 nm. Minyak ekstraksi biji yang ditanam pada ketinggian 200 dan 500 mdpl memiliki kemiripan bentuk spektrum dengan dua puncak tertinggi berada pada rentang 300-350 nm. Pada sampel minyak dengan ketinggian 200 mdpl di wilayah 268.89 dan pada sampel minyak dengan ketinggian 500 mdpl, serapan vitamin E berupa α -tokoferol serta 270.77 nm menunjukkan adanya serapan vitamin E berupa -tokoferol serta -tokoferol. Begitu pula-tokoferol terdeteksi di wilayah 269.36 dan 271.24 nm [25]. Pita serapan antara 275 dan 280 nm merupakan protein yang disebabkan oleh adanya serapan dua asam amino, yaitu tirosin/*tyrosine* (Tyr) pada 275 nm dan triptofan/*tryptophan* (Trp) pada 280 nm [26]. Namun, pada kedua jenis sampel minyak (200 dan 500 mdpl) tidak menunjukkan adanya serapan triptofan/*tryptophan* (Trp), tetapi menunjukkan adanya serapan tirosin/*tyrosine* (Tyr) yang terdeteksi hanya pada sampel minyak dengan ketinggian 500 mdpl, yaitu di wilayah 275.47 nm. Serapan di wilayah 319.98 dan 329.32 nm yang terdeteksi pada sampel minyak dengan ketinggian 200 serta 321.38 dan 334.44 nm pada sampel minyak dengan ketinggian 500 mdpl juga merupakan puncak tertinggi dikaitkan dengan adanya senyawa fenolik [27].

Sementara itu, spektrum serapan antara 400-700 nm diduga merupakan wilayah serapan untuk beberapa kandungan, seperti pada wilayah serapan 430-480 nm yang merupakan serapan untuk pigmen karotenoid, 460-560 nm dianggap sebagai penyerapan maksimum dari antosianin, serta wilayah 670 nm untuk klorofil [27][28]. Namun, adanya kandungan-kandungan tersebut sampai saat ini belum terkaji dan teridentifikasi terkandung di dalam minyak yang diekstraksi dari biji tanaman sachu inchi, sehingga diperlukan penelitian lebih lanjut.



GAMBAR 1. Spektrum UV-Vis minyak sachu inchi

Besarnya nilai absorbansi dari minyak sachu inchi yang ditanam pada ketinggian 200 dan 500 mdpl ditampilkan pada **Tabel 1**, yang mana kedua jenis sampel memiliki nilai panjang gelombang serta nilai absorbansi berbeda. Perbedaan tersebut dapat terjadi karena adanya pengaruh ketinggian penanaman terhadap lingkungan tumbuh tanaman sachu inchi. Perbedaan geografis seperti perbedaan ketinggian tempat di atas permukaan laut (dpl) akan menimbulkan perbedaan cuaca dan iklim pada tempat tersebut, terutama intensitas cahaya, suhu, kelembaban, dan curah hujan [29][30]. Dalam hal ini, adanya perbedaan lingkungan tumbuh akan menghasilkan kondisi stress lingkungan pada tanaman, sehingga tanaman memberikan berbagai respon secara fisiologis dan biokimia yang juga berbeda sebagai bentuk penyesuaian diri [31]. Respon fisiologis berupa penurunan laju fotosintesis, laju transpirasi, laju pertumbuhan tanaman, dan respirasi tanaman serta respon biokimia berupa perubahan kandungan tanaman tersebut yang pada akhirnya berpengaruh terhadap hasil absorbansi minyak sachu inchi [32][33].

TABEL 1. Absorbansi minyak sachu inchi

<u>Ketinggian Tanaman (mdpl)</u>	<u>Panjang Gelombang (nm)</u>	<u>Absorbansi</u>
200	208.36	0.1626
	237.28	0.2161
	258.52	0.2419
	268.89	0.2447
	270.77	0.2323
	319.98	2.8411
	329.32	2.7971
	580.85	0.0636
	656.23	0.0902
	926.61	0.0862

	208.84	0.1559
	244.37	0.2005
	257.58	0.2752
	269.36	0.3493
	271.24	0.3511
500	275.47	0.3380
	321.38	2.9673
	334.44	2.9760
	581.74	0.0269
	656.68	0.0527
	926.16	0.0583

Biji tanaman sacha inchi yang ditanam pada ketinggian 200 dan 500 mdpl berhasil diekstraksi menggunakan metode *cold pressing* di suhu 45°C serta menghasilkan minyak dengan volume sebanyak 100 ml untuk masing-masing ketinggian. Kedua jenis minyak hasil ekstraksi tidak menunjukkan perbedaan warna yang signifikan, karena tidak adanya proses *roasting* pada biji yang dapat memberikan perubahan warna minyak setelah diekstraksi. Pengujian sifat absorbansi minyak diidentifikasi menggunakan *UV-Vis spectrophotometer* dengan rentang panjang gelombang serapan di wilayah 200-700 nm. Analisis spektrum serapan menunjukkan adanya beberapa serapan yang sesuai dengan kandungan pada biji sacha inchi, yaitu serapan vitamin E berupa α -tokoferol serta δ -tokoferol di wilayah antara 268-271 nm, protein berupa tirosin/*tyrosine* (Tyr) di wilayah α 275 nm, serta senyawa fenolik di wilayah antara 319-334 nm. Perbedaan nilai panjang gelombang dan nilai absorbansi pada kedua jenis sampel dapat terjadi karena adanya pengaruh ketinggian penanaman terhadap lingkungan tumbuh tanaman sacha inchi, sehingga tanaman memberikan respon secara fisiologis dan biokimia yang juga berbeda.

KESIMPULAN

Penelitian ini membahas penggunaan CNN pada penerapan pengolahan citra digital untuk mengidentifikasi dan mengklasifikasi kualitas cangkang telur berbasis citra digital. Sebelum membangun model klasifikasi, dilakukan pra-pemrosesan data yang meliputi *cropping*, *resize*, dan augmentasi data. Klasifikasi menggunakan EfficientNet-B0 hingga B3 menghasilkan akurasi, presisi, *recall*, dan *F1-Score* berturut-turut 97,38%, 95,75%, 95,71%, dan 95,73%; 94,05%, 94,09%, 94,05%, dan 94,02%; 94,52%, 94,56%, 94,52%, dan 94,54%; 97,14%, 97,19%, 97,14%, dan 97,15%. Berdasarkan hasil yang diperoleh, klasifikasi menggunakan EfficientNet menunjukkan peningkatan performa seiring dengan meningkatnya kompleksitas model. Hasil penelitian menunjukkan bahwa citra keretakan cangkang telur ayam dapat dimanfaatkan untuk identifikasi kualitas telur dan dikembangkan untuk klasifikasi kualitas telur ayam. Namun, penelitian ini perlu dikembangkan lebih lanjut dengan menggunakan arsitektur CNN yang berbeda untuk membandingkan kinerja masing-masing model pada kasus penelitian ini.

UCAPAN TERIMAKASIH

Terima kasih kami ucapkan kepada Direktur dari *House of Sacha Inchi* serta Pusat Riset Fotonika, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) yang telah memberikan bantuan dalam proses penelitian.

REFERENSI

- [1] Niu, L., Li, J., Chen, M. S., & Xu, Z. F. (2014). Determination of oil contents in Sacha inchi (*Plukenetia volubilis*) seeds at different developmental stages by two methods: Soxhlet extraction and time-domain nuclear magnetic resonance. *Industrial Crops and Products*, *56*, 187–190. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2014.03.007>.
- [2] Flores, S., Flores, A., Calderón, C., & Obregón, D. (2019). Synthesis and characterization of sachá inchi (*Plukenetia volubilis* L.) oil-based alkyd resin. *Progress in Organic Coatings*, *136*(July), 105289. <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2019.105289>.
- [3] Chirinos, R., Zuloeta, G., Pedreschi, R., Mignolet, E., Larondelle, Y., & Campos, D. (2013). Sachá inchi (*Plukenetia volubilis*): A seed source of polyunsaturated fatty acids, tocopherols, phytosterols, phenolic compounds and antioxidant capacity. *Food Chemistry*, *141*(3), 1732–1739. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2013.04.078>.
- [4] Nascimento, A. K. L., Melo-Silveira, R. F., Dantas-Santos, N., Fernandes, J. M., Zucolotto, S. M., Rocha, H. A. O., & Scortecchi, K. C. (2013). Antioxidant and antiproliferative activities of leaf extracts from *Plukenetia volubilis* Linneo (Euphorbiaceae). *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, *2013*. <https://doi.org/10.1155/2013/950272>.
- [5] Zhan, Q., Wang, Q., Liu, Q., Guo, Y., Gong, F., Hao, L., Wu, H., & Dong, Z. (2021). The antioxidant activity of protein fractions from Sachá inchi seeds after a simulated gastrointestinal digestion. *Lwt*, *145*(March), 111356. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.111356>.
- [6] Kumar, B., Smita, K., Sánchez, E., Debut, A., & Cumbal, L. (2022). Phytosynthesis, characterization and catalytic activity of Sachá inchi leaf-assisted gold nanoparticles. *Chemical Papers*, *76*(5), 2855–2864. <https://doi.org/10.1007/s11696-022-02075-6>.
- [7] Rodzi, N. A. R. M., & Lee, L. K. (2022). Corrigendum to “Sachá Inchi (*Plukenetia Volubilis* L.): recent insight on phytochemistry, pharmacology, organoleptic, safety and toxicity perspectives” [*Heliyon* *8*, (9), (September 2022), (2022), e10572] (*Heliyon* (2022) *8*(9), (S2405844022018606), (10.1016/j. *Heliyon*, *8*(11). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e11436>.
- [8] Lu, W. C., Chiu, C. S., Chan, Y. J., Mulio, A. T., & Li, P. H. (2023). New perspectives on different Sachá inchi seed oil extractions and its applications in the food and cosmetic industries. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, *0*(0), 1–19. <https://doi.org/10.1080/10408398.2023.2276882>
- [9] Supriyanto, S., Imran, Z., Ardiansyah, R., Auliyai, B., Pratama, A., & Kadha, F. (2022). The Effect of Cultivation Conditions on Sachá Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) Seed Production and Oil Quality (Omega 3, 6, 9). *Agronomy*, *12*(3). <https://doi.org/10.3390/agronomy12030636>.
- [10] Cai, Z. Q. (2011). Shade delayed flowering and decreased photosynthesis, growth and yield of Sachá Inchi (*Plukenetia volubilis*) plants. *Industrial Crops and Products*, *34*(1), 1235–1237. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2011.03.021>.
- [11] Cárdenas, D. M., Rave, L. J. G., & Soto, J. A. (2021). Biological activity of sachá inchi (*Plukenetia volubilis* linneo) and potential uses in human health: A review. *Food Technology and Biotechnology*, *59*(3), 253–266. <https://doi.org/10.17113/ftb.59.03.21.6683>.

- [12] Wang, S., Zhu, F., & Kakuda, Y. (2018). Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.): Nutritional composition, biological activity, and uses. *Food Chemistry*, 265(December 2017), 316–328. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.05.055>.
- [13] Kodahl, N. (2020). Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.)—from lost crop of the Incas to part of the solution to global challenges? *Planta*, 251(4), 1–22. <https://doi.org/10.1007/s00425-02003377-3>.
- [14] Gutiérrez, L. (2019). *Effects of Dehulling Sacha Inchi (Plukenetia volubilis L .) Seeds on the Physicochemical and Sensory Properties of Oils Extracted by Means of Cold Pressing*. <https://doi.org/10.1002/aocs.12270>.
- [15] Jitpinit, S., Siraworakun, C., Sookklay, Y., & Nuithitikul, K. (2022). Enhancement of omega-3 content in sacha inchi seed oil extracted with supercritical carbon dioxide in semi-continuous process. *Heliyon*, 8(1). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e08780>.
- [16] Follegatti-Romero, L. A., Piantino, C. R., Grimaldi, R., & Cabral, F. A. (2009). Supercritical CO₂ extraction of omega-3 rich oil from Sacha inchi (*Plukenetia volubilis* L.) seeds. *Journal of Supercritical Fluids*, 49(3), 323–329. <https://doi.org/10.1016/j.supflu.2009.03.010>.
- [17] Chirinos, R., Zorrilla, D., Aguilar-Galvez, A., Pedreschi, R., & Campos, D. (2016). Impact of Roasting on Fatty Acids, Tocopherols, Phytosterols, and Phenolic Compounds Present in *Plukenetia huayllabambana* Seed. *Journal of Chemistry*, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/6570935>
- [18] Muangrat, R. (2018). *Screw press extraction of Sacha inchi seeds : Oil yield and its chemical composition and antioxidant properties*. July 2017, 1–10. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13635>.
- [19] Cisneros, F. H., Paredes, D., Arana, A., & Cisneros-zevallos, L. (2014). *Chemical Composition, Oxidative Stability and Antioxidant Capacity of Oil Extracted from Roasted Seeds of Sacha-Inchi (Plukenetia volubilis L.)*. <https://doi.org/10.1021/jf500936j>.
- [19] Bocanegra Morales, N., & Galeano Garcia, P. (2023). Chemical Composition, Fatty Acid Profile, and Optimization of the Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) Seed-Roasting Process Using Response Surface Methodology: Assessment of Oxidative Stability and Antioxidant Activity. *Foods*, 12(18). <https://doi.org/10.3390/foods12183405>.
- [20] Ramos-Escudero, F., González-Miret, M. L., Viñas-Ospino, A., & Ramos Escudero, M. (2019). Quality, stability, carotenoids and chromatic parameters of commercial Sacha inchi oil originating from Peruvian cultivars. *Journal of Food Science and Technology*, 56(11), 4901–4910. <https://doi.org/10.1007/s13197-019-03960-x>.
- [21] Al Juhaimi, F., & Özcan, M. M. (2018). Effect of cold press and soxhlet extraction systems on fatty acid, tocopherol contents, and phenolic compounds of various grape seed oils. *Journal of Food Processing and Preservation*, 42(1). <https://doi.org/10.1111/jfpp.13417>.
- [22] Mohamed Ahmed, I. A., Al-Juhaimi, F. Y., Özcan, M. M., Osman, M. A., Gassem, M. A., & Salih, H. A. A. (2019). Effects of cold-press and soxhlet extraction systems on antioxidant activity, total phenol contents, fatty acids, and tocopherol contents of walnut kernel oils. *Journal of Oleo Science*, 68(2), 167–173. <https://doi.org/10.5650/jos.ess18141>.
- [23] Ramadan, M. F. (2020). Introduction to cold pressed oils: Green technology, bioactive compounds, functionality, and applications. In *Cold Pressed Oils: Green Technology, Bioactive Compounds, Functionality, and Applications*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12818188-1.00001-3>.
- [24] Bakhouché, K., Dhaouadi, Z., Lahmar, S., & Hammoutène, D. (2015). TDDFT prediction of UV–vis absorption and emission spectra of tocopherols in different media. *Journal of Molecular Modeling*, 21(6), 1–13. <https://doi.org/10.1007/s00894-015-2706-1>.

- [25] Schmid, F. (2001). Biological Macromolecules: UV-visible Spectrophotometry. *Encyclopedia of Life Sciences*, 1–4. <https://doi.org/10.1038/npg.els.0003142>.
- [26] Casoni, D., Simion, I. M., & Sârbu, C. (2019). A comprehensive classification of edible oils according to their radical scavenging spectral profile evaluated by advanced chemometrics. *Spectrochimica Acta - Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 213, 204–209. <https://doi.org/10.1016/j.saa.2019.01.065>.
- [27] Uncu, O., & Ozen, B. (2019). A comparative study of mid-infrared, UV-Visible and fluorescence spectroscopy in combination with chemometrics for the detection of adulteration of fresh olive oils with old olive oils. *Food Control*, 105, 209–218. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2019.06.013>.
- [28] Andrian, Supriadi, & Marpaung, P. (2014). The Effect of Elevation and Slope on Rubber (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) Production in PTPN III Hapesong Farm of South Tapanuli. *Jurnal Online Agroteknologi*, 2(3), 981–989. <https://doi.org/10.32734/jaet.v2i3.7444>.
- [29] Nurnasari, E., & Djumali, . (2016). Pengaruh Kondisi Ketinggian Tempat Terhadap Produksi dan Mutu Tembakau Temanggung. *Buletin Tanaman Tembakau, Serat & Minyak Industri*, 2(2), 45. <https://doi.org/10.21082/bultas.v2n2.2010.45-59>.
- [30] Herlina, Aziz, S. A., Kurniawati, A., & Faridah, D. N. (2017). Pertumbuhan dan Produksi Habbatussauda (*Nigella sativa* L.) di Tiga Ketinggian di Indonesia Growth and Production of Black Cumin (*Nigella sativa* L.) at Three Altitudes in Indonesia. *Jurnal*, 45(3), 323–330.
- [31] Rianto, S. (2007). Analisis Model Ketahanan Rumput Gajah dan Rumput Raja Pada kekeringan BERDASARKAN RESPON ANATOMIAKAR DAN DAUN. *Jurnal Biologi Sumatera*, 2(1), 17–20.
- [32] Listia, E., Pradiko, I., Syarovy, M., Hidayat, F., Ginting, E. N., & Farrasati, R. (2020). Pengaruh Ketinggian Tempat terhadap Performa Fisiologis Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis* Jacq.). *Jurnal Tanah Dan Iklim*, 43(1), 33. <https://doi.org/10.21082/jti.v43n1.2019.33-42>.