

Antioxidant Activity and Nanoemulsion Formulation of *Chlorella vulgaris* Ethanolic Extract for Potential Topical Applications

Eskarani Tri Pratiwi^{1*}, Windah Anugrah Subaidah², Neneng Rachmalia Izzatul Mukhlisah³, Baiq Dwiyan Nugrahani⁴, Muhammad Dimas Arzy⁵

^{1,2} Departemen Farmasetika dan Teknologi Farmasi, Program Studi Farmasi, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Mataram, Indonesia;

³Departemen Biologi Farmasi, Program Studi Farmasi, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Mataram, Indonesia;

^{4,5} Program Studi Farmasi, Fakultas Kedokteran dan Ilmu Kesehatan, Universitas Mataram, Indonesia;

Article History

Received : June 07th, 2026

Revised : July 12th, 2026

Accepted : July 15th, 2026

*Corresponding Author:

Eskarani Tri Pratiwi,
Departemen Farmasetika dan
Teknologi Farmasi, Program
Studi Farmasi, Fakultas
Kedokteran dan Ilmu
Kesehatan, Universitas
Mataram, Nusa Tenggara
Indonesia, Indonesia;
Email: rani@unram.ac.id

Abstract: *Chlorella vulgaris* is a marine microalga abundant in West Nusa Tenggara (NTB) that contains flavonoids and other bioactive compounds exhibiting potent antioxidant activity. Antioxidant compounds can be utilized in skin maintenance. This research investigated the antioxidant activity of *C. vulgaris* ethanolic extract while developing a nanoemulsion formulation intended for topical application. Biomass was processed into simplisia and extracted by maceration using ethanol 96%. Phytochemical identification and total flavonoid content were determined using TLC and aluminum chloride methods. Antioxidant activity was determined using the DPPH radical scavenging assay and expressed as IC₅₀ values. The extract was subsequently formulated into nanoemulsions using virgin coconut oil, Tween 80, and Span 80, followed by physical characterization. The extraction process produced a *C. vulgaris* extract yield of 7.14% (w/w). TLC analysis confirmed the presence of flavonoids, and the TFC of the extract was 89,31 ± 0,03 mg QE/g extract. Strong antioxidant activity was demonstrated by the ethanolic extract, with an IC₅₀ of 52.869 ppm. The nanoemulsion formulation containing 1% extract exhibited a green color, characteristic odor, clear appearance, with a pH value of 6,96, viscosity of 990 cPs, a transmittance value of 89,8%, particle size of 16,5 nm, and polydispersity index 0,294, indicating the formation of a nanosized dispersion with moderate particle size distribution. Overall, Nanoemulsion delivery enhances *C. vulgaris* antioxidant performance, supporting its potential application in skin maintenance and cosmeceutical products.

Keywords: Antioxidant activity; *Chlorella vulgaris*; Nanoemulsion; Total flavonoid content; Topical formulation.

Pendahuluan

Mikroalga merupakan organisme fotosintetik mikroskopis yang umumnya hidup di lingkungan perairan, baik air tawar, laut, maupun lingkungan lembap banyak digunakan sebagai sumber makanan bagi negara-negara Asia bagian timur (Ye *et al.*, 2008). Kandungan fitokimia menjadikan mikroalga banyak digunakan sebagai bahan tambahan pangan untuk meningkatkan nilai gizi (Fan *et al.*, 2014). *Chlorella vulgaris* salah satu jenis mikroalga atau dikenal dengan istilah *green microalgae* (Hamouda *et al.*, 2022).

Chlorella vulgaris merupakan spesies *Chlorella* terbesar yang memiliki potensi tinggi untuk dikembangkan karena mengandung senyawa fenol, flavonoid, klorofil, asam amino, lipid, enzim, vitamin dan karotenoid dengan spesifik kandungan berupa astaxanthin, lutein dan β-karoten (Georgiopoulou *et al.*, 2023; Hussein *et al.*, 2018). Ekstrak *C. vulgaris* diketahui menunjukkan efek sebagai antiinflamasi, imunomodulator, hepatoprotektif antidiabetes, antioksidan dan antitumor (Savvidou *et al.*, 2023; Yu *et al.*, 2023). Kandungan antioksidan yang tinggi berpotensi

untuk dikembangkan dalam bentuk sediaan farmasi salah satunya dalam bentuk nanoemulsi.

Nanoemulsi memiliki kelebihan yaitu dapat berpenetrasi dengan baik serta mudah melewati lapisan epidermis, sehingga zat aktif yang terlarut dalam sistem akan terpenetrasi lebih banyak dan meningkatkan efektivitas antiinflamasi pada target pengobatan, hal ini karena nanoemulsi memiliki ukuran partikel yang relatif kecil dengan rentang ukuran 5-200 nm (Baitariza *et al.*, 2014) serta adhesifitas yang baik pada lapisan stratum korneum (Nursal *et al.*, 2019).

Pembuatan nanoemulsi dapat dilakukan dengan 2 metode yang dilihat dari jumlah energi yang terlibat yaitu metode energi rendah dan energi tinggi. Dalam pembuatan nanoemulsi dengan energi rendah, faktor yang mempengaruhi adalah sifat fisika kimia penyusun nanoemulsi dan penggunaan alat yang sederhana, hal ini membuatnya lebih mudah dilakukan dalam skala laboratorium. Sedangkan metode energi tinggi memerlukan jumlah energi yang signifikan agar droplet berukuran besar dapat dipecah menjadi ukuran nano (Kumar *et al.*, 2019).

Nusa Tenggara Barat merupakan provinsi kepulauan yang memiliki sumber daya hayati laut melimpah, termasuk mikroalga *C. vulgaris*. Namun, hingga saat ini belum tersedia data mengenai formulasi nanoemulsi *C. vulgaris* lokal NTB untuk aplikasi topikal. Berdasarkan potensi tersebut, penelitian ini difokuskan pada pengembangan dan karakterisasi nanoemulsi *C. vulgaris* lokal sebagai langkah awal pemanfaatan mikroalga NTB untuk menghasilkan produk farmasi dan kosmetik.

Bahan dan Metode

Alat dan Bahan

Bahan meliputi asam galat, aquades, *Chlorella vulgaris*, butylated hydroxytoluene (BHT), etanol 90%, larutan FeCl_3 , natrium karbonat (Na_2CO_3 p.a), polietilen glikol (PEG) 400, natrium benzoat, reagen Folin-Ciocalteu, span 80, tween 80, virgin coconut oil (VCO), DPPH, dan metanol. Alat yang digunakan meliputi peralatan gelas, blender, oven, homogenizer Ultra-Turrax, magnetic stirrer, pipet, pH meter, rotary evaporator (Heidolph RV 10 Basic V), spektrofotometer UV-Vis (Analytik Jena Specord 200), timbangan analitik (Kern), viskometer Brookfield, *Particle Size Analyzer*

(PSA) (Horiba Scientific SZ-100) serta waterbath (Labnet).

Metode

Preparasi Sampel dan Simplisia

Sampel *Chlorella vulgaris* diperoleh dari hasil kultivasi di Balai Perikanan Budidaya Laut Lombok, NTB. Sampel diendapkan dengan NaOH (1:1), disaring, dicuci, dan dikeringkan pada suhu 30–40°C hingga diperoleh simplisia kering. Simplisia kemudian dihaluskan dan dihitung rendemennya. Kadar air ditentukan menggunakan *Moisture Content Analyzer* pada suhu 105°C.

Ekstraksi

Ekstraksi dilakukan dengan metode maserasi menggunakan etanol 96% (1:10) selama 24 jam dengan pengadukan pada 6 jam pertama. Filtrat diproses menggunakan *rotary evaporator* pada suhu 40°C untuk memperoleh ekstrak kental, kemudian dilakukan penentuan rendemen ekstrak.

Identifikasi Metabolit sekunder

Identifikasi metabolit sekunder metode KLT dilakukan menggunakan fase gerak etil asetat: kloroform (1:1) dan silika gel 60 F254. Identifikasi senyawa flavonoid disemprotkan dengan penampak noda AlCl_3 10% dan menunjukkan hasil positif apabila terdapat noda berwarna kuning.

Penetapan Kadar Flavonoid Total (TFC)

Sebanyak 25 mg ekstrak *C. vulgaris* dilarutkan dalam etanol p.a. hingga 10 mL. Sebanyak 0,5 mL larutan ditambahkan 0,1 mL AlCl_3 10%, 0,1 mL CH_3COONa 1 M, dan 2,8 mL akuades, kemudian dihomogenkan dan diinkubasi selama *operating time*. Absorbansi diukur pada panjang gelombang maksimum dengan dua kali replikasi, lalu ditentukan kadar flavonoid total.

Aktivitas Antioksidan

Ekstrak pada berbagai konsentrasi dilarutkan dalam metanol, dicampurkan dengan larutan DPPH 50 $\mu\text{g/mL}$ (1:1), diinkubasi selama 30 menit pada suhu ruang, kemudian diukur absorbansinya pada 517 nm menggunakan spektrofotometer UV-Vis.

Pembuatan Sediaan Nanoemulsi

Nanoemulsi diformulasikan dengan melarutkan ekstrak dalam VCO dan BHT (fase

minyak), kemudian dicampurkan dengan tween 80, span 80, dan PEG 400 menggunakan *magnetic stirrer*. Larutan natrium benzoat ditambahkan, diikuti penambahan aquadest secara bertahap hingga terbentuk sistem nanoemulsi homogen.

Tabel 1. Formula Nanoemulsi *C. vulgaris*

Bahan	Jumlah (%)
Ekstrak <i>C. vulgaris</i>	1
VCO	14,78
Tween 80-Span 80-PEG 400	55,22
Natrium Benzoat	0,1
BHT	0,1
Aquadest	Add 100

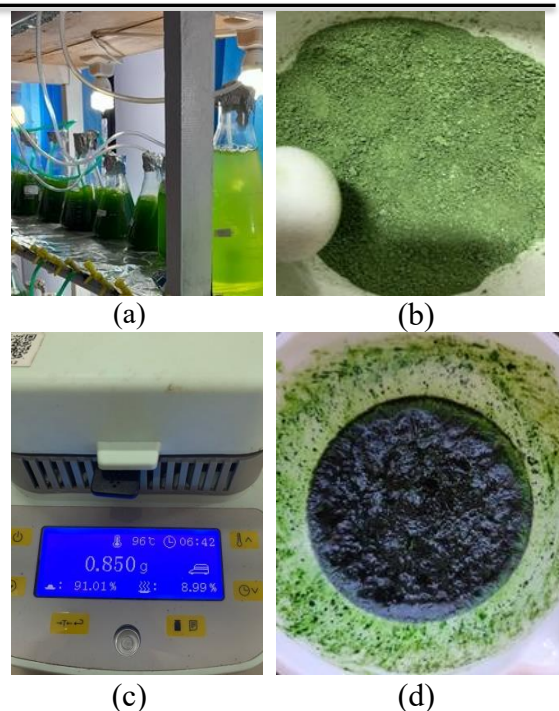
Evaluasi Fisik Sediaan

Evaluasi fisik sediaan nanoemulsi meliputi uji organoleptis, pH, viskositas, persen transmittan. Uji organoleptis dilakukan secara visual (Shoviantari *et al.*, 2019). pH diukur menggunakan pH meter terkalibrasi. Persyaratan pH untuk sediaan topikal yaitu 5-7 (Bhardwaj *et al.*, 2022). Viskositas ditentukan dengan viskometer Brookfield. Persyaratan nilai viskositas yang baik untuk sediaan nanoemulsi yaitu 10-2000 cPs (Jaiswal *et al.*, 2015). Spektrofotometer UV-Vis digunakan untuk mengukur %transmitan pada panjang gelombang 650 nm. Persyaratan nilai %transmitan nanoemulsi yang baik yaitu >80% (Nastiti *et al.*, 2021). Ukuran partikel dan nilai indeks polidispersitas sediaan nanoemulsi diukur menggunakan PSA dengan persyaratan ukuran partikel 20-200 nm (Jaiswal *et al.*, 2015).

Hasil dan Pembahasan

Pengumpulan dan Ekstraksi Sampel

Sampel *C. vulgaris* didapatkan di Balai Perikanan Budidaya Laut Lombok dan dilakukan pengambilan sebanyak tiga kali. Hasil pengeringan simplisia menunjukkan kadar air sebesar 8,99%. Rendemen ekstrak yang diperoleh sebesar 7,14%. Hasil penelitian ini, kadar air simplisia *Chlorella vulgaris* sebesar 8,99% telah memenuhi standar mutu bahan baku herbal ($\leq 10\%$). Kadar air yang rendah berperan dalam menghambat pertumbuhan mikroba dan aktivitas enzim yang dapat merusak senyawa antioksidan. Selain itu, kondisi simplisia yang kering meningkatkan penetrasi pelarut selama proses ekstraksi sehingga mendukung perolehan senyawa bioaktif yang lebih optimal (Fassi Fihri *et al.*, 2024).



Gambar 1. (a) Hasil Kultur *C. vulgaris*; (b) Hasil Pengeringan menggunakan oven dengan suhu 40°C; (c) Nilai kadar air simplisia *C. vulgaris*; (d) Hasil ekstraksi dengan pelarut etanol 96%

Rendemen ekstrak etanol sebesar 7,14% menunjukkan efisiensi proses maserasi dan remaserasi yang baik. Nilai ini masih berada dalam kisaran umum ekstrak mikroalga, yaitu sekitar 5–15%. Variasi rendemen dapat dipengaruhi oleh metode ekstraksi, jenis pelarut, kondisi pengeringan, serta komposisi biomassa mikroalga yang digunakan. Faktor lingkungan pertumbuhan, seperti nutrisi dan salinitas, turut memengaruhi komposisi sel sehingga berdampak pada hasil ekstraksi (Fihri *et al.*, 2024; Iriani *et al.*, 2024).

Identifikasi Metabolit sekunder

Terbentuknya noda kuning pada uji KLT setelah penyemprotan $AlCl_3$ 10% mengonfirmasi keberadaan senyawa flavonoid pada ekstrak *C. vulgaris*. Flavonoid merupakan salah satu kelompok senyawa bioaktif utama pada mikroalga yang memiliki aktivitas antioksidan tinggi. Keberadaan flavonoid menjadi dasar dilakukannya evaluasi aktivitas antioksidan lebih lanjut karena senyawa ini mampu menetralkan radikal bebas serta melindungi sel dari stres oksidatif (Fihri *et al.*, 2024).



Gambar 2. Hasil KLT Flavonoid

Kadar Flavonoid Total (TFC)

Nilai rata-rata kadar flavonoid total ekstrak *C. vulgaris* sebesar: $89,31 \pm 0,03$ mgEK/g ekstrak dengan nilai R^2 0,999. Variasi kadar flavonoid dalam mikroalga dipengaruhi oleh kondisi budidaya seperti intensitas cahaya, nutrisi, dan faktor lingkungan lainnya. Selain itu, jenis pelarut dan teknik ekstraksi juga berperan penting dalam menentukan efisiensi isolasi senyawa bioaktif (Fihri *et al.*, 2024).

Tabel 2. Nilai TFC ekstrak etanol *C. vulgaris*

Replikasi	Absorbansi	Total flavonoid (mgEK/g ekstrak)	Rata-rata (mgEK/g ekstrak)
1	0,3341	89,35	$89,31 \pm 0,03$
2	0,3339	89,31	
3	0,3332	89,27	

Aktivitas Antioksidan (DPPH)

Nilai IC_{50} ekstrak *C. vulgaris* sebesar 52,869 ppm termasuk kategori kuat, sedangkan vitamin C (R^2 0,989) sebagai pembanding sebesar 4,043 ppm dengan kategori sangat kuat. Kandungan senyawa bioaktif, seperti polifenol, flavonoid, dan pigmen pada *C. vulgaris*, diketahui berkontribusi terhadap aktivitas antioksidan dan perlindungan sel dari stres oksidatif (Chamidah *et al.*, 2024; García-Segovia *et al.*, 2024).

Namun demikian, penggunaan ekstrak kasar secara langsung seringkali terbatas oleh stabilitas yang rendah dan bioavailabilitas yang kurang optimal. Untuk mendukung pemanfaatan tersebut, penelitian ini mengembangkan formulasi nanoemulsi sebagai sistem penghantaran senyawa bioaktif. Nanoemulsi diketahui mampu meningkatkan stabilitas, melindungi senyawa bioaktif, serta meningkatkan efektivitas penghantaran melalui

peningkatan luas permukaan dan ukuran partikel yang kecil (Hernández *et al.*, 2025).

Tabel 3. Nilai IC_{50} Vitamin C dan Ekstrak Etanol *C. vulgaris*

Sampel	Persamaan regresi	Rumus	IC_{50} (ppm)
Asam askorbat	$y = 13,22x - 3,4304$	$y = 13,22x - 3,4304$	4,043
Ekstrak etanol <i>C. vulgaris</i>	$y = 0,0104x + 52,354$	$50 = 0,0104x + 52,354$	52,869

Karakterisasi Sampel

Uji Organoleptik

Hasil uji organoleptik diperoleh sediaan nanoemulsi yang jernih, berwarna hijau, dan memiliki aroma khas.

Uji pH

Hasil evaluasi fisik menunjukkan bahwa sediaan nanoemulsi basis memiliki pH sebesar 7,18, sedangkan sediaan nanoemulsi yang mengandung ekstrak *Chlorella vulgaris* 0,1% memiliki pH sebesar 6,96. Nilai pH nanoemulsi sebesar 6,96 menunjukkan kesesuaian untuk aplikasi topikal karena mendekati pH fisiologis kulit (Hernández *et al.*, 2025).

Tabel 4. Hasil uji pH sediaan nanoemulsi ekstrak *C. vulgaris*

Sampel Uji	pH
Basis	7,18
Ekstrak 0,1 %	6,96

Uji viskositas

Nilai viskositas yang diperoleh untuk basis adalah 750 cPs, sementara sediaan dengan ekstrak menunjukkan viskositas sebesar 990 cPs. Viskositas yang meningkat menunjukkan adanya interaksi antar droplet dan surfaktan yang memperkuat struktur sistem. Viskositas yang lebih tinggi dapat meningkatkan waktu kontak sediaan dengan kulit sehingga berpotensi meningkatkan efektivitas antioksidan (Hernández *et al.*, 2025).

Tabel 5. Hasil uji viskositas sediaan nanoemulsi ekstrak *C. Vulgaris*

Sampel Uji	Spindle	rpm	Torque	Viskositas
Basis	63	100	12,6	750
Ekstrak 0,1 %			16,5	990

Uji persen Transmittan

Pengujian persen transmittan menunjukkan bahwa basis memiliki nilai sebesar 86,03%, sedangkan sediaan nanoemulsi ekstrak *C. vulgaris* 0,1% memiliki nilai sebesar 89,8%. Hasil tersebut mengindikasikan bahwa sistem nanoemulsi memiliki kejernihan tinggi, yang berkaitan dengan ukuran droplet kecil dan sebaran partikel yang homogen. Sistem nanoemulsi dengan karakteristik ini umumnya memiliki stabilitas yang baik serta lebih disukai dalam aplikasi kosmetik karena memberikan tampilan yang lebih jernih dan estetik (Hernández *et al.*, 2025).

Tabel 6. persen (%) transmittan basis dan ekstrak

Sampel uji	Blanko	Volume	%Transmittan
Basis			86,03 %
Ekstrak <i>C. vulgaris</i> 0,1%	Aquadest	20 mL	89,8%

Uji Ukuran Partikel dan PDI

Nanoemulsi menunjukkan ukuran partikel 16,5 nm dan nilai PDI 0,294, yang mencerminkan distribusi ukuran partikel yang relatif homogen. Ukuran partikel tersebut berada dalam rentang nanoemulsi (<200 nm), yang diketahui dapat meningkatkan luas permukaan, stabilitas sistem, dan penghantaran bahan aktif pada aplikasi topikal (Jaiswal *et al.*, 2015; Alhasso *et al.*, 2023). Selain itu, nilai PDI <0,30 mengindikasikan distribusi ukuran droplet yang sempit dan rendahnya kecenderungan agregasi, sehingga mendukung kestabilan formulasi (Alhasso *et al.*, 2023).

Secara keseluruhan, kombinasi aktivitas antioksidan yang kuat dan karakteristik nanoemulsi yang baik menunjukkan bahwa nanoemulsi *Chlorella vulgaris* berpotensi dikembangkan sebagai sediaan kosmetik atau farmasi berbasis bahan alam. Mikroalga diketahui sebagai sumber senyawa bioaktif bernilai tinggi yang dapat dimanfaatkan dalam berbagai aplikasi, termasuk produk kesehatan dan kosmetik (Gharib *et al.*, 2024).

Kesimpulan

Ekstrak *Chlorella vulgaris* memiliki aktivitas antioksidan kuat dengan nilai IC₅₀ sebesar 52,869 ppm sehingga berpotensi dikembangkan sebagai bahan baku sediaan kosmetik. Selain itu, hasil evaluasi fisik sediaan nanoemulsi menunjukkan bahwa formula terbaik

terdapat pada formula 3 dengan karakteristik pH sebesar 6,96, viskositas 990 cPs, persen transmittan 89,8%, ukuran partikel 16,5 nm dengan nilai PDI 0,294 yang mengindikasikan bahwa sediaan memiliki karakteristik fisik yang baik serta berhasil membentuk sistem nanoemulsi.

Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Universitas Mataram atas dukungan pendanaan penelitian, serta kepada seluruh tim peneliti yang telah berkontribusi sehingga penelitian ini dapat terlaksana dengan baik.

Referensi

- Alhasso, B., Ghorri, M. U., & Conway, B. R. (2023). Development of nanoemulsions for topical application of mupirocin. *Pharmaceutics*, 15(2), Article 378. <https://doi.org/10.3390/pharmaceutics15020378>
- Baitariza, A., Darijanto, S. T., Pamudjie, J. S., Fidrianny, I., & Suherman, S. E. (2014). Formulasi dan Evaluasi Mikroemulsi Antikerut Ekstrak Beras Hitam (*Oryza sativa* L.). *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology*, 1(1), 14-18.
- Bhardwaj, S., Gaur, P. K., & Tiwari, A. (2022). Development of topical nanoemulgel using combined therapy for treating psoriasis. *ASSAY and Drug Development Technologies*, 20(1), 42–54. <https://doi.org/10.1089/adt.2021.112>
- Chamidah, A., Afrilia, H. C., Ahmad, M. G., & Arisandi, D. (2024). Isolasi klorofil a dan analisis aktivitas antioksidan dari mikroalga *Chlorella vulgaris*. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 27(11), 1006–1020. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v27i11.57470>
- Fan, X.; Bai, L.; Zhu, L.; Yang, L.; Zhang, X. (2014). Marine algae-derived bioactive peptides for human nutrition and health. *J. Agric. Food Chem.* 62, pp. 9211-9222. <https://dx.doi.org/10.1021/jf502420h>
- Fassi Fihri, R., Ez-Zoubi, A., Mbarkiou, L., Amar, A., Farah, A., & Bouchamma, E. O. (2024). Antibacterial and antioxidant

- p activities of
- Chlorella vulgaris*
- using natural deep eutectic solvent.
- Heliyon*
- , 10(15), e35071.
- <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e35071>
- García-Segovia, P., Uribe-Wandurraga, Z. N., Igual, M., Mullor, J. L., & Martínez-Monzó, J. (2024). Lipid extract of microalgae *Chlorella vulgaris* as a bioactive ingredient. *Journal of Food Science*, 89(7), 4123–4135. <https://doi.org/10.1111/1750-3841.17025>
- Georgiopoulou, I., Tzima, S., Louli, V., & Magoulas, K. (2023). Process optimization of microwave-assisted extraction of chlorophyll, carotenoid and phenolic compounds from *Chlorella vulgaris* and comparison with conventional and supercritical fluid extraction. *Applied Sciences*, 13(4), 2740. <https://doi.org/10.3390/app13042740>
- Gharib, F. A., Osama, K., Abd El Sattar, A. M., & Ahmed, E. Z. (2024). Microalgae as bio-stimulants and antioxidant sources. *Scientific Reports*, 14, 1398. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-50040-4>
- Hamouda, R. A., Amara Abd, E. L., Elkaw, E. M., Alotaibi, A. S., Asma, M. A., & Hamza, H. A. (2022). Assessment of antioxidant and anticancer activities of microgreen alga *Chlorella vulgaris* and its blend with different vitamins. *Molecules*, 27(5), 1602. <https://doi.org/10.3390/molecules27051602>
- Hernández, A. R., Sepúlveda, L., Hata, Y., Castellanos, L., Björklund, S., & Aragón, M. (2025). Algae extract-based nanoemulsions for photoprotection against UVB radiation. *Scientific Reports*, 15, 1911. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-85604-z>
- Hussein, H. J., Naji, S. S., & Al-Khafaji, N. (2018). Antibacterial properties of the *Chlorella vulgaris* isolated from polluted water in Iraq. *Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*, 10(10), 2457–2460.
- Iriani, D., Feliatra, Hasan, B., Karnila, R., Chaiyanate, N., & Rozi. (2024). Biochemical processes and antioxidant properties of *Chlorella vulgaris*. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 17(1), 53–67. <https://doi.org/10.20473/jipk.v17i1.61083>
- Jaiswal, M., Dudhe, R., & Sharma, P. K. (2015). Nanoemulsion: An advanced mode of drug delivery system. *3 Biotech*, 5(2), 123–127. <https://doi.org/10.1007/s13205-014-0214-0>
- Kumar, M., Bishnoi, R. S., Shukla, A. K., & Jain, C. P. (2019). Techniques for formulation of nanoemulsion drug delivery system: a review. *Preventive nutrition and food science*, 24(3), 225. <https://doi.org/10.3746/pnf.2019.24.3.225>
- Kumar, R., Kaur, K., Uppal, S., & Mehta, S. K. (2017). Ultrasound processed nanoemulsion: A comparative approach between resveratrol and resveratrol cyclodextrin inclusion complex to study its binding interactions, antioxidant activity and UV light stability. *Ultrasonics sonochemistry*, 37(1), 478–489. <https://doi.org/10.1016/j.ultsonch.2017.02.024>
- Nastiti, C. M. R. R., & Riswanto, F. D. O. (2021). Analytical method validation and formula optimization of topical nanoemulsion formulation containing resveratrol. *Indonesian Journal of Chemistry*, 21(5), 1308–1318. <https://doi.org/10.22146/ijc.63730>
- Ningsih, S. D., Henri, H., Roanisca, O., & Gus Mahardika, R. (2020). Skrining Fitokimia dan Penetapan Kandungan Total Fenolik Ekstrak Daun Tumbuhan Sapu-Sapu (*Backea frutescens* L.). *Biotropika: Journal of Tropical Biology*, 8(3), 178–185. <https://doi.org/10.21776/ub.biotropika.2020.008.03.06>
- Nursal, F. K., Sumirtapura, Y. C., Suciati, T., & Kartasmita, R. E. (2019). Optimasi Nanoemulsi Natrium Askorbat Fosfat melalui Pendekatan Design of Experiment (Metode Box Behnken). *Jurnal Sains Farmasi & Klinis*, 6(3), 228–236. <https://doi.org/10.25077/jsfk.6.3.228-236.2019>
- Savvidou, M. G., Georgiopoulou, I., Antoniou, N., Tzima, S., Kontou, M., Louli, V., . . . Kolisis, F. N. (2023). Extracts from *Chlorella vulgaris* protect mesenchymal stromal cells from oxidative stress induced by hydrogen peroxide. *Plants*, 12(2), 361. <https://doi.org/10.3390/plants12020361>
- Shoviantari, F., Liziarnezilia, Z., Bahing, A., & Agustina, L. (2019). Uji aktivitas tonik

- rambut nanoemulsi minyak kemiri (*Aleurites moluccana* L.). *Jurnal Farmasi dan Ilmu Kefarmasian Indonesia*, 6(2), 69-73.
<https://doi.org/10.20473/jfiki.v6i22019.69-73>
- Shriram, Ravi Gundadka, Afrasim Moin, Hadil Faris Alotaibi, El-Sayed Khafagy, Ahmed Al Saqr, Amr Selim Abu Lila, and Rompicherla Narayana Charyulu. 2022. "Phytosomes as a Plausible Nano-Delivery System for Enhanced Oral Bioavailability and Improved Hepatoprotective Activity of Silymarin." *Pharmaceuticals* (Basel, Switzerland) 15(7):790.
<https://doi.org/0.3390/ph15070790>
- Ye, H.; Wang, K.; Zhou, C.; Liu, J.; Zeng, X. (2008). Purification, antitumor and antioxidant activities in vitro of polysaccharides from the brown seaweed *Sargassum pallidum*. *Food Chem.* 111, pp. 428-432.
<https://dx.doi.org/10.1016/j.foodchem.2008.04.012>
- Yu, H., Ge, X., Huang, D., Xue, C., Ren, M., & Liang, H. (2023). Dietary supplementation of *Chlorella vulgaris* effectively enhanced the intestinal antioxidant capacity and immune status of *micropterus salmoides*. *Antioxidants*, 12(8), 1565.
<https://doi.org/10.3390/antiox12081565>