



KARAKTERISTIK MINYAK MATA TUNA KAYA DHA TER-MASKING DAN PENGGUNAANNYA DALAM FORMULASI LOKUM TERFORTIFIKASI

Zacky Arivaie Santosa*, Sugeng Heri Suseno, Wini Trilaksani, Joko Santoso, Bustami Ibrahim

Departemen Teknologi Hasil Perairan Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB University
Jalan Agatis, Lingkar Kampus IPB Dramaga, Bogor, Indonesia 16680

Diterima: 24 Juni 2025/Disetujui: 31 Desember 2025

*Korespondensi: zackysa@apps.ipb.ac.id

Cara sitasi (APA Style 7th): Santosa, Z. A., Suseno, S. H., Trilaksani, W., Santoso, J., & Ibrahim, B. (2025). Karakteristik minyak mata tuna kaya DHA ter-*masking* dan penggunaannya dalam formulasi lokum terfortifikasi. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 28(12), 1084-1102. <http://dx.doi.org/10.17844/01dy9s27>

Abstrak

Minyak mata tuna merupakan sumber asam lemak omega-3, khususnya *docosahexaenoic acid* (DHA), namun pemanfaatannya dalam produk pangan masih terbatas akibat aroma amis yang kuat dan kerentanan terhadap oksidasi. Penelitian ini bertujuan menentukan perlakuan *masking* minyak mata tuna yang paling efektif dalam menekan aroma amis dan meningkatkan stabilitas oksidatif serta penerimaan sensori pada lokum terfortifikasi. Penelitian dilakukan melalui tiga tahap, yaitu: (1) ekstraksi minyak mata tuna menggunakan metode sentrifugasi, (2) *masking* minyak menggunakan *lemon oil* atau *ginger oil* pada konsentrasi 12,5; 25; dan 37,5%, serta (3) formulasi lokum terfortifikasi menggunakan minyak hasil *masking* terpilih. Minyak hasil ekstraksi memiliki nilai *free fatty acids* (FFA) 0,42%, *peroxide value* (PV) 7,44 meq/kg, *anisidine value* (AnV) 9,98 meq/kg, dan *total oxidation value* (TOTOX) 24,84 meq/kg. *Masking* menggunakan *lemon oil* atau *ginger oil* pada konsentrasi 37,5% menurunkan parameter oksidasi (FFA 0,12–0,28%; PV 4,49–6,61 meq/kg; p-AnV 3,08–3,75 meq/kg; TOTOX 12,06–16,96 meq/kg), meningkatkan aktivitas antioksidan (IC₅₀ 140,76–166,41), serta mempertahankan profil asam lemak dengan kandungan DHA sebesar 29–30% dari total asam lemak. Fortifikasi minyak mata tuna ter-*masking* ke dalam lokum meningkatkan kandungan lemak serta kadar EPA dan DHA, disertai penurunan terukur pada parameter kekerasan dan kekenyalan produk. Secara keseluruhan, *masking* minyak mata tuna menggunakan *lemon oil* dan *ginger oil* pada konsentrasi 37,5% efektif meningkatkan stabilitas oksidatif minyak ikan, dengan perlakuan *lemon oil* menunjukkan kinerja paling seimbang ditinjau dari parameter oksidasi, aktivitas antioksidan, dan penerimaan sensori pada lokum terfortifikasi.

Kata kunci: oksidasi lipid, omega-3, pangan, gel tekstur

Characteristics of DHA-Rich Masked Tuna Eye Oil and Its Application in Fortified Lokum Formulation

Abstract

Tuna eye oil is a source of omega-3 fatty acids, particularly docosahexaenoic acid (DHA); however, its application in food products remains limited because of its strong fishy odor and high susceptibility to oxidation. This study aimed to determine the most effective masking treatment for tuna eye oil to reduce fishy odor and improve oxidative stability and sensory acceptance in fortified lokum. The study was conducted in three stages: (1) extraction of tuna eye oil using centrifugation, (2) oil masking with lemon or ginger oil at concentrations of 12.5, 25, and 37.5%, and (3) formulation of fortified lokum using the selected masked oil. The extracted oil exhibited a free fatty acid (FFA) content of 0.42%, peroxide value (PV) of 7.44 meq/kg, anisidine value (AnV) of 9.98 meq/kg, and total oxidation (TOTOX) value of 24.84 meq/kg. Masking with lemon oil or ginger oil at 37.5% reduced oxidation parameters (FFA 0.12–0.28%; PV 4.49–6.61 meq/kg; p-AnV 3.08–3.75 meq/kg; TOTOX 12.06–16.96 meq/kg), enhanced antioxidant activity (IC₅₀ 140.76–166.41), and preserved the fatty acid profile, with DHA accounting for 29–30% of the total fatty

acids. Fortification of lokum with masked tuna eye oil increased fat, EPA, and DHA levels, accompanied by measurable reductions in hardness and chewiness. Overall, masking tuna eye oil with 37.5 % %lemon and ginger oils effectively improved oxidative stability, with lemon oil showing the most balanced performance in terms of oxidation parameters, antioxidant activity, and sensory acceptance of fortified lokum.

Keywords: functional food, gel texture, lipid oxidation, omega-3

PENDAHULUAN

Camilan merupakan jenis pangan ringan yang umumnya dikonsumsi di sela waktu makan utama setiap 2–3 jam (Irferamuna *et al.*, 2019). Permintaan terhadap produk camilan menunjukkan kecenderungan Meningkat secara konsisten dari tahun ke tahun, dengan tingkat konsumsi menempati peringkat ketiga tertinggi setelah kreker dan cokelat (Licorice 2021). Salah satu jenis camilan yang cukup dikenal adalah lokum, yaitu produk manis berbahan dasar pati dan gula dengan tekstur yang memiliki tekstur lembut dan kenyal, berbentuk potongan kecil, serta umumnya ditaburi gula halus (Kavak, 2018). Lokum tidak hanya diminati di negara asalnya, Turki, tetapi juga di berbagai wilayah lain seperti Yunani, Armenia, Balkan, Timur Tengah, dan Rusia. Meskipun demikian, okum tergolong sebagai camilan dengan nilai gizi rendah, sehingga kurang direkomendasikan untuk dikonsumsi jangka panjang, khususnya terutama bagi konsumen yang memperhatikan asupan gizi dan kesehatan (Batu & Kirmaci, 2009). Oleh karena itu, dalam pengembangan produk pangan, fortifikasi menggunakan bahan bernilai gizi tinggi, seperti minyak ikan, sering diterapkan untuk meningkatkan kualitas produk gizi.

Minyak ikan merupakan sumber utama asam lemak omega-3, khususnya *eicosapentaenoic acid* (EPA) dan *docosahexaenoic acid* (DHA), yang berperan penting dalam menunjang kesehatan manusia, terutama untuk fungsi kardiovaskular dan kognitif (Damerau *et al.*, 2022). Di antara berbagai jenis minyak ikan, minyak mata tuna menjadi salah satu sumber potensial karena memiliki kandungan DHA yang tinggi, yaitu sebesar 29–32% (Trilaksani *et al.*, 2023), jauh melampaui dibandingkan kandungan DHA pada dengan minyak salmon (6–9%) dan minyak cod (11,9%) (Rosabal *et al.*, 2019; Yin *et al.*, 2011; Ilievska *et al.*, 2016). Pemanfaatan minyak mata tuna untuk fortifikasi telah

dilaporkan dalam dalam berbagai aplikasi pangan, termasuk produk sereal dan suplemen makanan (Trilaksani *et al.*, 2020; Sinulingga *et al.*, 2024). Meskipun demikian, penerapan minyak ikan dalam dalam formulasi pangan masih menghadapi sejumlah kendala teknis. Tingginya derajat ketidakjenuhan pada asam lemak omega-3 menyebabkan minyak ikan sangat rentan terhadap aroma amis dan rasa tengik yang kuat, Kondisi ini berpotensi menurunkan mutu sensori pada produk secara signifikan serta berdampak negatif terhadap tingkat penerimaan konsumen. Oleh karena itu, diperlukan strategi yang efektif untuk mengendalikan oksidasi sekaligus menutupi aroma yang tidak diinginkan. Salah satu pendekatan yang berpotensi dikembangkan adalah penggunaan agen masking alami, seperti minyak lemon (*lemon oil*, LO) dan minyak jahe (*ginger oil*, GO), yang memiliki aroma kuat serta aktivitas antioksidan (Durmus *et al.*, 2023).

Lemon oil (LO) dilaporkan mengandung senyawa aktif limonene, β -pinene, dan γ -terpinene yang berkontribusi terhadap karakter aroma segar berciri citrus sekaligus memiliki aktivitas antioksidan sehingga mampu menghambat laju oksidasi pada minyak (Liu *et al.*, 2022). Aplikasi *lemon oil* pada produk keju dilaporkan dapat meningkatkan preferensi aroma serta penerimaan keseluruhan penerimaan oleh panelis (Ali *et al.*, 2024). Di sisi lain, *ginger oil* yang diperoleh dari rimpang *Zingiber officinale* Roscoe mengandung senyawa aktif antara lain gingerol, α -zingiberene dan β -sesquiphellandrene yang juga berfungsi sebagai antioksidan alami (Abhishek *et al.*, 2019; Rashidian *et al.*, 2014). Penelitian oleh Zhang *et al.*, (2021) menunjukkan bahwa penambahan minyak jahe pada produk daging efektif dalam menekan pembentukan aroma tengik serta meningkatkan penerimaan sensori, khususnya setelah periode penyimpanan. Dengan mempertimbangkan



karakteristik fungsional masing-masing minyak esensial tersebut, pemanfaatannya sebagai agen masking pada minyak mata tuna merupakan pendekatan inovatif dalam pengembangan produk pangan berklaim. Minyak hasil proses *masking* selanjutnya berpotensi diaplikasikan sebagai bahan fortifikan dalam formulasi lokum tanpa menurunkan mutu sensori maupun integritas struktur fisik produk. Sejalan dengan hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk menentukan perlakuan *masking* minyak mata tuna menggunakan *lemon oil* dan *ginger oil* yang paling efektif dalam menekan aroma amis, meningkatkan stabilitas oksidatif serta memperbaiki tingkat penerimaan sensori pada lokum terfortifikasi.

BAHAN DAN METODE

Preparasi, Ekstraksi dan Pemurnian Minyak Mata Tuna

Sampel penelitian mata tuna (*Thunnus* sp) berasal dari PT Nutrindo Fresfood Internasional Bitung, Sulawesi Utara. Preparasi mata tuna diawali dengan proses pelelehan bahan kemudian dilakukan proses pemotongan mata tuna menjadi tiga bagian untuk menghilangkan bagian sklera dan lensa. Daging mata tuna selanjutnya dihancurkan hingga berubah bentuk menjadi pasta. Pasta mata tuna kemudian disentrifugasi dengan suhu rendah dengan kecepatan 10.000 rpm, 30 menit, 4°C. Proses sentrifugasi bertujuan untuk memisahkan *virgin fish oil* (VFO) dari komponen mata lainnya seperti daging mata, darah dan air. Minyak mata tuna yang dihasilkan kemudian dipisahkan dan dimasukkan ke dalam botol kaca yang dilapisi foil aluminium guna meminimalkan terjadinya oksidasi. Sampel minyak mata selanjutnya disimpan pada suhu -20°C di dalam *freezer* untuk mempertahankan mutu minyak. Minyak yang diperoleh selanjutnya

dianalisis mutu melalui pengujian bilangan *p*-anisidin, bilangan peroksida, bilangan asam lemak bebas, total oksidasi, dan profil asam lemak. Proses pemurnian minyak ikan mengacu pada penelitian yang dilaporkan oleh Suseno *et al.* (2017) dengan menggunakan magnesol XL 5% dan pemanasan selama 20 menit pada suhu 50°C. Minyak mata tuna hasil pemurnian kemudian kembali diuji mutunya berdasarkan parameter bilangan *p*-anisidin, bilangan peroksida, bilangan asam lemak bebas, total oksidasi, dan profil asam lemak.

Masking Minyak Mata Tuna

Minyak mata ikan tuna hasil pemurnian selanjutnya di-*masking* melalui penambahan *lemon oil* dan *ginger oil*. kemudian akan dilakukan proses *masking*. Minyak mata tuna yang telah ditambah bahan *masking* dengan konsentrasi tertentu (Table 1) dihomogenkan menggunakan pengaduk magnet selama 15 menit pada kecepatan 750 rpm. Minyak hasil proses proses *masking* selanjutnya diuji sensori menggunakan metode hedonik. Minyak dengan tingkat penerimaan sensori terbaik kemudian dianalisis lebih lanjut melalui pengujian bilangan asam lemak bebas, bilangan peroksida, bilangan *p*-anisidin, nilai total oksidasi, serta profil asam lemak.

Formulasi Lokum Terfortifikasi Omega-3

Pembuatan lokum diawali dengan melarutkan gula dalam air dengan volume yang cukup hingga seluruh gula terlarut sempurna. Tahap pelarutan dilakukan dengan pengadukan perlahan pada kecepatan rendah untuk memperoleh campuran yang homogen. Secara terpisah, air lemon dilarutkan dalam air di wadah lain untuk persiapan selanjutnya. Maizena selanjutnya didispersikan dalam air, kemudian larutan maizena dan air lemon

Table 1 Tuna eye oil formulation with essential oil-based odor masking
Tabel 1 Formula konsentrasi minyak mata tuna *masking*

Oil variation (%)	Control	Treatment 1	Treatment 2	Treatment 3
Tuna eye oil	100	87.5	75	62.5
Masking oil	0	12.5	25	37.5

dimasukkan ke dalam larutan gula. Seluruh campuran dimasak pada suhu terkontrol selama 1,5 jam hingga diperoleh adonan dengan konsistensi kental dan stabil. Minyak mata tuna ditambahkan pada tahap akhir formulasi sebelum proses pencetakan. Adonan kemudian dicetak dalam bentuk memanjang dan dibiarkan hingga mencapai suhu ruang. Lokum yang dihasilkan selanjutnya dianalisis meliputi pengujian tekstur, evaluasi sensori, analisis proksimat, serta penentuan kadar DHA. Formulasi Lokum fortifikasi yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada *Table 2*.

Analisis Proksimat Mata Tuna

Mata tuna sebagai bahan baku diuji proksimat. Analisis ini meliputi kadar lemak, air, protein, dan abu. Analisis proksimat kadar lemak, air, dan protein mengacu pada AOAC (2000) dan kadar abu mengacu pada AOAC (2005).

Aktivitas Antioksidan DPPH

Pengujian aktivitas antioksidan dilakukan mengacu pada metode dari Blois (1958). Larutan blanko dengan konsentrasi 125 μM disiapkan dengan melarutkan kristal DPPH dalam metanol p.a. Kontrol positif dibuat dengan melarutkan kristal asam askorbat dalam metanol p.a. Seluruh larutan kemudian dihomogenkan dan diinkubasi pada suhu 37 °C selama 30 menit. Nilai serapan diukur menggunakan *EpochTM Microplate Spectrophotometer* pada panjang

gelombang 517 nm. Presentasi penghambat aktivitas radikal bebas (%inhibisi) dihitung menggunakan rumus:

$$A = \frac{B - C}{B} \times 100\%$$

Keterangan:

A = inhibisi (%)

B = absorbansi blanko

C = absorbansi sampel

Nilai konsentrasi penghambat aktivitas antioksidan sebanyak 50% (IC_{50}) dihitung menggunakan persamaan regresi linear $y=ax+b$. Nilai IC_{50} diperoleh dengan memasukkan $y=50$ serta nilai a dan b yang telah diketahui.

Bilangan Peroksida (PV)

Penentuan bilangan peroksida dilakukan mengacu pada metode AOAC (2000). Sebanyak 2 g sampel ditimbang dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer kapasitas 250 mL, kemudian ditambahkan 30 mL larutan asam asetat (CH_3COOH) dan kloroform (CHCl_3) dengan perbandingan 3:2. Selanjutnya *potassium iodide* (KI) ditambahkan ke dalam larutan dan campuran dikocok hingga homogen. Setelah itu, ditambahkan akuades 30 mL dan 0,5 mL larutan indikator kanji 1% hingga warna menjadi biru kehitaman. Titrasi digunakan menggunakan *sodium thiosulfate* ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) anhidrat 0,01 N hingga warna biru menghilang dan larutan menjadi tidak berwarna. Rumus perhitungan bilangan peroksida adalah:

Table 2 Fortified lokum formulation

Tabel 2 Formulasi lokum terfortifikasi

Materials	Lokum formulation (g)			
	Negative control	Positive control	Lemon oil	Ginger oil
Tuna eye masking oil	-	5	5	5
Sugar	200	200	200	200
Water	290	290	290	290
Lemon juice	20	20	20	20
Maizena	15	15	15	15
Vanilla	3	3	3	3



$$D = \frac{S \times M \times 1.000}{\text{berat sampel (g)}}$$

Keterangan:

D = bilangan peroksida (meq/kg)
S = jumlah *sodium thiosulfate* (mL)
M = konsentrasi *sodium thiosulfate*

Bilangan Asam Lemak Bebas (FFA)

Penentuan bilangan asam lemak bebas (FFA) dilakukan mengacu pada metode AOCS (1998). Sebanyak 10 g sampel minyak ikan dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer kapasitas 200 mL, kemudian ditambahkan 25 mL alkohol 95% netral. Campuran dipanaskan menggunakan penangas air hingga mencapai titik didih. Selanjutnya sebanyak 2 mL indikator PP ditambahkan ke dalam larutan, kemudian campuran dikocok dan dititrasi dengan KOH 0,1 N hingga terbentuk warna merah muda yang stabil dan tidak mudah memudar selama 10 detik. Rumus perhitungan FFA adalah:

$$\text{FFA (\%)} = \frac{A \times N \times M}{10 \text{ g}}$$

Keterangan:

A = jumlah titrasi KOH (mL)
N = normalitas KOH
M = bobot molekul asam lemak dominan saat pengujian asam lemak bebas minyak ikan mata cakalang (DHA= 328.488 g/mol)
g = bobot contoh

Bilangan p-Anisidin (AnV)

Penentuan bilangan p-anisidin dilakukan mengacu pada metode AOCS (1998). Analisis p-anisidin dilakukan melalui pembuatan dua larutan uji. Sebanyak 1 g sampel dilarutkan dalam 25 mL isooktan untuk menghasilkan larutan uji pertama. Selanjutnya, sebanyak 1 mL larutan p-anisidin (2,5 g/L) ditambahkan ke dalam 5 mL larutan uji pertama dan campuran disimpan terlindungi cahaya untuk dijadikan larutan uji kedua. Pengukuran absorbansi larutan uji pertama dilakukan pada panjang gelombang 350 nm dengan isooktan sebagai larutan blanko. Absorbansi larutan uji kedua diukur

pada panjang gelombang yang sama, tepat 10 menit setelah preparasi, menggunakan larutan uji kedua sebagai larutan kompensasi. Rumus perhitungan nilai p-anisidin adalah:

$$\text{p-Anisidin (meq/kg)} = \frac{25 \times 1,2 \times A_1 - A_2}{M}$$

Keterangan:

A1 = absorbansi larutan uji 1
A2 = absorbansi larutan uji 2
M = massa sampel yang digunakan pada larutan uji 1

Total Oksidasi (TOTOX)

Penentuan nilai total oksidasi dilakukan mengacu pada metode AOCS (1997). Nilai total oksidasi (TOTOX) dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$\text{Nilai total oksidasi} = (2PV + AV)$$

Keterangan:

PV = nilai bilangan peroksida
AnV = nilai Anisidin

Profil Asam Lemak

Analisis profil asam lemak dilakukan dengan menimbang sampel setara dengan 50 mg lemak ke dalam vial ulir berkapasitas 20 mL. Pada sampel berbentuk padat, ditambahkan akuabides hingga sampel terlarut, sedangkan pada sampel cair, ditambahkan metil tersier-butyl eter (MTBE). Selanjutnya, larutan transesterifikasi ditambahkan ke dalam vial, dan waktu reaksi dihitung sejak penambahan menggunakan *stopwatch*. Vial kemudian ditutup rapat dan dihomogenkan menggunakan vortex selama 10 detik. Setelah proses transesterifikasi, larutan heksana dan larutan penetral ditambahkan, kemudian campuran disentrifugasi untuk memisahkan fase. Fase organik bagian atas yang terbentuk diambil dan dipindahkan ke dalam vial kromatografi kapasitas 2 mL untuk dianalisis lebih lanjut menggunakan *Gas Chromatography-Flame Ionization Detector* (GC-FID).

Pengujian profil asam lemak dilakukan dengan pengaturan kondisi instrumen sebagai berikut: injeksi menggunakan mode *split* dengan volume injeksi 1,0 µL dan suhu inlet

240 °C, serta kolom kapiler DB-FastFAME dengan gas pembawa helium. Pemrograman suhu oven dilakukan secara bertahap mulai dari 50 °C hingga 230 °C. Deteksi dilakukan menggunakan fFlame iIonization dDetector (FID) dengan suhu detektor 240°C, laju alir gas hidrogen sebesar 30 mL/menit, dan udara sebesar 300 mL/menit. Hasil analisis disajikan dalam bentuk kromatogram, dan identifikasi asam lemak dilakukan dengan membandingkan waktu retensi masing-masing puncak dengan standar metil ester asam lemak rantai C4–C24. Kadar relatif masing-masing asam lemak dihitung berdasarkan perbandingan luas area puncak terhadap total luas seluruh puncak pada kromatogram (AOAC 2005).

Analisis Sensori

Uji sensori merupakan metode evaluasi yang memanfaatkan indera manusia sebagai instrumen utama untuk menilai mutu produk (Soekarta, 1985). Parameter penilaian meliputi karakteristik ketampakan, aroma, rasa, dan tekstur, serta atribut lain yang relevan. Metode yang digunakan adalah uji hedonik, yang bertujuan mengukur tingkat kesukaan panelis terhadap produk. Penilaian dilakukan secara subjektif oleh 30 panelis semi terlatih menggunakan skala 1–9, yang merepresentasikan tingkat kesukaan mulai dari “amat tidak suka” hingga “amat suka” untuk setiap perlakuan.

Analisis Tekstur

Analisis profil tekstur (*texture profile analysis*, TPA) dilakukan dengan menerapkan dua kali siklus kompresi berturut-turut pada sampel lokum menggunakan alat penganalisis tekstur (TA.XT Plus, Stable Micro Systems). Sampel dikompresi di bawah pelat kompresi berdiameter 100 mm hingga mencapai 25% deformasi pada kecepatan 5 mm/s, dengan interval waktu 8 detik di antara kedua kompresi. Parameter tekstur yang dianalisis meliputi kekerasan, kekenyalan (*springiness*), kekompakan (*cohesiveness*), dan kekenyalan (*chewiness*), yang dihitung secara otomatis menggunakan perangkat lunak instrumen (Rosanna, 2015).

Analisis Data

Penelitian ini disusun menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) satu faktor, dengan perlakuan berupa variasi konsentrasi agen *masking lemon oil* (LO) atau *ginger oil* (GO) pada taraf (0, 12,5, 25, dan 37,5%) serta penerapannya dalam formulasi lokum fortifikasi. engolahan data dilakukan menggunakan perangkat lunak Microsoft Excel 2013 dan Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) versi 22.0. Data kuantitatif yang diperoleh terlebih dahulu diuji kenormalan dan keseragamannya sebagai prasyarat analisis statistik. Selanjutnya, data dianalisis menggunakan *analysis of variance* (ANOVA) pada taraf kepercayaan 95% ($\alpha=0,05$). Apabila hasil analisis menunjukkan adanya perbedaan yang signifikan antarperlakuan ($p<0,05$), maka dilakukan uji lanjut Duncan untuk mengidentifikasi perbedaan tersebut. Sementara itu, data hasil uji sensori hedonik terhadap mintak hasil *masking* dan lokum terfortifikasi dianalisis menggunakan pendekatan statistik nonparametrik melalui uji Kruskal–Wallis yang dilanjutkan dengan uji Dunn.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Mata Tuna

Mata tuna yang digunakan dalam penelitian ini merupakan mata tuna segar yang memenuhi kriteria mutu sesuai standar nasional Indonesia (SNI) 2729:2013, yang mencakup karakteristik ketampakan pada bola mata, kornea, dan pupil. Sampel mata tuna yang digunakan memiliki diameter berkisar antara 5–9 cm dan diklasifikasikan ke dalam kategori ukuran sedang. Menurut Trilaksani *et al.* (2023), ukuran mata tuna dikelompokkan menjadi tiga kategori, yaitu kecil (<6 cm), sedang (5–9 cm), dan besar (>9 cm). Pada penelitian ini, bagian mata tuna yang dimanfaatkan adalah jaringan otot. (*Figure 1*).

Mata tuna yang digunakan dalam penelitian ini memiliki kadar lemak sebesar 17,9% yang sedikit lebih rendah dibandingkan kadar lemak mata tuna yang dilaporkan oleh Trilaksani *et al.* (2023) sebesar 18,17% dan La dia *et al.* (2022) sebesar 18,15%. Tingginya

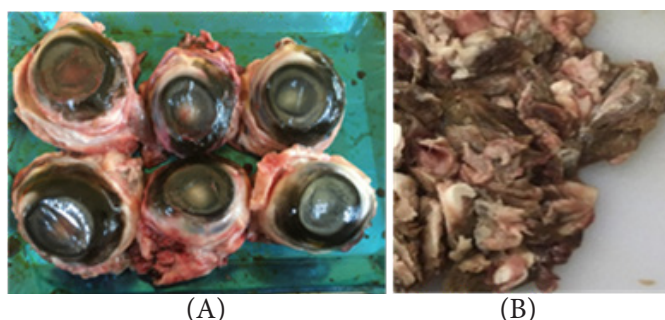


Figure 1 Visual appearance of tuna eye; (A) Intact eye, (B) extracellular muscle
Gambar 1 Kenampakan visual mata tuna; (A) Mata utuh, (B) otot ekstraokuler

kandungan lemak pada mata tuna merupakan indikator penting dalam menentukan potensi rendemen minyak yang dapat dihasilkan. Secara umum, peningkatan kadar lemak bahan baku berkorelasi positif dengan jumlah minyak yang dapat diekstraksi, sehingga bahan dengan kandungan lemak tinggi berpotensi menghasilkan volume minyak yang lebih besar (Soltan & Gibson, 2008). Komposisi kimia mata tuna dapat dilihat pada *Table 3*.

Aspek keamanan bahan baku merupakan pertimbangan utama dalam pemanfaatan hasil samping perikanan. Sehubungan dengan hal tersebut, dilakukan analisis kandungan logam berat pada mata tuna yang digunakan dalam penelitian ini. Hasil pengujian menunjukkan bahwa sampel tidak terdeteksi mengandung logam berat berbahaya, seperti timbel (Pb), kadmium (Cd), dan merkuri (Hg). Kandungan arsen yang terukur sebesar 0,16 mg/kg masih berada jauh di bawah batas maksimum cemaran yang ditetapkan oleh Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM) melalui Peraturan Nomor

9 Tahun 2022, yaitu sebesar 2 mg/kg. Temuan ini mengindikasikan bahwa mata tuna yang digunakan memenuhi persyaratan keamanan dan layak dimanfaatkan sebagai bahan baku minyak ikan untuk konsumsi.

Sensori Minyak Mata Tuna

Masking minyak mata tuna menggunakan *essential oil lemon* dan *ginger* dilakukan untuk meningkatkan mutu minyak secara sensori. Evaluasi sensori dilakukan terhadap tiga atribut utama, yaitu aroma, ketampakan, dan tingkat penerimaan keseluruhan, dengan melibatkan 30 panelis semi terlatih. Pengujian dilakukan menggunakan metode hedonik menggunakan skala 1–9, yang merepresentasikan tingkat kesukaan panelis dari “amat tidak suka” hingga “amat suka” untuk setiap perlakuan. Hasil pengujian sensori hedonik terhadap minyak dengan *masking* lemon dapat dilihat pada *Figure 2*.

Hasil uji sensori terhadap minyak mata tuna yang di-*masking* menggunakan *lemon oil* menunjukkan bahwa penambahan *lemon*

Table 3 Chemical composition of tuna eye

Tabel 3 Komposisi kimia mata tuna

Parameters	Composition (%)		
	<i>Thunnus</i> sp.	<i>Thunnus</i> sp. ^a	<i>Thunnus</i> sp. ^b
Moisture	52.74	71.52	62.12
Ash	0.41	1.05	0.98
Lipid	17.96	18.17	18.15
Protein	13.31	6.50	13.48
Carbohydrate	15.58	1.09	5.24

^aTrilaksani *et al.* 2023; ^bLa Dia *et al.* 2022

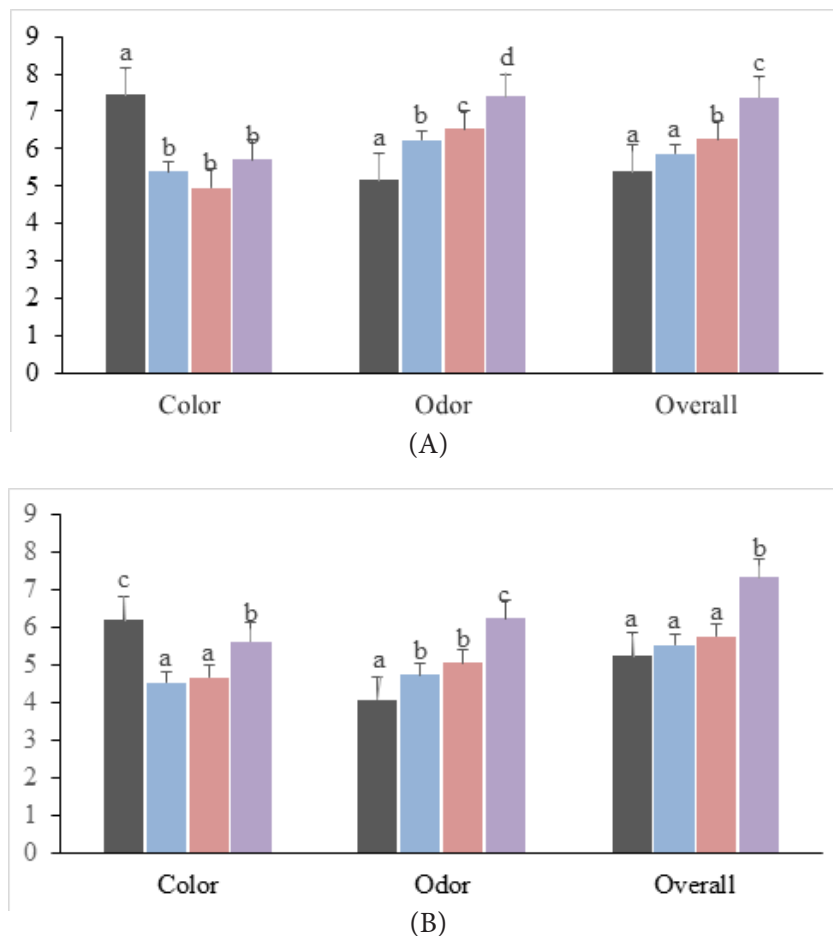


Figure 2 Hedonic sensory with difference combination of masking lemon (A) and ginger (B) oil;

■ control, ■ 12.5%, ■ 25%, ■ 37.5%

Gambar 2 Sensori hedonik dengan variasi *masking lemon oil* (A) dan *ginger oil* (B); ■ kontrol,

■ 12.5%, ■ 25%, ■ 37.5%

oil memberikan pengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap seluruh parameter uji, yaitu warna, aroma, dan penerimaan keseluruhan. Nilai kesukaan tertinggi terhadap warna diperoleh pada perlakuan tanpa penambahan *lemon oil* (kontrol), yaitu sebesar 7,07 dengan kategori “suka”. Sebaliknya, nilai terendah diperoleh pada perlakuan dengan penambahan *lemon oil* tertinggi (37.5%), yaitu sebesar 5.70 dengan kategori “netral”. Penurunan tingkat kesukaan terhadap warna sejalan dengan peningkatan konsentrasi *lemon oil*, karena penambahan *lemon oil* menyebabkan perubahan warna minyak menjadi kuning keruh. Hasil ini sesuai dengan temuan Galus *et al.* (2021) yang melaporkan bahwa penambahan *lemon oil* dalam *edible coating* menurunkan nilai L (*lightness*) dan meningkatkan nilai b, yang

mengindikasikan dominasi warna kekuningan akibat warna alami dari *lemon oil* itu sendiri. Berbeda dengan parameter warna, aroma dan penerimaan keseluruhan justru menunjukkan peningkatan seiring bertambahnya konsentrasi *lemon oil*. Peningkatan konsentrasi *lemon oil* efektif dalam menutupi aroma amis dari minyak ikan, sehingga meningkatkan tingkat penerimaan keseluruhan oleh panelis. *Lemon oil* mengandung senyawa utama berupa limonene yang menghasilkan aroma citrus yang segar dan kuat, sehingga mampu menutupi aroma tidak diinginkan (Hung *et al.*, 2023).

Hasil uji sensori hedonik terhadap penambahan *ginger oil* juga menunjukkan pengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap seluruh parameter uji, yakni warna, aroma, dan



penerimaan keseluruhan (*Table 3*). Nilai kesukaan tertinggi terhadap warna diperoleh pada perlakuan kontrol dengan kategori “suka”, sedangkan nilai terendah diperoleh pada perlakuan dengan penambahan konsentrasi *ginger oil* tertinggi (37,5%) dengan kategori “netral”. Semakin tinggi konsentrasi *ginger oil* yang ditambahkan, semakin menurunkan tingkat kesukaan terhadap warna.

Hal ini disebabkan oleh perubahan warna minyak menjadi cokelat seiring peningkatan konsentrasi *ginger oil*. Temuan ini didukung oleh penelitian Amalia *et al.* (2021) yang melaporkan bahwa penambahan *ginger oil* pada produk *jelly* rumput laut menyebabkan penurunan kesukaan terhadap warna karena produk menjadi lebih cokelat. Komponen pewarna dalam jahe berupa oleoresin, yaitu senyawa fenolik berwarna cokelat tua, yang berkontribusi dalam perubahan warna produk (Pebiningrum *et al.*, 2018). Peningkatan konsentrasi *ginger oil* justru meningkatkan tingkat kesukaan terhadap aroma dan penerimaan keseluruhan. *Ginger oil* efektif dalam menutupi aroma amis dari minyak ikan karena mengandung minyak asiri dengan aroma tajam dan kuat. Komponen utama dalam minyak asiri jahe meliputi seskuiterpen meliputi zingiberen dan zingiberol, serta senyawa-senyawa seperti asetat, linalool, sitrat, metil heptenon, dan senyawa fenolik, yang memberikan aroma khas pada jahe (Hernani, 2002). Perlakuan terbaik dalam menutupi aroma amis minyak ikan dengan menggunakan *lemon oil* dan *ginger oil* diperoleh pada konsentrasi tertinggi (37,5%), sehingga perlakuan ini selanjutnya dipilih untuk pengujian terhadap parameter oksidasi.

Karakteristik Kimia Minyak Mata Tuna

Karakteristik mutu minyak mata tuna (MMT) dengan kombinasi *lemon oil* (LO) dan *ginger oil* (GO) meliputi asam lemak bebas atau *free fatty acid* (FFA), bilangan peroksida atau *peroxide value* (PV), bilangan p-anisidin (p-AnV), dan total oksidasi (TOTOX) serta aktivitas antioksidan (nilai IC₅₀). Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa minyak ikan yang telah dikombinasikan dengan minyak

asiri signifikan menurunkan keseluruhan parameter oksidasi dan meningkatkan aktivitas antioksidan menggunakan DPPH pada minyak ikan *Table 4*.

Analisis ragam menunjukkan kombinasi minyak ikan dengan minyak asiri memberi pengaruh signifikan pada mutu FFA (%) (*Table 4*). Uji duncan memperlihatkan adanya perbedaan nyata penambahan LO dan GO pada MMT dengan taraf kepercayaan 95% ($p < 0,05$). Nilai FFA (%) pada kombinasi MMT+LO memiliki nilai lebih rendah dibandingkan dengan kombinasi MMT+GO. Perbedaan kandungan bioaktif pada LO dan GO dapat menekan aktivitas asam lemak bebas. Asam lemak bebas pada minyak mata tuna terbentuk karena adanya reaksi hidrolisis dari trigliserida selama penyimpanan dan proses ekstraksi. Reaksi hidrolisis selama penyimpanan berpotensi menurunkan kualitas minyak dengan timbulnya aroma (Talbot *et al.*, 2016). Asam lemak bebas rendah diduga disebabkan oleh tidak adanya perlakuan panas tinggi selama proses ekstraksi (Trilaksani *et al.*, 2025).

Peroxide value (PV) melalui analisis ragam menunjukkan penambahan minyak asiri memberi pengaruh signifikan pada mutu PV bila dibandingkan dengan kontrol (tanpa penambahan) (*Table 4*). Uji duncan memperlihatkan adanya perbedaan nyata dari minyak asiri yang ditambahkan pada minyak ikan dengan taraf kepercayaan 95% ($p < 0,05$). Nilai peroksida MMT *masking* LO menunjukkan penurunan terbaik dan telah memenuhi standar IFOS 2014 yaitu < 5 meq/kg. Bilangan peroksida merupakan produk oksidasi primer berupa hidroperoksida yang terbentuk oleh mekanisme autokatalitik yang apabila terdekomposisi dapat menyebabkan ketengikan pada minyak ikan (Palanisamy *et al.*, 2011). Tingginya nilai oksidasi pada minyak ikan ini disebabkan oleh tingginya kandungan asam lemak tidak jenuh rantai panjang terutama EPA dan DHA yang sangat rentan terhadap oksidasi (Kulkarni *et al.*, 2014). Memungkinkan senyawa bioaktif pada *lemon oil* mampu menekan aktivitas peroksida pada minyak mata tuna.

Hasil analisis ragam *anisidine value* (AnV) menunjukkan penambahan LO dan GO

Table 4 Results of oxidation analysis of tuna eye oil

Tabel 4 Hasil analisis oksidasi minyak mata tuna

Sample	Oxidation parameters				Antioxidant activity (IC ₅₀)
	FFA (%)	PV (meq/kg)	p-AnV (meq/kg)	TOTOX (meq/kg)	
MMT (Control)	0.42±0.07 ^c	7.44±0.24 ^c	9.98±0.51 ^b	24.84±0.07 ^c	263.946±2.98 ^c
MMT + LO	0.12±0.12 ^a	4.49±0.01 ^a	3.08±0.35 ^a	12.06±0.37 ^a	140.761±3.09 ^a
MMT + GO	0.29±0.05 ^b	6.61±0.36 ^b	3.75±0.02 ^a	16.96±0.98 ^b	166.411±5.30 ^b

Numbers followed by different superscript letters indicate significant differences ($p < 0.05$);

MMT: tuna eye oil, MMT + LO: tuna eye oil masked with lemon oil, MMT + GO: tuna eye oil masked with ginger oil

pada minyak mata tuna memberi pengaruh signifikan pada mutu AnV (Table 4). Uji duncan memperlihatkan adanya perbedaan nyata dari LO dan GO yang ditambahkan pada taraf kepercayaan 95% ($p < 0,05$). Hasil tersebut telah memenuhi standar IFOS 2014 yang mensyaratkan nilai minimum anisidin sebesar < 20 meq/kg. Bilangan p-Anisidin menunjukkan indikator oksidasi sekunder hasil dekomposisi hidroperoksida sebagai proses oksidasi lebih lanjut. Nilai bilangan p-Anisidin yang rendah pada minyak ikan mata tuna menunjukkan bahwa proses pemurnian tidak menyebabkan degradasi lebih lanjut.

Nilai TOTOX melalui analisis ragam menunjukkan penambahan LO dan GO pada minyak ikan memberi pengaruh signifikan (Table 4). Uji duncan memperlihatkan adanya perbedaan nyata minyak ikan yang ditambahkan LO dan GO pada taraf kepercayaan 95% ($p < 0,05$). Nilai TOTOX dengan penurunan terbaik terdapat pada kedua perlakuan LO dan GO dengan hasil telah sesuai dengan standar IFOS 2014 yang mensyaratkan nilai TOTOX < 26 meq/kg. Perhitungan nilai total oksidasi dilakukan untuk mengetahui pembentukan produk oksidasi primer dan oksidasi sekunder. Dengan demikian, nilai TOTOX minyak ikan dengan kedua perlakuan *masking* tersebut telah memenuhi standar mutu minyak ikan (IFOS, 2014).

Penurunan nilai oksidasi pada minyak dengan penambahan essential oil ginger dan lemon sejalan dengan penelitian Durmus *et al.* (2023), penambahan *essential oil* dari citrus

mampu menurunkan nilai oksidatif dari mikroenkapsulasi minyak ikan. Antioksidan akan mendonorkan atom hidrogennya pada senyawa yang teroksidasi sehingga menurunkan nilai oksidasi dari minyak (Wyspianska *et al.* 2019). Antioksidan yang terkandung pada *essential oil* seperti senyawa fenolik dan monoterpen mampu menurunkan nilai oksidasi dari minyak ikan. Hsouna *et al.* (2017) melaporkan bahwa minyak asiri dari lemon mengandung hidrokarbon monoterpen, monoterpen teroksigenasi, dan senyawa nitrogen, seperti β -pinene limonene, linalool dan α -terpineol. Monoterpen yang terdapat dalam minyak asiri ini berperan sebagai antioksidan (Tepe *et al.* 2004). Minyak jahe (*ginger oil*) juga diketahui memiliki senyawa fenolik seperti zingeron, gingerol, dan shogaol yang merupakan komponen utama aktivitas antioksidannya (Hofer *et al.*, 2015). Aktivitas antioksidan dari minyak asiri lemon dan jahe masing-masing memiliki nilai IC₅₀ sebesar 6,47 mg/mL dan 10,33 mg/mL (Loizzo *et al.* 2016; Warsito *et al.* 2021). Nilai IC₅₀ yang lebih rendah menunjukkan aktivitas antioksidan yang lebih kuat. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian ini, di mana nilai IC₅₀ pada minyak mata tuna dengan penambahan *lemon oil* lebih rendah dibandingkan dengan penambahan *ginger oil*, sebagaimana ditunjukkan oleh nilai oksidasi yang lebih rendah pada sampel *lemon oil*.

Profil Asam Lemak Minyak Mata Tuna

Hasil analisis komposisi asam lemak menunjukkan bahwa minyak mata tuna



Table 5 Fatty acid profile of tuna eye oil
Tabel 5 Profil asam lemak minyak mata tuna

Fatty acids	Treatments		
	MMT (Control)	MMT + LO	MMT + GO
C13:0	0.02	0.02	0.02
C14:0	1.81	2.61	2.67
C15:0	0.69	1.01	0.88
C16:0	13.28	19.27	18.18
C17:0	1.04	1.37	1.15
C18:0	3.39	4.95	4.97
C20:0	0.42	0.35	0.39
SFA (Saturated Fatty Acid)	52.42±0.57 ^c	31.48±0.15 ^b	30.99±0.03 ^a
C16:1	4.24	6.13	6.16
C17:1	0.86	1.25	1.09
C18:1n-9c	12.22	17.75	18.74
C20:1	0.77	1.11	0.98
MUFA (Monounsaturated Fatty Acid)	18.15±0.01 ^a	26.44±0.02 ^b	27.14±0.05 ^c
C18:2n-6c	0.99	1.38	1.26
C18:3n-3	0.34	0.47	0.45
C20:2	0.21	0.14	0.38
C20:3n-6	0.11	0.14	0.17
C20:4n-6	2.09	3.01	3.53
EPA, C20:5n-3	3.90±0.02 ^a	5.70±0.04 ^b	6.37±0.01 ^c
DHA, C22:6n-3	20.91±0.11 ^a	30.66±0.08 ^c	29.40±0.10 ^b
PUFA (Polyunsaturated Fatty Acid)	28.78±0.14 ^a	41.90±0.13 ^b	41.78±0.08 ^b

Numbers followed by different superscript letters on the same row indicate significant differences ($p < 0.05$); MMT: tuna eye oil, MMT + LO: tuna eye oil masked with lemon oil, MMT + GO: tuna eye oil masked with ginger oil

didominasi oleh asam lemak tak jenuh, khususnya kelompok PUFA. Menurut Trilaksani *et al.* (2020), dominasi DHA dalam minyak mata tuna disebabkan oleh tingginya kandungan DHA pada jaringan otot di sekitar mata, yang merupakan bahan baku utama dalam proses ekstraksi minyak. Minyak mata tuna *termasking* mengandung asam lemak *eicosapentaenoic acid* (EPA) sebesar 5–6% dan *docosahexaenoic acid* (DHA) sebesar 29–30%, sedangkan pada minyak mata tuna tanpa *masking* kandungan EPA sebesar 3% dan DHA 20%. Perlakuan *masking* menggunakan *lemon oil* dan *ginger*

oil terbukti menurunkan kadar asam lemak jenuh (SFA), sekaligus meningkatkan kadar MUFA dan PUFA, termasuk EPA dan DHA. Hasil ini sejalan dengan temuan Jeyakumari *et al.* (2017), penambahan *oregano oil* dalam mikroenkapsulasi minyak ikan dapat meningkatkan kadar PUFA dan menurunkan SFA. Hal ini disebabkan oleh kandungan senyawa bioaktif dalam *essential oil* yang berfungsi sebagai antioksidan, sehingga mampu menekan laju oksidasi dan mempertahankan kestabilan MUFA dan PUFA (Uçar 2020).

Sensori dan Tekstur Lokum Terfortifikasi

Pengujian sensori lokum terfortifikasi dilakukan berdasarkan parameter kenampakan, warna, aroma, rasa, dan penerimaan keseluruhan terhadap empat sampel dengan perlakuan pemberian minyak *masking* yang berbeda. Penambahan minyak mata tuna memberikan pengaruh nyata ($p < 0,05$) terhadap seluruh parameter sensori. Ketampakan lokum terfortifikasi yang ditambahkan minyak mata tuna memiliki tampilan yang kurang padat dibandingkan kontrol negatif, sehingga nilai kesukaan panelis rendah (Figure 3).

Penambahan minyak mata tuna memberikan pengaruh terhadap seluruh parameter sensori, yaitu kenampakan, aroma, rasa, tekstur dan penerimaan keseluruhan. Pada gambar di atas kontrol positif menunjukkan adanya penambahan minyak ikan pada lokum, kontrol negatif merupakan lokum tanpa penambahan minyak ikan, lemon merupakan lokum dengan penambahan minyak ikan termasking lemon dan jahe merupakan lokum dengan penambahan minyak ikan termasking jahe. Pada parameter kenampakan, lokum terfortifikasi yang ditambahkan minyak mata tuna memiliki tampilan yang kurang padat dibandingkan kontrol negatif, sehingga menyebabkan penurunan nilai kesukaan panelis terhadap penampakannya. Hal ini sejalan dengan hasil pada parameter tekstur dimana penambahan

minyak mata tuna menurunkan kesukaan panelis terhadap produk. Penambahan minyak ikan juga berpengaruh nyata terhadap aroma dan rasa, di mana penggunaan minyak esensial lemon dan jahe sebagai bahan pemasker memberikan aroma dan rasa khas lemon atau jahe pada produk. Hal ini turut mempengaruhi preferensi panelis terhadap aroma dan rasa lokum terfortifikasi. Penambahan minyak lemon secara khusus meningkatkan penerimaan terhadap aroma dan rasa lokum *functional*. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Tserennadmid *et al.* (2011) yang melaporkan bahwa susu pasteurisasi yang ditambahkan minyak lemon memiliki aroma yang paling disukai. Hasil serupa juga dilaporkan oleh Alfonzo *et al.* (2017), dimana ikan sarden dengan penambahan minyak lemon menjadi sampel paling disukai berdasarkan aroma dan rasa. Kandungan senyawa seperti limonene, p-cymene, eugenol, dan menthol dalam minyak lemon diketahui banyak digunakan sebagai *flavoring* pada produk pangan. Aroma dan rasa merupakan atribut sensori penting yang mempengaruhi tingkat penerimaan konsumen terhadap produk (Figuerola *et al.*, 2022).

Penambahan minyak ikan juga berpengaruh terhadap parameter tekstur lokum terfortifikasi (Table 5). Penambahan minyak ikan memberikan pengaruh signifikan terhadap *hardness*, *cohesiveness*, *springiness*, *gumminess*, dan *chewiness*, namun tidak

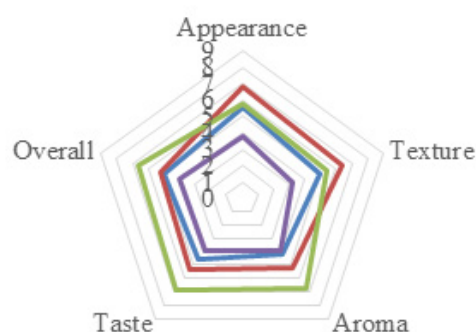


Figure 3 Hedonic sensory evaluation of fortified lokum; — positive control, — negative control — lemon oil, — ginger oil

Gambar 3 Sensori hedonic lokum terfortifikasi, — kontrol positif, — kontrol negatif — lemon oil, — ginger oil



berpengaruh nyata terhadap *adhesiveness*. Semua parameter tekstur tersebut mengalami penurunan akibat penambahan minyak ikan, kecuali *adhesiveness* yang justru meningkat. Sampel kontrol negatif (tanpa penambahan minyak ikan) menunjukkan nilai tekstur tertinggi secara signifikan. Nilai *hardness* 1911,40 dan *chewiness* 1115,73 tertinggi menunjukkan bahwa lokum terfortifikasi tanpa penambahan minyak ikan memiliki struktur paling kokoh dan sulit dikunyah, mencerminkan karakteristik produk lokum tradisional. Nilai *gumminess* 1451,36 dan *cohesiveness* 0,76 yang tinggi turut menunjukkan bahwa struktur lokum *functional* lebih padat dan kompak. Hasil uji tekstur lokum terfortifikasi dapat dilihat pada *Table 6*.

Penurunan parameter tekstur secara signifikan akibat penambahan minyak ikan menunjukkan bahwa minyak tersebut berkontribusi dalam melemahkan struktur gel lokum terfortifikasi. Hal ini sejalan dengan penelitian Gani *et al.* (2018) yang melaporkan bahwa penambahan minyak kelapa murni menyebabkan penurunan gaya patah (*breaking force*) gel, serta penurunan deformasi gel secara bertahap. Penurunan kualitas tekstur ini dapat disebabkan oleh ukuran tetesan minyak yang besar dan interaksi yang tidak optimal antara minyak dan matriks pembentuk gel. Dalam sistem gel lokum terfortifikasi yang berbasis pati dan gula, minyak dapat

mengganggu pembentukan jaringan tiga dimensi yang diperlukan untuk menghasilkan tekstur kenyal dan elastis. Minyak yang tidak terdispersi secara merata juga dapat meningkatkan heterogenitas pada matriks, sehingga menghambat pembentukan struktur gel yang kompak dan stabil (Gani & Benjakul, 2018). Mekanisme ini serupa dengan yang terjadi pada produk protein seperti surimi, di mana penambahan minyak dapat mengurangi kekuatan dan elastisitas gel karena gangguan terhadap jaringan protein (Jiao *et al.*, 2019). Pada lokum terfortifikasi, efek ini terlihat pada penurunan nilai *hardness*, *gumminess*, dan *chewiness*, serta peningkatan *adhesiveness*, yang secara keseluruhan mencerminkan tekstur yang lebih lembek dan lebih lengket.

Karakteristik Kimia Lokum Terfortifikasi

Karakteristik kimia lokum terfortifikasi digambarkan atas parameter proksimat (kadar air, abu, protein, lemak, karbohidrat), nilai EPA dan DHA. Hasil analisis proksimat serta kadar EPA dan DHA pada lokum dengan penambahan minyak mata tuna memberikan hasil yang berbeda nyata pada setiap perlakuan. Hasil analisis karakteristik kimia Lokum terfortifikasi dapat dilihat pada *Table 7*.

Penambahan minyak mata tuna pada produk lokum terfortifikasi memberikan pengaruh terhadap komposisi proksimat. Hasil

Table 6 Texture analysis results of fortified lokum

Tabel 6 Hasil uji tekstur lokum terfortifikasi

Treatments	Parameter					
	Hardness (g)	Cohesiveness	Springiness (mm)	Gumminess (g)	Chewiness index (g)	Adhesiveness (mJ)
Negative control	1911.40±0.43 ^d	0.76±0.02 ^b	6.45±0.01 ^b	145.36±0.60 ^c	1115.73±0.25 ^d	0.01±0.01 ^a
Positif control	1529.57±0.45 ^b	0.65±0.01 ^a	5.56±0.01 ^a	994.22±0.04 ^a	890.03±0.50 ^c	0.04±0.01 ^b
MMT + LO	1557.23±1.06 ^a	0.65±0.00 ^a	6.71±0.34 ^b	1011.40±0.97 ^b	859.97±0.21 ^b	0.05±0.14 ^b
MMT + GO	1538.37±0.60 ^c	0.65±0.00 ^a	6.33±0.02 ^b	995.01±0.17 ^a	655.90±0.40 ^a	0.04±0.02 ^b

Numbers followed by different superscript letters on the same column indicate significant differences ($p < 0.05$);

Negative control: lokum without fish oil addition, positive control: lokum with fish oil addition, MMT + LO:

lokum with fish oil masked with lemon, MMT + GO: lokum with fish oil masked with ginger

Table 7 Chemical characteristics of fortified lokum

Tabel 7 Karakteristik kimia lokum terfortifikasi

Treatments	Parameter (%)						
	Moisture	Ash	Protein	Fat	Carbohydrate	EPA	DHA
Negative control	29.28±0.27 ^c	0.54±0.01 ^a	2.88±0.03 ^a	0.37±0.02 ^a	66.93±0.24 ^a	n.d	0.02±0.01 ^a
Positif control	22.26±0.25 ^a	0.56±0.01 ^a	2.87±0.02 ^a	0.94±0.02 ^b	73.36±0.23 ^c	0.02±0.01 ^{ab}	0.09±0.01 ^b
MMTLO	23.89±0.75 ^b	0.56±0.01 ^a	2.89±0.02 ^a	0.97±0.02 ^b	71.69±0.78 ^b	0.03±0.02 ^{ab}	0.10±0.01 ^b
MMTGO	24.73±0.52 ^b	0.55±0.01 ^a	2.88±0.02 ^a	0.97±0.02 ^b	70.86±0.53 ^b	0.02±0.01 ^{ab}	0.09±0.01 ^b

Numbers followed by different superscript letters on the same column indicate significant differences ($p < 0.05$);

Negative control: lokum without fish oil addition, positive control: lokum with fish oil addition, MMTLO: lokum

with fish oil masked with lemon, MMTGO: lokum with fish oil masked with ginger

penelitian menunjukkan bahwa penambahan minyak ikan menurunkan kadar air, meningkatkan kadar lemak dan karbohidrat, serta tidak memberikan pengaruh nyata terhadap kadar abu dan protein. Hal ini sejalan dengan penelitian oleh Jeyakumari *et al.* (2015) yang melaporkan bahwa penambahan minyak ikan pada produk kue kering (*cookies*) menurunkan kadar air dan meningkatkan kandungan lemak serta karbohidrat. Penurunan kadar air disebabkan oleh sifat hidrofobik dari minyak ikan, sehingga saat minyak ikan ditambahkan ke dalam matriks pangan, air dalam sistem akan tergantikan. Peningkatan kadar karbohidrat terjadi karena metode perhitungan menggunakan pendekatan *by difference*, di mana kadar karbohidrat diperoleh dari hasil pengurangan 100% dengan menjumlahkan memiliki kadar air tertinggi, nilai karbohidrat menjadi relatif lebih rendah dibandingkan perlakuan dengan penambahan minyak ikan. Kadar abu dan protein tidak mengalami perubahan signifikan antar perlakuan, yang menunjukkan bahwa fortifikasi minyak ikan maupun penggunaan agen *masking* seperti lemon dan jahe tidak mempengaruhi kandungan mineral dan protein dalam produk.

Selain mempengaruhi parameter proksimat, penambahan minyak mata tuna juga terbukti memberikan pengaruh positif terhadap peningkatan kadar EPA dan DHA dalam produk akhir lokum terfortifikasi. Kandungan asam lemak deret omega-3 tersebut

hanya terdeteksi pada perlakuan dengan minyak ikan, dan menunjukkan peningkatan yang nyata seiring fortifikasi. Temuan ini didukung oleh penelitian oleh Faccinnetto-Beltrán *et al.*, (2021) yang melaporkan bahwa penambahan minyak ikan meningkatkan kadar DHA pada produk coklat. EPA dan DHA merupakan asam lemak omega-3 (ω -3 PUFAs) yang memiliki berbagai aktivitas biologis positif bagi kesehatan, seperti mendukung perkembangan otak, menurunkan risiko penyakit kardiovaskular, dan bersifat antiinflamasi. Permintaan terhadap produk pangan yang mengandung ω -3 PUFAs terus meningkat karena manfaat kesehatannya yang luas. Peningkatan konsumsi asam lemak omega-3 sangat penting untuk kesehatan karena berperan dalam menurunkan risiko peradangan kronis dan penyakit-penyakit terkait (DiNicolantonio *et al.*, 2021). Dalam penelitian ini, pengembangan produk Lokum terfortifikasi difokuskan untuk mendukung peningkatan nutrisi pada kelompok seluruh kelompok konsumen, termasuk anak-anak, yang membutuhkan asupan DHA dan EPA dalam masa pertumbuhan. Penambahan minyak mata tuna memberikan dampak positif terhadap peningkatan nilai gizi, khususnya asam lemak esensial, sekaligus menjaga kualitas fisik dan kimia produk lokum terfortifikasi. Produk ini berpotensi dikembangkan sebagai pangan fungsional yang diterima konsumen.



KESIMPULAN

Masking minyak mata tuna menggunakan *lemon oil* dan *ginger oil* pada konsentrasi 37,5% efektif menutupi aroma amis serta meningkatkan stabilitas oksidatif minyak ikan, dengan perlakuan *lemon oil* menunjukkan kinerja paling seimbang ditinjau dari penurunan parameter oksidasi, peningkatan aktivitas antioksidan, dan penerimaan sensori pada produk lokum terfortifikasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kepada Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi melalui Program Dana Padanan 2022 yang diketuai oleh Dr.Ir.Wini Trilaksani, M.Sc dengan judul riset “Fabrikasi *Artsnack Helbygoom* Terfortifikasi *Solid-State Virgin Fish Oil* Kaya DHA Sebagai Pangan Kesehatan dan Kecerdasan” sehingga kegiatan ini dapat terlaksana. Adapun nomor kegiatan ini adalah: 296/E1/KS.06.02/2022

DAFTAR PUSTAKA

- [AOAC] Association of Official Analytical Chemist. (2000). Official methods of analysis of the association of agricultural chemists (17th ed.). Washington (US): AOAC International.
- [AOAC]. Association of Official Analytical Chemist. 2000 Analysis of Oil and Fat, Chapter 41. page 26-28. AOAC International
- [AOAC] Association of Official Analytical Chemist. (2005). Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemist. Virginia (US): AOAC International.
- [AOCS] American Oil Chemists Society. (1997). Official methods and recommended practices of the AOCS. Illinois (US): AOCS Press.
- [AOCS] American Oil Chemists Society. (1998). Free fatty acids. In: Official methods and recommended practices of the American Oil Chemists Society (Vol. 5a, 5th ed.). Champaign (US): AOCS Press.
- [AOCS] Association of Official Analytical Chemist Ce 2-66. 1993. “Preparation of Methyl Esters of Long-Chain Fatty acid”. Abhishek, S., Naik, S.N., Vaibhav, V.G., & Chandan, D. (2019). Supercritical CO₂ extraction and online fractionation of dry ginger for production of high-quality volatile oil and gingerols enriched oleoresin. *Ind Crops Prod*, 130, 352–362. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.01.005>
- Alfonzo, A., Martorana, A., Guarrasi, V., Barbera, M., Gaglio, R., Santulli, A., Settanni, L., Galati, A., Moschetti, G., & Francesca, N. (2017). Effect of the lemon essential oils on the safety and sensory quality of salted sardines (*Sardina pilchardus* Walbaum 1792). *Food Control*, 73, 1265–1274. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foodcont.2016.10.046> 0956-7135
- Ali, I.H.H., & Boudriche, L. (2024). Lemon leaf essential oil as natural food preservative in fresh cheese. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 13(in press).
- Amalia, S.R., Rostini, I., Syamsuddin, M.L., & Pratama, R.I. (2021). Chemical and organoleptic characteristics of seaweed jelly candy (*Eucheuma cottonii*) with the addition of red ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) extract. *Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research*, 12(5), 33–43. <http://dx.doi.org/10.9734/ajfar/2021/v12i530246>
- Badan Pengawas Obat dan Makanan (BPOM). (2022). Nomor 9. Persyaratan Cemarkan Logam Berat dalam Pangan Olahan. Badan Pengawas Obat dan Makanan. Jakarta
- Badan Standardisasi Nasional. (2006). SNI 01-2346. Petunjuk pengujian organoleptik dan atau sensori. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Badan Standardisasi Nasional. (2013). SNI 2729. Ikan segar. Jakarta: Badan Standardisasi Nasional.
- Batu, A., & Kirmaci, B. (2009). Production of lokum functional (lokum). *Food research International*, 42(1), 1-7. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2008.08.007>
- Blois, M. S. (1958). Antioxidant determination by the use of stable free radical. *Nature*,

181 : 1199- 1200

- Damerau, A., Mustonen, S. A., Ogradowska, D., Varjotie, L., Brandt, W., Laaksonen, O., Tańska, M., & Linderborg, K. M. (2022). Food fortification using spray-dried emulsions of fish oil produced with maltodextrin, plant and whey proteins—Effect on sensory perception, volatiles and storage stability. *Molecules*, 27(11), 3553. <https://doi.org/10.3390/molecules27113553>
- DiNicolantonio, J.J., & O’Keefe, J. (2021). The importance of maintaining a low omega-6/omega-3 ratio for reducing the risk of autoimmune diseases, asthma, and allergies. *Missouri Medicine*, 118, 453–459. PMID: 34658440; PMCID: PMC8504498.
- Durmus, M., Özogul, Y., Ozyurt, G., Ucar, Y., Kosker, A.R., Yazgan, H., Ibrahim, S.A., & Özogul, F. (2023). Effects of citrus essential oils on the oxidative stability of microencapsulated fish oil by spray-drying. *Frontiers in Nutrition*, 9, 978130. <https://doi.org/10.3389/fnut.2022.978130>
- Faccinetto-Beltrán, P., Gómez-Fernández, A.R., Orozco-Sánchez, N.E., Pérez-Carrillo, E., Marín-Obispo, L.M., Hernández-Brenes, C., Santacruz, A., & Jacobo-Velázquez, D.A. (2021). Physicochemical properties and sensory acceptability of a next-generation functional chocolate added with omega-3 polyunsaturated fatty acids and probiotics. *Foods*, 10(2), 333. <https://doi.org/10.3390/foods10020333>
- Figuerola, V., Bunger, A., Ortiz, J., & Aguilera, J. M. (2022). Sensory descriptors for three edible Chilean seaweeds and their relations to umami components and instrumental texture. *Journal of Applied Phycology*, 34, 3141–3156. <https://doi.org/10.1007/s10811-022-02848-2>
- Galus, S., Mikus, M., Ciurzyńska, A., Domian, E., Kowalska, J., Marzec, A., & Kowalska, H. (2021). The effect of whey protein-based edible coatings incorporated with lemon and lemongrass essential oils on the quality attributes of fresh-cut pears during storage. *Coatings*, 11(7), 745. <http://dx.doi.org/10.3390/coatings11070745>
- Gani, A., & Benjakul, S. (2018). Impact of virgin coconut oil nanoemulsion on properties of croaker surimi gel. *Food Hydrocolloids*, 82, 34–44. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2018.03.037>
- Hernani, & Monoraharjo. (2002). Antioxidant efficacious plants. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Hofer M, Stoilova I, Wanner J, Schmidt E, Jirovetz L, Trifonova D, Stanchev V, Krastanov A. (2015). Composition and comprehensive antioxidant activity of ginger (*Zingiber officinale*) essential oil from Ecuador. *Nat Prod Commun*. 10(6):1085–1090. <http://doi.org/10.1177/1934578X1501000672>
- Hung, Y.H.R., Lin, H.J., Lee, E.C., Lu, W.J., Lin, Y.T., Huang, B.B., Lin, T.C., & Lin, H.T.V. (2023). Effect of lemon essential oil on the microbial control, physicochemical properties, and aroma profiles of peeled shrimp. *LWT – Food Science and Technology*, 173, 114340. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2022.114340>
- Hsouna Ben, A., Ben Halima, N., Smaoui, S., dan Hamdi, N. (2017). Citrus lemon essential oil: Chemical composition, antioxidant and antimicrobial activities with its preservative effect against *Listeria monocytogenes* inoculated in minced beef meat. *Lipids in Health and Disease*, 16(1), 1–11. <https://doi.org/10.1186/s12944-017-0487-5>
- International Fish Oil Standard (IFOS). (2014). Fish Oil Purity Standards. www.omegavia.com/best-fish-oil-supplement-3/.
- Ilievska, B., Loftsson, T., Hjalmarsdottir, M.A., & Asgrimsdottir, G.M. (2016). Topical formulation comprising fatty acid extract from cod liver oil: development, evaluation and stability studies. *Marine Drugs*, 14(6), 105. <https://doi.org/10.3390/md14060105>
- Irferamuna, A., Asmar, Y., Yuliana. (2019). Formulasi biskuit berbasis tepung jagung sebagai alternatif camilan bergizi. *Jurnal Ilmu Sosial dan Humaniora*. 8 (2): 221-226. <https://doi.org/10.23887/jish->



- undiksha.v8i2.21999.
- Jamshidi, A., Cao, H., Xiao, J., & Simal-Gandara, J. (2020). Advantages of techniques to fortify food products with the benefits of fish oil. *Food Research International*, 137, 109353. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2020.109353>
- Jeyakumari, A., Janarthanan, G., Chouksey, M.K., & Venkateshwarlu, G. (2015). Effect of fish oil encapsulates incorporation on the physicochemical and sensory properties of cookies. *Journal of Food Science and Technology*, 53(1), 856–863. <http://doi.org/10.1007/s13197-015-1981-2>
- Jeyakumari, A., Zynudheen, A.A., Binsi, P.K., Parvathy, U., & Ravishankar, C.N. (2017). Microencapsulation of fish oil-oregano essential oil blends by spray drying and its oxidative stability. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 19. <https://jast.modares.ac.ir/article-23-2012-en.html>
- Jiao, X., Cao, H., Fan, D., Huang, J., Zhao, J., Yan, B., & Zhang, H. (2019). Effects of fish oil incorporation on the gelling properties of silver carp surimi gel subjected to microwave heating combined with conduction heating treatment. *Food Hydrocolloids*, 89, 668–676. <https://doi.org/10.1016/j.foodhyd.2019.03.017>
- Kavak D.D., Akpunar E.B. (2018). Quality characteristics of Lokum functional (lokum) as influenced by different concentrations of cornelian cherry pulp. *Journal of Food Processing and Preservation*. <https://doi.org/10.1111/jfpp.13656>
- Kulkarni, V., Jain, S., Khatri, F., & Vijayakumar, T. (2014). Degumming of Pongamia pinnata by acid and water degumming methods. *International Journal of ChemTech Research*, 6(8), 3969–3978.
- La Dia, W.O.N.A., Trilaksani, W., & Ramadhan, W. (2022). Purifikasi minyak mata tuna kaya DHA (*Thunnus* sp.) dengan variasi adsorben. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 25(3), 428–440. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v25i3.42794>
- Licorice. (2022). Snacking as a culture and hobby in Indonesia. Retrieved November 27, 2023, from <http://report.licorice.pink/blog/indonesia/snacking-as-a-culture-and-hobby-in-indonesia/>
- Liu S, Li S, Ho CT. (2022). Dietary bioactives and essential oils of lemon and lime fruits. *Food Science and Human Wellness*. 11(1): 753–764. doi: 10.1016/j.fshw.2022.03.001.
- Loizzo MR, Tundis R, Bonesi M, Sanzo GD, Verardi A, Lopresto CG, Pugliese A, Menichini F, Balducci R, Calabrò V. (2016). Chemical profile and antioxidant properties of extracts and essential oils from *Citrus × limon* (L.) Burm. cv. Femminello Comune. *Chem Biodivers*. 13:571–581. <https://doi.org/10.1002/cbdv.201500186>
- Meldrum, S., & Simmer, K. (2016). Docosahexaenoic acid and neurodevelopmental outcomes of term infants. *Annals of Nutrition and Metabolism*, 69, 22–28. <https://doi.org/10.1159/000448271>
- Palanisamy, U.D., Sivanathan, M., Radhakrishnan, A.K., Haleagrahara, N., Subramaniam, T., & Chiew, G.S. (2011). An effective ostrich oil bleaching technique using peroxide value as an indicator. *Molecules*, 16(7), 5709–5719. <http://dx.doi.org/10.3390/molecules16075709>
- Pebiningrum, A., & Kusnadi, J. (2018). The effect of ginger varieties (*Zingiber officinale*) and the addition of honey on the antioxidant activity of kombucha ginger fermented drinks. *Journal of Food and Life Science*, 1(2), 33–42.
- Rashidian, A., Mehrzadi, S., Ghannadi, A.R., Mahzooni, P., Sadr, S., & Minaiyan, M. (2014). Protective effect of ginger volatile oil against acetic acid-induced colitis in rats: a light microscopic evaluation. *Journal of Integrative Medicine*, 2, 115–120. [https://doi.org/10.1016/S2095-4964\(14\)60011-X](https://doi.org/10.1016/S2095-4964(14)60011-X)
- Rosabal, G., Rodriguez, A., Contreras, E., Ortiz-Viedma, J., Muñoz, M., Trigo, M., Aubourg, S. P., & Espinosa, A. (2019). Concentration of EPA and DHA from refined salmon oil by optimizing the urea-

- fatty acid adduction reaction conditions using response surface methodology. *Molecules*, 24(9), 1694. <https://doi.org/10.3390/molecules24091642>
- Rosanna, Octora, Y., Ahza, A.B., & Syah, D. (2015). Pra Pemanasan meningkatkan kerenyahan keripik singkong dan ubi jalar ungu. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, 26(1), 72–79. <https://doi.org/10.6066/jtip.2015.26.1.72>
- Sinulingga, F., Trilaksani, W., & Setyaningsih, I. (2024). Karakteristik fisikokimia tablet berbasis mikrokapsul minyak mata tuna dan spirulina. *Jurnal Pengolahan Hasil Perikanan Indonesia*, 27(1), 1-15. <https://doi.org/10.17844/jphpi.v27i1.49473>
- Soekarto, S.T. (1985). Penilaian organoleptik: untuk industri pangan dan hasil pertanian. Jakarta: Bharata Karya Aksara.
- Soltan, S.S., & Gibson, R.A. (2008). Short communication: levels of omega-3 fatty acids in Australian seafood. *Asia Pacific Journal of Clinical Nutrition*, 17(3), 385–390. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/18818157/>.
- Song G, Zhang M, Peng X, Yu X, Dai Z, Shen Q. (2018). Effect of deodorization method on the chemical and nutritional properties of fish oil during refining. *LWT - Food Science and Technology*. 96:560–567. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2018.06.004>
- Suseno, S. H., Kamini, K., Jacoeb, A. M., & Suptijah, P. (2017). Improving the quality of fish oil from fat viscera of striped catfish (*Pangasius hypophthalmus*) processing by-product with neutralization and bleaching. *Advance Journal of Food Science and Technology*. 13(6):218-223. <https://doi.org/10.19026/ajfst.13.5159>
- Talbot, G. (2016). The stability and shelf life of food. In: Subramaniam, P., & Wareing, P. (Eds.), *The stability and shelf life of food* (pp. 461–503). Cambridge (UK): Woodhead Publishing.
- Tepe B, Donmez E, Unlu M, Candan F, Daferera D, Vardar-Unlu G, et al. (2004). Antimicrobial and antioxidative activities of the essential oils and methanol extracts of *Salvia cryptantha* (Montbret et Aucher ex Benth.) and *Salvia multicaulis* (Vahl). *Food Chem*. 84:519–525. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(03\)00267-X](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(03)00267-X)
- Trilaksani, W., Nurhayati, T., Santoso, J., Riyanto, B., Fauziah, S., & Sinulingga, F. (2025). Effect of different papain concentrations on yield and quality of tuna eye oil. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*, 16(2), 1–12. <http://dx.doi.org/10.20473/jipk.v17i2.57637>
- Trilaksani, W., Riyanto, B., & Syifa, A. L. (2020). Extraction and microencapsulation of tuna virgin fish oil with mangrove fruit extract fortified into extrusion cereals. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 420, No. 1, p. 012032). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/420/1/012032>
- Trilaksani, W., Riyanto, B., Ramadhan, W., Sinulingga, F., & Fauziah, S. (2023). The characteristics of PUFAs-rich virgin fish oil as affected by size of tuna eye. *J Biodiversitas*, 24(12), 6545–6556. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d241216>
- Tserennadmid, R., Takó, M., Galgóczy, L., Papp, T., Pesti, M., Vágvolgyi, C., Almássy, K., & Krisch, J. (2011). Anti yeast activities of some essential oils in growth medium, fruit juices and milk. *Int J Food Microbiol*, 144(3), 480–486. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2010.11.004>
- Uçar, Y. (2020). Antioxidant effect of nanoemulsions based on citrus peel essential oils: prevention of lipid oxidation in trout. *European Journal of Lipid Science and Technology*. 122(7), 1900405. <http://dx.doi.org/10.1002/ejlt.201900405>
- Warsito, M, F., Untari, F., Prasetyoputri, A., Rachman, F., Septiana, E., Bayu, A., Atikana, A., Sukmarini, L., Putra, M, Y. (2021). Antibacterial and antioxidant activities of ginger essential oils. *Microbiology Indonesia*. 15(4). <https://doi.org/10.5454/mi.15.4.1>
- Wyspianska, D., Kucharska, A.Z., Sokół-Łetowska, A., & Kolniak-Ostek, J. (2019). Effect of microencapsulation on concentration of isoflavones during simulated in vitro digestion of isotonic



- drink. *Food Science & Nutrition*, 7, 805–816. <https://doi.org/10.1002/fsn3.929>
- Yin, H., Solval, K., Huang, J., Bechtel, P., & Sathivel, S. (2011). Effects of oil extraction methods on physical and chemical properties of red salmon oils (*Oncorhynchus nerka*). *JAACS, Journal of the American Oil Chemists' Society*, 88(10). <https://doi.org/10.1007/s11746-011-1824-x>
- Zhang, B., Liu, Y., Wang, H., Liu, W., Cheong, K., & Teng, B. (2021). Effect of sodium alginate-agar coating containing ginger essential oil on the shelf life and quality of beef. *Food Control*, 130, 108216. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2021.108216>