

Kandungan Mioglobin dan Warna pada Ikan Tuna (*Thunnus albacares*) Loin yang Diaplikasi dengan Gas Non Kondensat

Myoglobin Content and Color of Tuna (Thunnus albacares) Loins Treated with Non-Condensate Gas Applications

Cindy R.M. Loppies^{1,*}, Beni Setha¹, Ruslan H.S. Tawari¹, Febby J. Polnaya²,
Joseph Pagaya³, A. Netty Siahaya³

¹ Jurusan Teknologi Hasil Perikanan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Universitas Pattimura, Jl. Mr. Chr. Soplanit, Kampus Poka, Ambon 97233 Indonesia

² Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Pattimura, Jl. Ir. M. Putuhena, Kampus Poka, Ambon 97233 Indonesia

³ Jurusan Biologi, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Pattimura. Jl. Ir. M. Putuhena, Kampus Poka, Ambon 97233 Indonesia

*Penulis korespondensi: Cindy R.M. Loppies, e-mail: cloppies.loppies@lecturer.unpatti.ac.id

ABSTRACT

The use of carbon monoxide gas in handling export-quality tuna loins gas has been prohibited by the FDA due to its residual effects. As an alternative, filtered smoke derived from the combustion of hardwood has been proposed. However, this gas is expensive and primarily produced in Hawaii. During the production of liquid smoke, a non-condensable gas is generated that contains carbon monoxide and may serve to preserve quality, including color and myoglobin content. The aim of this research was to identify the components of non-condensable gas and evaluate its application on tuna loins. A descriptive method was employed, and the data were presented in images and tables. The materials used included sago waste (waa sagu) and tuna loins (*Thunnus albacares*). Observations involved analyzing the composition of the non-condensable gas from sago waste, as well as changes in color and myoglobin content of tuna loins treated with the gas. The analysis identified 12 components in the non-condensable gas, including nitrogen and carbon monoxide. Tuna loins treated with this gas maintained a red color and a myoglobin content of 49.31 ± 0.70 mg %.

Keywords: Myoglobin; non-condensate gas; tuna loin

ABSTRAK

Penanganan tuna loin kualitas dengan ekspor menggunakan gas karbon monoksida telah dilarang oleh FDA terkait residu yang tertinggal, sehingga alternatifnya penggunaan gas *filtered smoke* yang merupakan hasil pembakaran kayu keras. Namun gas ini harga mahal dan produksinya di Hawaii. Pada pembuatan asap cair diperoleh gas non kondensat yang mengandung karbon monoksida yang dapat digunakan mempertahankan mutu yaitu warna dan kandungan mioglobin. Tujuan penelitian ini adalah mengetahui komponen penyusun gas non kondensat dan aplikasinya pada daging tuna loin. Metode yang digunakan adalah deskriptif data ditampilkan berupa gambar dan tabel. Bahan yang digunakan adalah waa sagu, ikan tuna loin (*Thunnus albacares*). Pengamatan yang dilakukan adalah kandungan gas non kondensat dari waa sagu, perubahan warna dan kandungan myoglobin ikan tuna loin yang diaplikasi dengan gas non kondensat. Hasil analisis didapatkan 12 komponen penyusun gas non kondensat diantaranya nitogen dan karbon monoksida, mutu daging tuna loin yang diaplikasi dengan gas non kondensat memiliki warna merah dan kandungan myoglobin $49,31 \pm 0,70$ mg %.

Kata kunci: Gas non kondensat; ikan tuna loin; mioglobin

PENDAHULUAN

Ikan Tuna Loin merupakan produk yang bernilai ekonomis dan merupakan komoditi ekspor yang banyak diminati oleh negara-negara seperti Jepang, Amerika, Eropa dan Australia. Ekspor Tuna Maluku pada tahun 2022 dan 2023 Badan Pusat Statistik Provinsi (BPS, 2023) melaporkan ekspor ikan Tuna yang tertinggi pada tahun 2023 adalah Propinsi Sulawesi Utara, Maluku Utara dan Maluku. Sekitar 25 ribu kg tuna beku jenis yellowfin diekspor ke Vietnam pada Februari 2023 dari Maluku dengan nilai devisa hingga 219.016,16 US\$. Tuna loin yang di ekspor saat ini berbentuk Saku, Cube dan grund meat, dan pembentukannya tergantung keadaan mutu daging tuna loin pada saat itu

Ikan tuna (*Thunnus* sp.) adalah salah satu jenis ikan laut dari famili *Scombridae* yang umum dikonsumsi dan dikenal sebagai sumber protein berkualitas tinggi, dengan kandungan protein melebihi 20% (Mahaliyana *et al.*, 2015). Keunggulan ikan ini terletak pada kandungan proteinnya yang hampir dua kali lipat lebih tinggi dibandingkan telur. Dalam setiap 100 g daging ikan tuna, terkandung 22 g protein dan 2,1 g Omega-3 (Trisnarningsih *et al.*, 2014). Selain itu, ikan tuna kaya akan mineral seperti kalsium, fosfor, besi, dan natrium, serta vitamin A dan vitamin B (thiamin, riboflavin, dan niasin). Ikan ini juga memiliki kadar lemak rendah, yakni sekitar 0,2 hingga 2,7 g per 100 g daging. Menurut Sispaditanianggi (2017), kadar kolesterol pada ikan tuna lebih rendah, yaitu hanya sekitar 38 hingga 45 mg per 100 g daging, jika dibandingkan dengan produk hewani lainnya. Chamorro *et al.* (2024) semakin memvalidasi nilai gizi tuna, dengan menyatakan nilai gizinya yang sangat baik dengan sejumlah besar asam lemak, protein, vitamin, dan mineral berkualitas tinggi. Proteinnya tidak hanya melimpah tetapi juga dianggap berkualitas tinggi, menjadikan tuna sebagai sumber protein yang luar biasa.

Salah satu faktor utama yang menentukan penerimaan tuna loin di pasar ekspor adalah warna. Dalam produk makanan laut, warna daging memiliki peran signifikan terhadap preferensi konsumen. Warna merah cerah menjadi indikator kualitas yang sangat penting, terutama pada ikan tuna. Namun, setelah proses pemotongan dan selama penyimpanan dalam kondisi beku, daging ikan tuna cenderung mengalami perubahan warna yang cepat, berubah menjadi coklat (Bu *et al.*, 2021), sebagai akibat oksidasi mioglobin (Singh *et al.*, 2021). Nakazawa *et al.* (2020), mengemukakan bahwa degradasi warna terutama disebabkan oleh

oksidasi mioglobin, di mana oksimioglobin berubah menjadi metmioglobin, yang menyebabkan perubahan warna coklat yang khas.

Menurut Wodi *et al.* (2014) dan Nakazawa *et al.* (2020), penyimpanan tuna mata besar dalam suhu dingin (*chilling*) menyebabkan perubahan warna dan penurunan kadar mioglobin seiring waktu. Perubahan warna pada daging tuna mata besar selama penyimpanan sembilan hari terjadi lebih cepat dibandingkan dengan penyimpanan selama enam, tiga, atau nol hari. Perubahan warna dari merah menjadi kecoklatan disebabkan oleh proses auto-oksidasi oksimioglobin yang berubah menjadi metmioglobin.

Penggunaan karbon monoksida (CO) dan *filter smoke* (*clear smoke*) telah diterapkan pada produk makanan laut sebagai upaya mempertahankan warna yang diinginkan selama proses penyimpanan dan transportasi (Pivarnik *et al.*, 2011). Penelitian oleh Neethling *et al.* (2015) dan Kristinsson *et al.* (2008) mengevaluasi efektivitas penggunaan CO dan *filter smoke* dalam menjaga stabilitas warna serta mengontrol pertumbuhan bakteri pada ikan tuna (*Thunnus albacares*). Neethling *et al.* (2015), secara spesifik menyatakan bahwa perlakuan CO dapat menstabilkan warna kemerahan steak tuna, terutama jika disimpan secara anaerob. Penurunan mutu secara kimiawi merujuk pada degradasi yang berkaitan dengan komposisi kimia dan struktur tubuh ikan. Proses ini meliputi kerusakan akibat autolisis, oksidasi, serta pembentukan histamin.

Negara-negara importir tuna loin diantaranya adalah Jepang, USA, Australia, dan beberapa negara Eropa, telah mensyaratkan agar negara-negara yang mengekspor produknya telah menerapkan program manajemen mutu berdasarkan konsep *Hazzard Analysis and Critical Control Point* (HACCP) (Astagia *et al.*, 2022) karena akan memberikan jaminan mutu bahwa produk yang dihasilkan aman (*safe*) untuk dikonsumsi, layak mutunya dalam arti higienis, dan tidak merugikan secara ekonomi bagi konsumen (Fitria *et al.*, 2024).

Penggunaan CO pada penanganan tuna loin pada saat ini tidak menjamin keamanan pangan, dimana negara pengekspor tuna loin seperti Jepang menolak penggunaan CO (Faustman & Cassens, 1990). Masyarakat Amerika juga keberatan menggunakan gas CO pada daging, untuk itu setiap daging yang mengandung CO harus ditulis pada kemasan. *Consumer Federation of America* (CFA) telah menyurati kepada *Food and Drug Administration* (FDA) untuk mendukung sebuah permohonan warga negara yang diajukan oleh Kalsec, Inc. pada bulan November 2005, supaya

FDA melarang penggunaan karbon monoksida dalam daging segar. Selanjutnya *The Original Draft of the Food Safety Enhancement Act* (H.R. 3/26/2009; H.R. July 2009) juga mengusulkan kepada FDA supaya menerbitkan undang-undang untuk melarang penggunaan gas CO dalam mempertahankan warna merah pada daging ikan (Pivarnik *et al.*, 2011). CO diganti dengan *filtered smoke* hal ini berkaitan juga dengan residu yang terdapat pada jaringan otot (Pivarnik *et al.*, 2011).

Pada produksi asap cair melalui tahap proses pirolisa dihasilkan karbon padatan (arang), air (H₂O), karbon mono oksida (CO), dan karbon dioksida (CO₂). Pirolisis terjadi dalam beberapa tingkatan proses, yaitu pirolisa primer adalah pirolisa yang terjadi pada bahan baku dan berlangsung pada suhu kurang dari 600° C, hasil penguraian utama adalah karbon (arang), sedangkan pirolisis sekunder adalah pirolisis yang terjadi atas partikel dan gas/uap hasil pirolisis primer dan berlangsung diatas suhu 600° C. Sieradzka *et al.* (2020) mengonfirmasi bahwa pada suhu 600°C, pirolisis menghasilkan campuran gas yang mengandung CO, CO₂, CH₄, H₂, dan hidrokarbon lain seperti C₂H₄, C₂H₆, C₃H₆, dan C₃H₈. Rokhman *et al.* (2024) juga menemukan komposisi gas dengan CO yang signifikan (51,4%), H₂ (15,56%), dan komponen hidrokarbon. Salah satu hasil pirolisa kayu adalah gas yang mengandung CO yang dapat digunakan untuk menggantikan CO murni. Tujuan penelitian adalah mengetahui komponen penyusun gas non kondensat kulit batang sagu dan kualitas warnan serta kandungan myoglobin ikan tuna loin yang diaplikasi dengan gas non kondensat

METODE PENELITIAN

Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah ikan tuna loin, kulit batang sagu (*waa* sagu). Bahan kimia untuk analisis diantaranya pottasium buffer (25 µm pH 7) (Sigma-Aldrich), NaNO 35% (Sigma-Aldrich), KCN 1% (Sigma-Aldrich), buffer fospat pH 6,8 (Sigma-Aldrich), Tris-HCL pH 6,8 (Sigma-Aldrich), MTris-HCl pH 8,8 (Sigma-Aldrich), buffer fosfat 40 mM pH 6,8 (Sigma-Aldrich), dan akuabides.

Pembuatan Gas Non Kondensat dari Kulit Batang Sagu

Kulit batang sagu dimasukan kedalam tangki bahan bakar ukuran 3 kg, selanjutnya tangki ditutup, dilanjutkan dengan pembakaran dengan suhu di atas 400°C selama 2 jam. Dalam proses pembakaran dihasilkan asap cair dan gas yang tidak terkondensasi ditampung pada tabung penampung gas yang telah di kelilingi oleh es kristal. Selanjutnya dilakukan analisis komponen penyusun gas non kondensat dengan menggunakan *Gas Chromatography–Mass Spectrometry* GCMS-QP2020 NX (Shimadzu).

Aplikasi Gas Non Kondensat

Aplikasi gas non kondensat dilakukan dengan cara: ikan tuna loin potong-potong berbentuk cube selanjutnya dimasukan kedalam plastik PE ukuran 10 kg dan dilanjutkan dengan penyemprotan gas non kondensat kulit batang sagu. Sampel yang telah di semprot disimpan dalam *chilling room* (-2° sampai dengan 2°C) selama 2 hari. Setelah 2 hari pengeraman gas non kondensat disedot/dikeluarkan dan dilanjutkan dengan sampel dimasukkan dalam plastik vakum dan divakumkan. Kemudian sampel disimpan dalam *air blast freezer* (Kapasitas 100 ton, model FN 170, surface 170 m²) dengan suhu -25°C selama 1 hari. Kegiatan penelitian dilakukan pada PT Maluku Prima Makmur Ambon. Selanjutnya sampel dikeluarkan dan dilakukan analisis warna dan kandungan mioglobin.

Analisis Gas Chromatography–Mass Spectrometry (GC-MS)

Prosedur analisis GC-MS dilakukan dengan mengekstraksi senyawa target dari matriks sampel menggunakan pelarut organik yang sesuai, diikuti dengan pemurnian melalui filtrasi atau sentrifugasi serta derivatisasi bila diperlukan untuk meningkatkan volatilitas. Instrumen GC-MS dipastikan bersih dan terkalibrasi, dengan penggunaan kolom kapiler sesuai jenis analit serta pengaturan suhu kolom bertahap dari 60°C hingga 300°C. Sampel (±1 µL) diinjeksi menggunakan mode *split* dengan gas pembawa helium pada laju aliran konstan. Spektrometer massa dioperasikan dalam mode ionisasi elektron (70 eV) dengan rentang pemindaian m/z 50–550, dan identifikasi senyawa dilakukan melalui pustaka spektrum (misalnya NIST). Data dianalisis berdasarkan

waktu retensi dan spektrum massa, dibandingkan dengan standar atau pustaka untuk konfirmasi, serta dihitung konsentrasinya menggunakan kurva kalibrasi bila diperlukan. Validasi metode mencakup presisi, akurasi, LOD, LOQ, dan linearitas, sedangkan pelaporan hasil disertai kromatogram, spektrum massa, dan interpretasi identifikasi senyawa.

Analisis Warna

Pengukuran warna dilakukan menggunakan alat Color Reader CR-10 (Minolta) dengan prosedur sebagai berikut: sampel daging ikan dimasukkan ke dalam plastik transparan, kemudian alat dihidupkan dan ditempelkan pada kantong plastik berisi sampel untuk memperoleh nilai koordinat warna L^* , a^* , dan b^* . Hasil pembacaan tersebut digunakan sebagai dasar penentuan warna, yang selanjutnya dihitung menggunakan rumus derajat Hue (Persamaan 1).

$$^{\circ}\text{Hue} = \tan^{-1} (b^*/a^*) \quad \dots (1)$$

Analisis Mioglobin (Chen & Chow 2001)

Prosedur analisis mioglobin dilakukan dengan cara sampel daging ikan diblender hingga homogen, kemudian ditimbang sebanyak 1 g dan dimasukkan ke dalam tabung sentrifus 50 mL, ditambahkan 7 mL akuabidest dingin, lalu disentrifugasi pada kecepatan 3000 G (Kokusan H-19F) selama 15 menit. Supernatan yang diperoleh disaring menggunakan kertas saring 0,2 μm , kemudian dipipet 1 mL dan ditambahkan 0,5 mL buffer kalium (25 μM , pH 7), divorteks, ditambahkan 25 μL larutan NaNO_3 5%, divorteks kembali, lalu ditambahkan 25 μL KCN 1%, divorteks dan didiamkan selama 1 menit. Larutan hasil perlakuan diukur serapannya menggunakan spektrofotometer UV-Vis 2500 (Shimadzu) pada panjang gelombang 540 nm dengan buffer fosfat 40 mM pH 6,8 sebagai blanko. Konsentrasi mioglobin dihitung berdasarkan koefisien ekstingsi molar (11300) dan berat molekul (16000) sesuai dengan Persamaan 2.

$$\text{Konsentrasi mioglobin (mg/100 g)} = \text{absorban} \times 2 \times 16000/11300 \times 100 \quad \dots (2)$$

Analisis Data

Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap pola non-faktorial dengan tiga kali

ulangan. Jika berpengaruh nyata atau sangat nyata dilanjutkan dengan uji Tukey ($\alpha = 0,05$).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komponen Penyusun Gas Non Kondensat Kulit Batang Sagu

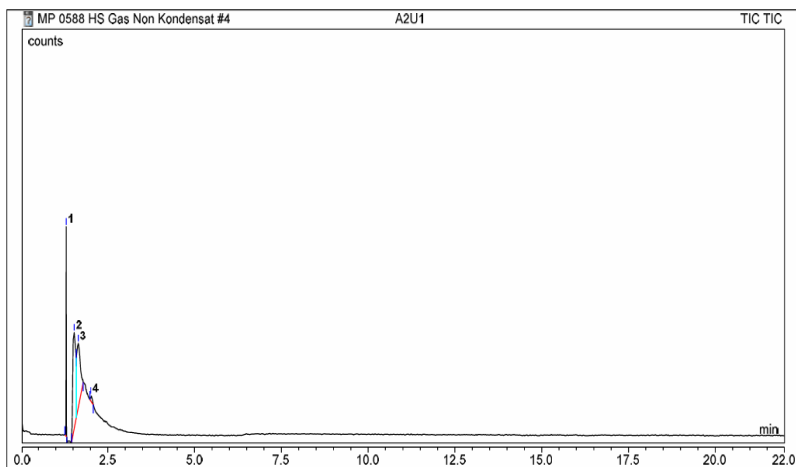
Proses pembuatan asap cair kulit batang sagu menghasilkan gas yang sangat ringan dan tidak terkondensasi. Gas yang tidak terkondensasi ini di tampung dan selanjutnya akan digunakan sebagai pengganti gas CO murni dan *filtered smoke* dalam penanganan daging tuna.

Hasil analisis dari gas yang tidak terkondensasi dengan menggunakan kromatografi gas terdapat 4 puncak dengan 12 komponen penyusun (Tabel 1 dan Gambar 1). Komponen penyusun pada gas non kondensat kulit batang sagu adalah nitrogen dan karbon monoksida dan golongan asam-asam organik berupa karbonil dan derivatnya berupa karbonil dan fenol yang mempunyai kemampuan sebagai anti mikroba. Abustam *et al.* (2019) menunjukkan bahwa senyawa asap seperti fenol, asam asetat, dan karbonil dapat digunakan secara efektif sebagai pengawet alami dalam produk daging. Komponen penyusun pada gas non kondensat mirip dengan gas *filtered smoke*. Hahn (1999) mengatakan tidak ada formula empiris untuk gas yang terkandung dalam *filtered smoke*. Namun, tidak ada rumus empiris untuk konstituen yang ditemukan dalam *filtered smoke*. Sebagai contoh, komponen utama dalam *filtered smoke* adalah nitrogen, oksigen, karbon monoksida (CO), karbon dioksida dan metana, ada juga fenol aromatik dan hidrokarbon.

Tabel 1.

Komponen penyusun gas non kondensat kulit batang sagu

No.	Komponen
1.	Nitrogen
2.	1,2-diacetylhydrazine
3.	3-Cyclopentene-1,2-diol, cis-
4.	3-Methyl-1-penten-4-yn-3-ol
5.	Carbon monoxide
6.	Acetic acid, hydrazide
7.	4-Cyclopentene-1,3-diol,
8.	2,3-Diazabicyclo[2.2.1]h
9.	Nickel tetracarbonyl
10.	Carbamic acid, (3,4,4-tri
11.	1,6:2,3-Dianhydro-4-deo
12.	Cyclohexane, 1-methyl-4



Gambar 1. Gas yang tidak terkondensasi kulit batang sagu dengan *Gas Chromatography – Mass Spectrometry*

Tabel 2.
Nilai L^* , a^* , b^* dan derajat *Hue* untuk daging ikan tuna loin dengan perlakuan tanpa gas dan menggunakan gas non kondensat

Perlakuan	L^*	a^*	b^*	$^{\circ}$ Hue
Tanpa gas non kondensat	$24,77 \pm 0,67^b$	$17,13 \pm 2,88$	$2,27 \pm 0,02^a$	$7,64 \pm 1,18$
Gas non kondensat	$34,79 \pm 1,57^a$	$16,00 \pm 1,18$	$1,22 \pm 0,03^b$	$4,38 \pm 0,19$

Keterangan: Angka (rata-rata $\pm$ stdev) pada kolom yang sama dan diikuti dengan huruf (superskrip) yang sama, tidak berbeda nyata berdasarkan uji Tukey (α 0,05).

Pezeshk *et al.* (2016) dan Sika *et al.* (2020) menyatakan bahwa efek anti bakterisidal disebabkan oleh adanya komponen formaldehid, asam-asam organik, fenol dan komponen organik lainnya. Komponen utama asap yang berfungsi sebagai pengawet yaitu asam, fenol dan karbonil (Sari *et al.*, 2019; Mutamima *et al.*, 2025). Komponen-komponen ini yang dapat berpengaruh pada nilai pH, TVB dan TPC.

Warna Tuna Loin

Kualitas ekspor tuna loin ditentukan juga dengan warna dan kandungan mioglobin, dimana karena terjadi oksidasi dari oksimioglobin menjadi metmioglobin (Nakazawa *et al.*, 2020) menjadikan warna ikan menjadi coklat, dan ini yang menyebabkan penolakan ikan tuna loin oleh *buyer*. Perubahan fisik ikan merupakan indikasi yang paling mudah untuk mengetahui tingkat kesegaran ikan, yaitu dengan melihat warna daging, apabila ikan berwarna merah segar maka mutu ikan masih baik.

Warna merah terang pada otot tuna sirip biru Pasifik merupakan faktor penting dalam menentukan nilai ekonomis karena preferensi konsumen yang menganggap warna merah pada daging ikan sebagai indikator kesegaran (Singh *et al.*, 2021; Jo *et al.*, 2023), warna ini juga digunakan

untuk menentukan perubahan fisik dari pangan. Salah satu metode mengukur warna dengan system notasi Hunter menggunakan tiga dimensi warna L^* , a^* , b^* . L^* adalah menunjukkan tingkat kecerahan dari warna dimana angka 0 menunjukkan warna hitam dan angka 100 warna putih. a^* menunjukkan warna hijau dan merah, sedangkan b^* menunjukkan warna biru dan kuning.

Hasil analisis menunjukkan nilai L^* untuk tuna loin tanpa menggunakan gas non kondensat yaitu 24,77 dan yang menggunakan gas non kondensat yaitu 34,79 (Tabel 2) berbeda nyata berdasarkan uji Tukey. Tingkat kecerahan ini dipengaruhi oleh kemampuan CO yang ada pada gas non kondensat untuk mengikat mioglobin sehingga daging menjadi berwarna merah cerah. Pada penelitian ini nilai kecerahan tidak berbeda dengan penelitian Nurilmala *et al.* (2013) yang menyatakan bahwa yellowin tuna untuk kriteria sangat baik, baik, dapat diterima dan tidak dapat diterima nilai kecerahan (L^*) berada pada kisaran 30. Jika dihubungkan dengan nilai a^* , b^* dan $^{\circ}$ Hue menunjukkan warna daging ikan tuna loin tanpa penggunaan gas yaitu $7,64^{\circ}$ berada pada merah tua gelap (Maroon), sedangkan pada daging tuna dengan penggunaan gas non kondensat kulit batang sagu yaitu $4,38^{\circ}$ berada pada spektrum merah bata, dengan dominasi ke arah merah. Tingginya nilai warna ($^{\circ}$ Hue) tidak menjamin kualitas warna steak tuna karena

dipengaruhi Tingkat kecerahan L^* semakin tinggi nilai L^* semakin cerah, oleh sebab itu warna daging berhubungan dengan kandungan mioglobin dalam steak tuna. Salah satu kemunduran mutu ikan tuna yang disebabkan oleh proses oksidasi yaitu terjadinya penambahan kation pada Fe^{2+} (*ferrous*, Mb-Fe^{2+}) dalam mioglobin menjadi bentuk Fe^{3+} (*ferric*, Mb-Fe^{3+}) yang dapat mengakibatkan perubahan warna daging ikan tuna dari merah segar menjadi coklat (Wang *et al.*, 2024). Pujol *et al.* (2023) menjelaskan bahwa warna daging bergantung pada keadaan redoks mioglobin, dengan keadaan valensi besi sangat memengaruhi pigmentasi.

Nilai warna steak tuna pada penelitian ini dikelompokkan pada pengelompokan warna berdasarkan nilai $^{\circ}\text{Hue}$ maka, semua nilai berada pada kisaran warna merah (Gambar 1). Warna ini berhubungan dengan kandungan mioglobin daging tuna, mioglobin merupakan pigmen utama daging dan konsentrasinya akan mempengaruhi intensitas warna merah daging. Singh *et al.* (2021) secara spesifik menegaskan bahwa bentuk oksi mioglobin menghasilkan warna merah cerah pada tuna, sementara oksidasi menyebabkan perubahan warna. Perbedaan kadar mioglobin menyebabkan perbedaan intensitas warna daging ikan tuna (Álvarez-Armenta *et al.*, 2023; Bu *et al.*, 2021). Bu *et al.* (2021) menunjukkan bahwa kadar mioglobin turun dari 192,533 mg/kg menjadi 133,760 mg/kg, bertepatan dengan perubahan warna yang signifikan (nilai a^*/b^* menurun dari 0,698 menjadi 0,163).

Karbon monoksida (CO) berkombinasi dengan mioglobin membentuk karboksimioglobin, sebuah pigmen cerah yang berwarna merah ceri pada daging ikan. Karboksimioglobin lebih stabil dari bentuk mioglobin yang dioksigenasikan yaitu oksimioglobin, yang dapat dioksidasi menjadi pigmen coklat yaitu metmioglobin. Warna merah yang stabil ini dapat bertahan lebih lama, sehingga memberikan kesan kesegaran pada daging ikan (Pivarnik *et al.*, 2011). Tetapi, Ariyani *et al.* (2020)

secara khusus memperingatkan bahwa warna mungkin bukan satu-satunya faktor yang menunjukkan kesegaran steak tuna, karena kerusakan mikroba terus berlanjut meskipun warnanya dipertahankan.

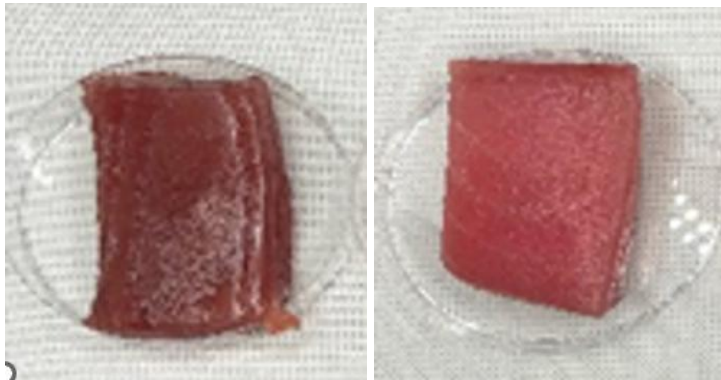
Warna merupakan salah satu penentu konsumen dalam memilih daging ikan, tuna loin yang telah terjadi perubahan warna yang mengarah ke warna coklat tidak diminati oleh konsumen atau terjadi kerusakan pada daging ikan. Perubahan warna ini terjadi diakibatkan terjadi oksidasi mioglobin dari oksimioglobin (oxyMb) ke met mioglobin (MetMb). Rasio penurunan mioglobin ini dapat terlihat pada kadungan mioglobin daging ikan tuna loin dengan menggunakan spektrofotometer.

Tabel 3.
Kandungan mioglobin tuna loin tanpa penggunaan gas dan penggunaan gas non kondensat

Perlakuan	Rata-Rata
Tanpa gas non kondensat	28,02±3,36 ^b
Gas non kondensat	49,31±0,70 ^a

Keterangan: Angka (rata-rata±stdev) yang diikuti dengan huruf (superskrip) yang sama, tidak berbeda nyata berdasarkan uji Tukey (α 0,05).

Hasil analisis menunjukkan kandungan mioglobin ikan tuna loin yang tidak menggunakan gas yaitu 28,02±3,36 mg % dan yang menggunakan gas non kondensat yaitu 49,31±0,70 mg % (Tabel 3) dan kedua taraf perlakuan berbeda nyata berdasarkan uji Tukey (α = 0,05). Terjadinya perubahan kandungan mioglobin pada ikan yang menggunakan gas non kondensat karena adanya kandungan gas CO mempunyai kemampuan meningkatkan kandungan mioglobin tuna loin. Terlihat bahwa walaupun kandungan CO pada gas non kondensat tidak mencapai 100% tapi mempunyai kemampuan dalam meningkatkan kandungan mioglobin ikan tuna.



Gambar 1. Tuna loin tanpa gas dan tuna loin dengan gas non kondensat mioglobin daging tuna loin

Pada gas *filtered smoke* yang memiliki kandungan CO 30-40%, memiliki kemampuan yang tinggi dari gas CO, demikian juga Loppies *et al.* (2021) menyatakan bahwa kandungan CO dan senyawa-senyawa organik dari limbah produksi asap cair memiliki kemampuan yang lebih tinggi untuk meningkatkan kandungan mioglobin dibandingkan CO dan FS. Kandungan mioglobin yang meningkat ini juga berhubungan dengan warna yang terbentuk, karena indikator peningkatan kandungan mioglobin terlihat juga pada warna yang terbentuk. Sakowska *et al.* (2016) menyatakan CO memiliki kemampuan tinggi dalam mempertahankan warna merah pada daging walaupun dengan konsentrasi CO yang rendah < 1%.

KESIMPULAN

Terdapat 12 komponen penyusun gas non kondensat dimana terdapat gas nitrogen dan karbon monoksida yang mempunyai kemampuan merubah warna dari met mioglobin menjadi karboksimioglobin yaitu dengan ditunjukan warna merah keunguan dan kandungan mioglobin daging tuna loin yang diaplikasi dengan gas non kondensat kulit batang sagu yaitu $49,31 \pm 0,70$ mg %.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terma kasih kepada Kementrerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset dan Teknologi (Kemendikbudristek) Indonesia melalui program Matchig Fund (MF) Kedaireka Tahun 2024 memberi kesempatan Tim Universitas Pattimura untuk melakukan kegiatan Penelitian bersama Mitra PT Maluku Prima Makmur yang mendukung kegiatan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abustam, E., Said, M., Yusuf, M., & Ali, H.M. (2019). Effect of aging time on changes in smoke flour compounds on meatballs and fresh meat of Bali beef. *IOP Conference Series: Earth and Environment*, 247, 012026. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/247/1/012026>
- Álvarez-Armenta, A., Huerta-Ocampo, J., López-Zavala, A., Pacheco-Aguilar, R., Sotelo-Mundo, R., Corona-Martínez, D.O., & Ramírez-Suárez, J.C. (2023). Review of the greening reaction by thermal treatment: New insights exploring the structural implications of myoglobin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 71(46), 17485–17493. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.3c02109>
- Ariyani, F., Kristiningrum, E., Barokah, G., & Januar, H. (2020). The effects of carbon monoxide treatment on the physical and chemical qualities of tuna steak during iced storage. *Squalen Bulletin of Marine and Fisheries Postharvest and Biotechnology*, 15(2), 73-79. <https://doi.org/10.15578/squalen.456>
- Astagia, A., Nurani, T., & Kurniawati, V. (2022). Persyaratan ekspor tuna tujuan Uni Eropa, Amerika Serikat, dan Jepang. *ALBACORE Jurnal Penelitian Perikanan Laut*, 6(1), 57-66. <https://doi.org/10.29244/core.6.1.057-066>
- Badan Pusat Statistik. (2023) Ekspor Ikan Segar/Dingin Hasil Tangkapan Menurut Negara Tujuan Utama 2012-2023. BPS.
- Bu, Y., Han, M., Tan, G., Zhu, W., Li, X., & Li, J. (2021). Changes in quality characteristics of southern bluefin tuna (*Thunnus maccoyii*) during refrigerated storage and their correlation with color stability. *LWT*, 154, 112715. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2021.112715>
- Chamorro, F., Cassani, L., García-Oliveira, P., Barral-Martinez, M., Jorge, A.O.S., Pereira, A., Otero, P., Fraga-Corral, M., Beatriz, M., Oliveira, P.P., Prieto, M.A., Dufossé, L., & Ameer, K. (2024). Health benefits of bluefin tuna consumption: (*Thunnus thynnus*) as a case study. *Frontiers in Nutrition*, 11, 1340121. <https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1340121>
- Fitria, Y., Yusra, Suparno, Arlius, & Munzir, A. (2024). Quality control through the implementation of HACCP in the process of frozen tuna loin processing at PT. Lintas Laut Samudera, Bungus, West Sumatra. *International Journal of Progressive Sciences and Technologies*, 46(2), 126-133. <http://dx.doi.org/10.52155/ijpsat.v46.2.6565>
- Hahn, M.J. (1999). Use of Tasteless Smoke. Washington, D.C.: Hawaii International Seafood, Inc.
- Mutamima, A., Sunarno, Al'farisi, C.D., Dewi, W.N., Trisno, A., & Barus, S.D.A. (2025). Physicochemical characterization of coconut shell liquid smoke and its potential as a natural preservative for fish balls. *Jurnal Ilmiah Pertanian*, 22(1), 13-22.

- <https://doi.org/10.31849/jip.v22i1.23850>
- Jo, D-M., Song, M., Park, S-K., Choi, J., Oh, D.K., Kim, D-H., & Kim, Y-M. (2023). Potential application of lactic acid bacteria for controlling discoloration in tuna (*Thunnus orientalis*). *Food Bioscience*, 54, 102856. <https://doi.org/10.1016/j.fbio.2023.102856>
- Kristinsson, H.G., Mony, S., Demir, N., Balaban, M.O. & Otwell, W.S. (2008). The effect of carbon monoxide and filtered smoke on the properties of aquatic muscle and selected muscle components. Taft 2003. Proceedings of the TAFT 2003 Conference. Reykjavik. Iceland: pp. 27-29.
- Loppies, C.R.M., Apituley, D.A.N., Sormin, R.B.D., & Setha, B. (2021). Kandungan mioglobin ikan Tuna (*Thunus albacares*) dengan pemakaian karbon monoksida dan filter smoke selama penyimpanan beku. *Jurnal Inasua, Teknologi Hasil Perikanan*, 1(1).
- Mahaliyana, A.S., Jinadasa, B., Liyanage, N.P., Jayasinghe, G., & Jayamanne, S.C. (2015). Nutritional composition of Skipjack Tuna (*Katsuwonus pelamis*) caught from the Oceanic Waters around Sri Lanka. *American Journal of Food and Nutrition*, 3, 106-111.
- Nakazawa, N., Wada, R., Fukushima, H., Tanaka, R., Kono, S., & Okazaki, E. (2020). Effect of long-term storage, ultra-low temperature, and freshness on the quality characteristics of frozen tuna meat. *International Journal of Refrigeration*, 112, 270-280. <https://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2019.12.012>
- Neethling, N.E., Hoffman, L., Britz, T.J., & O'Neill, B. (2015). Influence of carbon monoxide on the colour stability of defrosted yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) muscle stored under aerobic and anaerobic conditions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(8), 1605-1612. <https://doi.org/10.1002/jsfa.6991>
- Nurilmala, M., Ushio, H., Kaneko, G., & Ochiai, Y. (2013). Assessment of commercial quality evaluation of yellowfin Tuna (*Thunus albacores*) meat based on myoglobin properties. *Food Science and Technology Research*, 19(2), 237-243. <https://doi.org/10.3136/fstr.19.237>
- Pezeshk, S., Ojagh, S. M., & Alishahi, A. (2016). Effect of plant antioxidant and antimicrobial compounds on the shelf-life of seafood - A review. *Czech Journal of Food Science*, 33(3), 195-203. <https://doi.org/10.17221/593/2014-CJFS>
- Pujol, A., Ospina-E, J.C., Alvarez, H., & Muñoz, D.A. (2023). Myoglobin content and oxidative status to understand meat products' color: Phenomenological based model. *Journal of Food Engineering*, 348, 111439. <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2023.111439>
- Pivarnik, L.F., Faustman, C., Rossi, S., Suman, S.P., Palmer, C., Richard, N.L., Ellis, P.C., & DiLiberti, M. (2011). Quality assessment of filtered smoked yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) steaks. *Journal of Food Science*, 76(6), S369-S379. <https://doi.org/10.1111/j.1750-3841.2011.02276.x>
- Rokhman, B., Kobzar, S.G., & Chetveryk, H. (2024). Study on kinetics of biomass pyrolysis in the fixed bed. 2. Analysis of the results of calculating the thermal decomposition of different types of solid fuel. *Energy Technologies & Resource Saving*, 96-109. <https://doi.org/10.33070/etars.2.2024.07>
- Sakowska, A., Guzek, D., Głabska, D., & Wierzbicka, A. (2016). Carbon monoxide concentration and exposure time effects on the depth of CO penetration and surface color of raw and cooked beef longissimus lumborum steaks. *Meat Science*, 121, 182-188. <https://doi.org/10.1016/j.meatsci.2016.06.013>
- Sari, E., Khatab, U., Burmawi, Rahman, E.D., Afriza, F., Maulidita, A., & Desti, V. (2019). Production of liquid smoke from the process of carbonization of durian skin biomass, coconut shell and palm shell for preservation of tilapia fish. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 543, 012075. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/543/1/012075>
- Sieradzka, M., Gao, N., Quan, C., Mlonka-Mędrala, A., & Magdziarz, A. (2020). Biomass thermochemical conversion via pyrolysis with integrated CO₂ capture energies. XXIV International Symposium on Combustion Processes, September 23-25, 2019, Wrocław, Poland. <https://doi.org/10.3390/en13051050>
- Singh, A., Mittal, A., & Benjakul, S. (2021). Undesirable discoloration in edible fish muscle: Impact of indigenous pigments, chemical reactions, processing, and its prevention. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 21(1), 580-603. <https://doi.org/10.1111%2F1541-4337.12866>

- Sika, A.E., Aké-Assi, Y., Anoman, T., Kambire, O., Koffi-Nevry, R., & Djé, K. (2020). Effect of lactic acid on inactivation of enterotoxigenic *Escherichia coli* (ETEC) isolated from tuna loins produced in Côte D'Ivoire. *Journal of Advances in Microbiology*, 20(4), 41–50. <https://doi.org/10.9734/jamb/2020/v20i430235>
- Sispaditanianggi, L. (2017). Perancangan Mesin Penggiling Ikan Tuna Untuk Bahan Baku Pembuatan Nugget Dengan Kapasitas 60 kg/jam. Skripsi. Malang: Universitas Muhammadiyah Malang.
- Trisnarningsih, D. (2014). Kadar Protein Dan Betakaroten Bakso Ikan Tuna Yang Diperkaya Jamur Merang (*Volvariella volvaceae*) Dan Umbi Wortel. Skripsi. Fakultas Keguruan Dan Ilmu Pendidikan, Universitas Muhammadiyah Surakarta, Surakarta. <https://eprints.ums.ac.id/28728/>
- Wang, B., Wang, S., Xu, Y., Jiang, Q., & Xia, W. (2024). Colour stability improving of yellowfin tuna slices by compound antioxidant against oxidation of myoglobin. *International Journal of Food Science and Technology*, 59(8), 5616–5629. <https://doi.org/10.1111/ijfs.17285>
- Wodi, S.I.M., Trilaksani, W., & Nurilmala, M. (2014). Perubahan mioglobin tuna mata besar selama penyimpanan suhu *chilling*. *JPHPI*, 17(3).

Copyright © The Author(s)



This work is licensed under a [Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)