

Metabolite Profile of Boiled Ndusuk Leaves (*Melastoma malabathricum* L.) from Manggarai Based on GC-MS Analysis

Bernadeta Stien Julian Nabuasa^{1*}, Muhajirin Dean², Matias Nataniel Kolobani², Yantus Aristarkus B. Neolaka²

¹Mahasiswa Program Studi Farmasi, Fakultas Kedokteran dan Kedokteran Hewan, Universitas Nusa Cendana, Kupang, Indonesia;

²Dosen Program Studi Farmasi, Fakultas Kedokteran dan Kedokteran Hewan, Universitas Nusa Cendana, Kupang, Indonesia;

Article History

Received : July 10th, 2026

Revised : July 25th, 2026

Accepted : July 29th, 2026

*Corresponding Author:

Bernadeta Stien Julian Nabuasa, Mahasiswa Program Studi Farmasi, Fakultas Kedokteran dan Kedokteran Hewan, Universitas Nusa Cendana, Kupang, Indonesia; Email: julienstien13072004@gmail.com

Abstract: *Ndusuk* leaves (*Melastoma malabathricum* L.) are traditionally used by the Manggarai community to reduce the fatty appearance of pork dishes, yet the molecular basis of this practice has not been investigated using a GC-MS-based metabolomic approach. This study compared the metabolite profiles of *Ndusuk* leaf decoctions prepared without and with pork. Dried leaves (35 g) were decocted in 2.5 L of water at 100°C for 30 min under two treatments: leaves only (control) and leaves with 100 g pork (sample), each performed in triplicate (n = 3). Metabolites were analyzed by GC-MS and tentatively identified using the NIST library (similarity index ≥80%). The control contained 118 tentatively identified metabolites, whereas the pork-treated extract contained 126. Boiling with pork increased cis-vaccenic acid (+4.07%) and palmitic acid (+1.92%), while decreasing melezitose (−2.80%) and glycerol (−0.73%). These findings demonstrate that cooking with pork alters the metabolite profile of *Ndusuk* leaf decoctions without providing evidence of direct fat reduction. The observed metabolite shifts may suggest possible phenolic–lipid interactions, antioxidant-related processes, and Maillard reaction-associated changes; however, these mechanisms require confirmation using targeted metabolomics and authentic standards. This study provides the first metabolomic evidence supporting the traditional culinary use of *Ndusuk* leaves and establishes a scientific basis for Manggarai pork-cooking practices.

Keywords: GC-MS; Local wisdom; Metabolite profile; *Melastoma malabathricum* L.; Phenolic-lipid interaction.

Pendahuluan

Provinsi Nusa Tenggara Timur (NTT) didominasi lahan kering akibat curah hujan yang rendah dan musim kemarau yang panjang. Dari total luas wilayah sekitar 4,6 juta ha, sekitar ±1 juta ha merupakan lahan kering (Delvion *et al.*, 2021). Berbeda dengan sebagian besar wilayah NTT, Kabupaten Manggarai memiliki tingkat kesuburan tanah yang relatif tinggi karena didominasi tanah vulkanik jenis Andisol yang kaya mineral dan memiliki kapasitas retensi air yang baik (Hikmat *et al.*, 2023). Selain itu, lebih

dari 70% wilayah Manggarai berada pada ketinggian >1.000 mdpl dengan suhu rata-rata 19,70°C dan kelembapan relatif 84%, sehingga membentuk agroklimat dataran tinggi yang mendukung biosintesis metabolit sekunder tanaman (Kementrian Kesehatan RI, 2018).

Salah satu tumbuhan yang tumbuh optimal di wilayah tersebut adalah *Ndusuk* (*Melastoma malabathricum* L.), yang dapat ditemukan hingga ketinggian 1.650 mdpl (Nurhayati & Wijayanti, 2023). Bagi masyarakat Manggarai, daun *Ndusuk* memiliki nilai etnobotani melalui tradisi *ute saung ndusuk*, yaitu penggunaan daun

Ndusuk dalam masakan daging babi yang secara empiris dipercaya mampu mengurangi tampilan lapisan lemak. Pemanfaatan tersebut telah didokumentasikan dalam studi etnobotani dan laporan konservasi (Iswandono *et al.*, 2015, 2018), namun mekanisme ilmiahnya belum pernah dibuktikan.

Kajian ini penting mengingat daging babi merupakan pangan yang umum dikonsumsi masyarakat Manggarai dan mengandung sekitar 46,2% asam lemak jenuh, terutama asam palmitat, miristat, dan stearat (Irnawati *et al.*, 2021; Kang *et al.*, 2024). Konsumsi lemak jenuh berlebih berhubungan dengan peningkatan risiko hiperkolesterolemia dan penyakit kardiovaskular (Wiriansya & Indarwati, 2023). Riskesdas 2018 melaporkan 21,2% penduduk Indonesia berusia ≥ 15 tahun memiliki kadar kolesterol abnormal, sedangkan prevalensi hiperkolesterolemia nasional diperkirakan mencapai sekitar 35% (Dinas Kesehatan Provinsi Aceh, 2023; Riskesdas 2018).

Daun Ndusuk diketahui kaya senyawa fenolik (Kartina *et al.*, 2019). Senyawa ini memiliki sifat amfifilik sehingga mampu berinteraksi dengan lipid melalui ikatan hidrogen dan interaksi hidrofobik, meningkatkan dispersi lemak serta menghambat oksidasi lipid selama pemanasan. Selain itu, fenolik juga dilaporkan dapat berinteraksi dengan protein, meskipun mekanisme tersebut belum pernah dikaji secara spesifik pada daun Ndusuk (Karonen, 2022; Zhou *et al.*, 2022).

Analisis metabolit untuk mengungkap perubahan senyawa akibat proses perebusan dapat dilakukan menggunakan *Gas Chromatography–Mass Spectrometry* (GC-MS), yang mampu memisahkan dan mengidentifikasi senyawa volatil maupun semivolatil berdasarkan pola fragmentasi ion (Hermalena & Salihat, 2018; Upadhyay *et al.*, 2023). Hingga saat ini belum ditemukan laporan mengenai profil metabolit daun Ndusuk asal Kabupaten Manggarai yang direbus bersama daging babi, padahal variasi agroklimat berpotensi memengaruhi komposisi metabolit sekunder (Lingga *et al.*, 2025). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan membandingkan profil metabolit hasil perebusan daun Ndusuk dengan dan tanpa daging babi menggunakan GC-MS sebagai dasar ilmiah untuk menjelaskan praktik tradisional *ute saung ndusuk* serta mengisi kesenjangan

penelitian mengenai pemanfaatan tanaman ini di Kabupaten Manggarai.

Bahan dan Metode

Jenis dan Rancangan

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif yang bertujuan untuk menganalisis dan membandingkan profil metabolit hasil perebusan daun Ndusuk (*Melastoma malabathricum* L.) asal Kabupaten Manggarai pada kondisi dengan dan tanpa daging babi menggunakan metode *Gas Chromatography–Mass Spectrometry* (GC-MS).

Lokasi dan Waktu

Penelitian ini dirancang akan dilakukan mulai bulan Januari sampai April 2026. Penelitian dilakukan di UPT Laboratorium Riset Terpadu, Universitas Nusa Cendana, dan Laboratorium LIHTR Universitas Airlangga, Surabaya, Jawa Timur.

Populasi dan Sampel

Populasi dalam penelitian ini adalah tanaman Ndusuk (*Melastoma malabathricum* L.) yang tumbuh di Desa Bangka Tonggur, Kecamatan Lelak, Kabupaten Manggarai, Nusa Tenggara Timur. Sampel penelitian berupa daun ndusuk (*Melastoma malabathricum* L.) yang berasal dari Desa Bangka Tonggur, Kecamatan Lelak, Kabupaten Manggarai, Nusa Tenggara Timur. Sampel memenuhi kriteria inklusi, yaitu daun dalam kondisi segar, hijau, utuh, serta bebas dari kebusukan dan kontaminasi. Pengambilan dilakukan pada pagi hari pukul 08.00–09.00 WITA dengan pemotongan manual menggunakan parang bersih. Teknik pengambilan sampel yang digunakan adalah *purposive sampling*, yaitu pemilihan secara sengaja berdasarkan tujuan penelitian dengan tetap memperhatikan kesesuaian terhadap kriteria inklusi yang ditetapkan.

Kriteria Inklusi dan Eksklusi

Kriteria inklusi merupakan persyaratan yang harus dipenuhi oleh sampel daun ndusuk agar dapat digunakan dalam penelitian ini, yaitu:

1. Tanaman ndusuk (*Melastoma malabathricum* L.) yang berasal di desa Bangka Tonggur, Kecamatan Lelak, Kabupaten Manggarai, Nusa Tenggara Timur.

2. Daun Ndusuk berasal dari tanaman yang sehat, ditandai dengan kondisi batang dan daun yang kokoh, tidak layu, serta tidak menunjukkan gejala serangan hama atau penyakit, seperti bercak daun, lubang, atau perubahan warna yang tidak normal.
3. Daun Ndusuk dalam kondisi segar dan utuh, yaitu tidak robek, tidak berlubang, serta tidak mengalami kerusakan fisik lainnya.
4. Daun yang diambil adalah daun ke-3 dari pucuk dan seterusnya, guna menjamin keseragaman sampel daun.

Kriteria Eksklusi

Kriteria eksklusi merupakan kondisi yang menyebabkan sampel daun ndusuk tidak dapat digunakan dalam penelitian ini, meliputi:

1. Daun Ndusuk yang berasal dari tanaman yang tidak sehat, terserang hama, atau menunjukkan gejala penyakit.
2. Daun Ndusuk yang masih sangat muda dengan warna hijau muda dan tekstur lunak, serta daun yang telah terlalu tua yang ditandai dengan warna menguning, kering, atau mendekati gugur.
3. Daun Ndusuk yang tidak utuh, seperti mengalami kerusakan mekanis (robek atau berlubang), terkontaminasi tanah, atau tercemar kotoran hewan.

Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi gelas ukur, spatula, panci *stainless steel*, kompor, neraca analitik, kertas saring, kertas label, termometer, dan instrumen GC-MS yang digunakan adalah Thermo Scientific TRACE 1610 dengan detektor spektrometri massa kuadropol tunggal ISQ 7610 (Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA, USA), kolom kapiler TG-5MS dengan panjang 30 m, diameter dalam 0,25 mm, dan ketebalan film 0,25 μm (Thermo Fisher Scientific) dengan gas pembawa helium. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain daun ndusuk (*Melastoma malabathricum* L.) yang diperoleh dari Kabupaten Manggarai, Nusa Tenggara Timur, daging babi, air, n-heksana dan metanol.

Cara kerja

Penyiapan *Simplisia*

Daun ndusuk (*Melastoma malabathricum* L.) segar dikumpulkan dari Kabupaten

Manggarai dengan memilih daun yang tidak terlalu tua maupun terlalu muda. Sampel kemudian disortasi basah untuk memisahkan tangkai, kotoran, serta daun yang rusak atau berpenyakit. Selanjutnya, daun dikeringkan dengan cara diangin-anginkan di tempat teduh hingga mencapai kadar air sekitar $\pm 10\%$, yang ditandai dengan warna daun menjadi cokelat dan tekstur garing.

Proses Perebusan

Daun ndusuk kering direbus bersama 100 g daging dalam 2,5 L air pada suhu 100°C selama 30 menit. Konsentrasi daun divariasikan menjadi 6%, 8%, 10%, 12%, dan 14% (15 g, 20 g, 25 g, 30 g, dan 35 g). Variasi konsentrasi digunakan untuk menentukan perlakuan terbaik berdasarkan tampilan lemak setelah pemasakan, yang selanjutnya dianalisis menggunakan GC-MS.

Metabolite Profiling (GC-MS)

Profil metabolit dianalisis menggunakan GC-MS Thermo Scientific TRACE 1610 yang dipadukan dengan detektor ISQ 7610 dan kolom TG-5MS (30 m $\times$ 0,25 mm $\times$ 0,25 μm). Analisis menggunakan gas pembawa helium (0,600 mL/menit), suhu inlet 250°C , mode split 1:10, dengan program suhu kolom bertahap dari 50°C hingga 300°C selama total 60 menit. Parameter spektrometri massa meliputi ionisasi EI 70 eV, suhu sumber ion 230°C , suhu transfer line 250°C , dan rentang massa m/z 50–600 amu. Metanol dan *n*-heksana digunakan sebagai pelarut pencuci.⁴¹

Analisis data

Identifikasi Data

Data penelitian berupa data primer hasil analisis GC-MS terhadap ekstrak daun Ndusuk (*Melastoma malabathricum* L.) asal Kabupaten Manggarai yang diproses melalui dua perlakuan, yaitu perebusan tanpa dan bersama daging babi. Identifikasi senyawa dilakukan menggunakan *NIST Mass Spectral Library* dengan nilai *similarity index* $\geq 80\%$, sehingga identifikasi bersifat tentatif karena tidak dikonfirmasi menggunakan standar autentik. Data yang diperoleh berupa *Total Ion Chromatogram* (TIC), spektrum massa, serta persentase luas area puncak (*relative peak area*) sebagai dasar penyusunan profil metabolit.

Jenis Pengolahan Data

Data dianalisis secara deskriptif menggunakan perangkat lunak GC-MS dan basis data NIST. Profil metabolit dibandingkan berdasarkan jenis dan golongan senyawa yang teridentifikasi serta persentase luas area relatif senyawa utama pada kedua perlakuan (tanpa dan bersama daging babi). Hasil analisis disajikan dalam bentuk tabel komparatif dan *Total Ion Chromatogram* (TIC).

Hasil dan Pembahasan

Pengambilan sampel, determinasi, dan simplisia

Daun Ndusuk (*Melastoma malabathricum* L.) diperoleh dari Desa Bangka Tonggur, Kecamatan Lelak, Kabupaten Manggarai, Nusa Tenggara Timur. Sampel dipilih dalam kondisi sehat, kemudian dideterminasi di Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) Cibinong dan dikonfirmasi sebagai *Melastoma malabathricum* L. dari famili Melastomataceae. Daun selanjutnya disortasi, dikeringanginkan selama tujuh hari hingga kadar air menurun, kemudian disimpan dalam wadah tertutup sebelum proses ekstraksi. Dari 1,32 kg daun segar diperoleh 0,36 kg simplisia dengan rendemen 27,27%.

Ekstraksi Menggunakan Metode Perebusan (Dekokta)

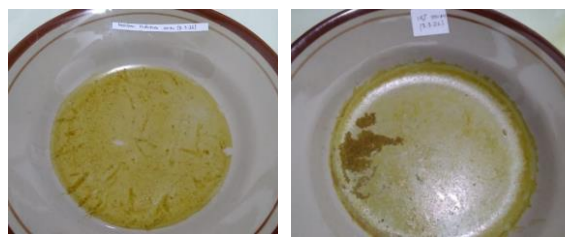
Simplisia daun Ndusuk diekstraksi menggunakan metode perebusan (dekokta). Metode ini dipilih karena sesuai dengan praktik tradisional masyarakat Manggarai yang merebus daun Ndusuk bersama daging babi, serta memiliki keunggulan berupa prosedur yang sederhana, biaya rendah, dan penggunaan air sebagai pelarut yang aman serta ramah lingkungan.

Hasil pengamatan organoleptik menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi daun Ndusuk diikuti oleh berkurangnya lapisan lemak pada permukaan ekstrak dan meningkatnya kejernihan filtrat (Tabel 1). Perlakuan konsentrasi 14% menghasilkan lapisan lemak paling sedikit dan kejernihan terbaik di antara seluruh perlakuan yang menggunakan daging, sehingga dipilih untuk analisis lebih lanjut menggunakan GC-MS. Sementara itu, ekstrak kontrol tanpa daging digunakan sebagai pembanding untuk

menggambarkan profil metabolit daun Ndusuk tanpa pengaruh komponen daging.

Tabel 1. Organoleptik Hasil Ekstraksi Daun Ndusuk

Perlakuan	Lemak di Permukaan	Kejernihan
Kontrol daun ndusuk	Tidak ada	Jernih
Sampel daun ndusuk 6%	Banyak	Keruh
Sampel daun ndusuk 8%	Banyak	Keruh
Sampel daun ndusuk 10%	Cukup banyak	Agak keruh
Sampel daun ndusuk 12%	Sedikit	Agak Keruh
Sampel daun ndusuk 14%	Sangat Sedikit	Agak jernih



Gambar 1. Ekstrak Kering Kontrol Daun Ndusuk dan Sampel Daun Ndusuk 14%

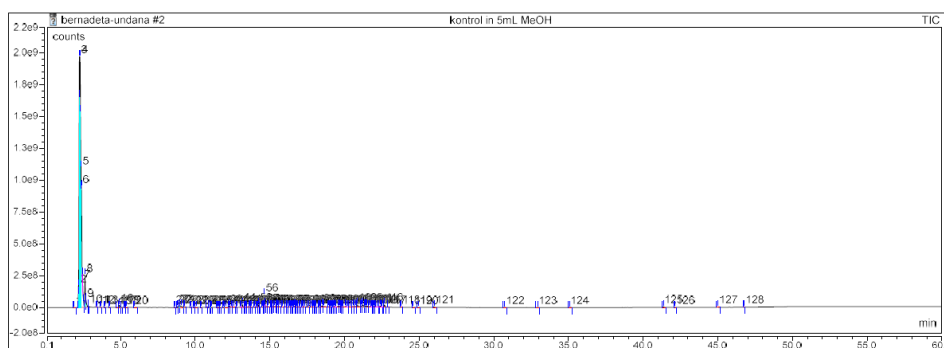
Sebanyak 50 mL filtrat dari masing-masing sampel dikeringkan secara alami pada suhu ruang hingga seluruh pelarut menguap. Pengeringan dilakukan untuk memperoleh ekstrak kering yang lebih stabil selama penyimpanan dan sesuai untuk analisis GC-MS. Setelah kering, ekstrak dikerok, dimasukkan ke dalam vial, kemudian ditimbang. Ekstrak kontrol menghasilkan residu berwarna kuning kecokelatan dengan bobot 220 mg, sedangkan ekstrak daun Ndusuk 14% menghasilkan residu berwarna serupa dengan bobot 590 mg (Gambar 1). Bobot ekstrak yang lebih tinggi pada perlakuan 14% menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi simplisia meningkatkan jumlah padatan terlarut yang terekstraksi selama proses dekokta, sehingga lebih banyak senyawa metabolit yang diperoleh untuk analisis GC-MS.

Profil Metabolit Ekstrak Kontrol Daun Ndusuk Menggunakan GC-MS

Analisis GC-MS dilakukan menggunakan sistem *Thermo Scientific TRACE 1610-ISQ*

7610 dengan kolom TG-5MS (30 m × 0,25 mm × 0,25 µm), gas pembawa helium (0,600 mL/menit), suhu inlet 250 °C (split 1:10), program suhu kolom 50–300 °C selama 60

menit, serta detektor EI 70 eV pada rentang *m/z* 50–600. Total ion chromatogram (TIC) ekstrak kontrol disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. TIC Ekstrak Kontrol Daun Ndsuk

Berdasarkan kromatogram, terdeteksi 128 puncak yang terdiri atas 126 puncak teridentifikasi dan dua puncak *unknown*. Sebanyak sembilan puncak (puncak 2–10) merupakan senyawa blanko berupa *n*-heksana dan alkana rantai pendek sehingga dieliminasi dari analisis. Setelah eliminasi blanko diperoleh 118 metabolit yang berasal dari daun Ndsuk.

Senyawa dengan persentase luas area relatif tertinggi adalah melezitose (24 puncak; total 1,88%), diikuti 5-hidroksimetilfurfural (5-HMF) (1,31%) dan gliserol (0,80%). Selain itu, terdeteksi D-manosa, D-alosa, DDMP, estragol, 3-furaldehida, 5-metilfurfural, serta beberapa senyawa fenolik yang hanya ditemukan pada ekstrak kontrol (Tabel 2).

Tabel 2. Senyawa yang Teridentifikasi dalam Ekstrak Kontrol Daun Ndsuk

No	Nama Senyawa	Luas Area Relatif (%)	Rumus Molekul	Golongan Senyawa
1	Melezitose	1,88	C ₁₈ H ₃₂ O ₁₆	Karbohidrat (trisakarida)
2	5-Hydroxymethylfurfural	1,31	C ₆ H ₆ O ₃	Furan
3	Glycerin	0,80	C ₃ H ₈ O ₃	Poliol
4	D-Mannose	0,37	C ₆ H ₁₂ O ₆	Monosakarida
		0,01		
		0,05		
5	D-Allose	0,27	C ₆ H ₁₂ O ₆	Monosakarida
6	4H-Pyran-4-one, 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl- (DDMP)	0,27	C ₆ H ₈ O ₄	Piranon
7	Estragole	0,25	C ₁₀ H ₁₂ O	Fenilpropanoid
8	3-Furaldehyde	0,23	C ₅ H ₄ O ₂	Furan
9	2-Furancarboxaldehyde, 5-methyl- (5-Metilfurfural)	0,15	C ₆ H ₆ O ₂	Furan
10	N-Carbobenzyloxy-L-tyrosyl-L-valine	0,04	C ₂₂ H ₂₆ N ₂ O ₆	Fenolik
11	5-(3-Hydroxypropyl)-2,3-dimethoxyphenol	0,04	C ₁₁ H ₁₆ O ₄	Fenolik
12	3-Ethenylphenol	0,02	C ₈ H ₈ O	Fenolik

Keterangan: pada melezitose hanya puncak dengan di atas 0,10% yang ditampilkan; persentase luas area relatif total berasal dari 24 puncak yang terdeteksi

Secara keseluruhan, golongan karbohidrat mendominasi ekstrak kontrol (3,19%), terutama melezitose, diikuti D-manosa, D-alosa, L-glukosa, L-ramnosa, dan maltosa. Golongan

furan mencapai 6,24% dengan 5-HMF sebagai komponen utama (1,31%), sedangkan lipid dan terpenoid sebesar 2,74%, asam lemak bebas 2,02%, serta fenolik dan fenilpropanoid sebesar

1,17%. Dominasi metabolit polar tersebut konsisten dengan karakteristik ekstraksi menggunakan metode dekokta, karena air panas lebih efektif melarutkan karbohidrat, poliol, dan metabolit hidrofilik dibandingkan senyawa semi-polar maupun nonpolar.

Profil metabolit yang diperoleh berbeda dengan ekstrak metanol maupun etanol *Melastoma malabathricum* yang dilaporkan Nath dan Thakur (2024) serta Sophiya *et al.*, (2021), yang didominasi oleh squalene, β -sitosterol, stigmasterol, asam palmitat, asam oleat, dan berbagai terpenoid. Perbedaan tersebut terutama dipengaruhi oleh polaritas pelarut dan metode ekstraksi. Air memiliki afinitas lebih tinggi terhadap senyawa polar, sedangkan metanol dan etanol mampu mengekstraksi metabolit semi-polar hingga nonpolar, termasuk sterol, triterpenoid, dan lipid. Selain itu, pendekatan metabolomik berbasis LC-MS yang dilakukan Lestari *et al.* (2024) menunjukkan bahwa daun *M. malabathricum* juga kaya akan flavonoid, ellagitannin, dan polifenol kompleks yang bersifat kurang volatil sehingga tidak seluruhnya dapat terdeteksi menggunakan GC-MS tanpa proses derivatisasi. Dengan demikian, profil metabolit pada penelitian ini lebih merepresentasikan fraksi metabolit volatil dan semi-volatil dibandingkan keseluruhan metabolom daun.

Keberadaan 5-HMF, 5-metilfurfural, furfural, dan DDMP menunjukkan bahwa selama proses dekokta kemungkinan terjadi transformasi termal karbohidrat. Senyawa-senyawa tersebut diketahui terbentuk melalui dehidrasi gula pereduksi maupun tahap awal reaksi Maillard selama pemanasan bahan pangan. Reaksi Maillard berperan penting dalam pembentukan senyawa volatil, aroma, dan warna, sedangkan senyawa fenolik dilaporkan mampu memodulasi jalannya reaksi tersebut melalui kemampuan menangkap radikal bebas maupun senyawa karbonil reaktif sehingga memengaruhi pembentukan produk antara dan produk akhir, termasuk 5-HMF (Han *et al.*, 2024). Meskipun demikian, penelitian ini hanya menganalisis profil metabolit menggunakan GC-MS sehingga keberadaan senyawa-senyawa tersebut belum dapat digunakan untuk menjelaskan intensitas maupun kinetika reaksi Maillard secara langsung.

Dominasi melezitose sebagai trisakarida utama mengindikasikan bahwa sebagian karbohidrat kompleks masih relatif stabil selama proses dekokta. Sebaliknya, D-manosa dan D-alosa hanya terdeteksi dalam jumlah rendah (0,43% dan 0,27%), yang diduga berkaitan dengan konversi sebagian monosakarida menjadi turunan furan, seperti furfural dan 5-HMF, selama pemanasan. Pola tersebut sejalan dengan berbagai penelitian pangan yang melaporkan bahwa peningkatan senyawa furan selama pemanasan umumnya diikuti oleh penurunan kadar gula pereduksi akibat reaksi dehidrasi maupun Maillard (Han *et al.*, 2024). Namun demikian, perubahan tersebut masih merupakan interpretasi berdasarkan profil metabolit akhir karena penelitian ini tidak mengevaluasi perubahan konsentrasi gula selama proses pemanasan.

Gliserol yang terdeteksi sebesar 0,80% kemungkinan berasal dari metabolisme alami jaringan daun maupun hasil hidrolisis parsial lipid membran selama proses dekokta. Akan tetapi, penelitian ini tidak menganalisis kandungan lipid total maupun degradasi fosfolipid sehingga sumber gliserol tidak dapat dipastikan secara langsung. Oleh karena itu, keterkaitan gliserol dengan hidrolisis lipid masih bersifat hipotesis dan memerlukan verifikasi menggunakan analisis lipidomik atau pendekatan metabolomik yang lebih spesifik.

Senyawa fenolik yang teridentifikasi, yaitu *N-carbobenzoyloxy-L-tyrosyl-L-valine*, 5-(3-hydroxypropyl)-2,3-dimethoxyphenol, dan 3-ethenylphenol, hanya ditemukan dalam persentase luas area relatif yang rendah. Kondisi tersebut tidak serta-merta menunjukkan bahwa kandungan fenolik daun *Ndusuk* rendah, melainkan lebih mencerminkan keterbatasan metode GC-MS dalam mendeteksi polifenol berbobot molekul tinggi atau senyawa dengan volatilitas rendah. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa daun *M. malabathricum* mengandung flavonoid, ellagitannin, tanin terhidrolisis, dan berbagai polifenol kompleks yang lebih tepat dianalisis menggunakan LC-MS/MS dibandingkan GC-MS konvensional (Lestari *et al.*, 2024; Tiwari *et al.*, 2023).

Selain itu, identifikasi senyawa pada penelitian ini masih bersifat tentatif karena didasarkan pada pencocokan spektrum massa terhadap pustaka NIST dengan *similarity index*

≥80%. Oleh karena itu, identitas metabolit yang dilaporkan masih memerlukan konfirmasi menggunakan standar autentik maupun analisis metabolomik berbasis LC-MS/MS atau GC-MS target. Meskipun demikian, profil metabolit yang diperoleh telah memberikan gambaran awal mengenai komposisi metabolit volatil ekstrak dekokta daun Ndusuk yang relevan untuk memahami perubahan kimia pada tahap perebusan tradisional sebelum penambahan daging babi.

Senyawa Eksklusif Kontrol Daun Ndusuk

Analisis GC-MS menunjukkan sepuluh senyawa yang hanya terdeteksi pada ekstrak kontrol, yaitu N-karbobenziloksi-L-tirosil-L-valin, 3-etenilfenol, 5-(3-hidroksipropil)-2,3-dimetoksifenol, estragol, 5-hidroksimetilfurfural (5-HMF), 3-furaldehida, 5-metilfurfural, 4H-piran-4-on-2,3-dihidro-3,5-dihidroksi-6-metil (DDMP), D-manosa, dan D-alosa. Hilangnya senyawa-senyawa tersebut pada ekstrak yang direbus bersama daging babi mengindikasikan adanya transformasi kimia serta interaksi dengan komponen lipid dan protein selama proses dekokta.

Golongan Fenolik

Fenolik yang hanya terdeteksi pada kontrol, yaitu N-karbobenziloksi-L-tirosil-L-valin (0,04%), 3-etenilfenol (0,02%), dan 5-(3-hidroksipropil)-2,3-dimetoksifenol (0,04%), juga dilaporkan terdapat pada *Melastoma malabathricum*, meskipun komposisinya berbeda akibat variasi pelarut dan metode ekstraksi (Kartina *et al.*, 2019; Nath & Thakur, 2024). Hilangnya senyawa tersebut pada sampel diduga disebabkan oleh interaksi dengan protein dan lipid daging serta aktivitas antioksidannya yang menyebabkan oksidasi atau pembentukan kompleks sehingga tidak lagi terdeteksi sebagai senyawa bebas pada GC-MS (Zhang *et al.*, 2024).

Golongan Furan

Senyawa 5-HMF (1,31%), 3-furaldehida (0,23%), dan 5-metilfurfural (0,15%) hanya ditemukan pada kontrol. Ketiganya merupakan produk degradasi gula melalui reaksi Maillard dan karamelisasi selama pemanasan (Kartina *et al.*, 2019). Ketidakhadirannya pada sampel diduga karena gugus aldehidanya bereaksi

dengan gugus amino dan tiol protein daging membentuk basa Schiff atau produk adisi Michael, sehingga tidak lagi terdeteksi sebagai senyawa bebas (Anantharamkrishnan *et al.*, 2020; Ou *et al.*, 2020).

Golongan Piranon

DDMP (0,27%) hanya terdeteksi pada kontrol dan merupakan produk reaksi Maillard yang terbentuk selama pemanasan (Kartina *et al.*, 2019; Nath & Thakur, 2024). Pada sampel, DDMP diduga mengalami degradasi akibat bereaksi dengan radikal bebas yang dihasilkan selama oksidasi lipid. Senyawa ini diketahui memiliki aktivitas antioksidan tinggi sehingga mudah teroksidasi menjadi produk sekunder yang tidak lagi terdeteksi dengan GC-MS (Chen *et al.*, 2021; Bao *et al.*, 2020).

Golongan Fenilpropanoid

Estragol (0,25%) hanya ditemukan pada kontrol. Senyawa ini bersifat hidrofobik ($\log K_{ow}$ 3,47), sehingga selama perebusan cenderung berpartisi ke fase lemak yang dilepaskan dari jaringan adiposa babi. Distribusi ke fase lipid menyebabkan konsentrasi estragol pada fraksi air menurun hingga tidak lagi terdeteksi pada analisis GC-MS, sesuai karakteristik senyawa volatil hidrofobik dalam sistem pangan berlemak (Nishimura *et al.*, 2024).

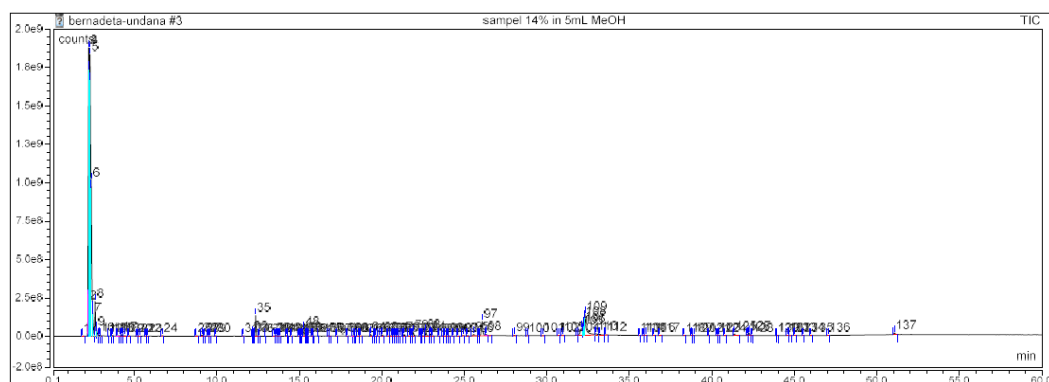
Profil Metabolit Ekstrak Sampel Daun Ndusuk 14% Menggunakan GC-MS

Analisis GC-MS dilakukan menggunakan sistem Thermo Scientific TRACE 1610-ISQ 7610 dengan kolom kapiler TG-5MS (30 m × 0,25 mm × 0,25 μm). Gas pembawa helium dialirkan pada laju 0,600 mL/menit dengan suhu inlet 250 °C dan mode split 1:10. Suhu kolom diprogram dari 50 °C hingga 300 °C secara bertahap dengan total waktu analisis 60 menit. Deteksi massa menggunakan ionisasi elektron (EI) 70 eV pada rentang m/z 50–600, dengan suhu sumber ion 230 °C dan suhu transfer line 250 °C. Berdasarkan kondisi tersebut, diperoleh kromatogram total ion (*total ion chromatogram* / TIC) dari masing-masing perlakuan yang disajikan pada Gambar 3.

Berdasarkan Gambar TIC, ekstrak sampel daun Ndusuk 14% menunjukkan 137 puncak. Sebanyak 135 senyawa berhasil diidentifikasi, sedangkan 2 puncak sisanya merupakan senyawa

tidak diketahui (*unknown*). Sembilan puncak pada rentang Puncak 2 hingga Puncak 10 merupakan puncak blanko, meliputi n-heksana serta alkana rantai pendek (pentana, heptana,

sikloheksana, metilsiklopentana). Puncak-puncak tersebut berasal dari pelarut dan sistem, bukan dari metabolit tanaman, sehingga dikeluarkan dari analisis lanjutan.



Gambar 3. TIC Ekstrak Sampel Daun Ndusuk 14%

Setelah eliminasi blanko, diperoleh 126 puncak senyawa metabolit yang berasal dari ekstrak sampel daun Ndusuk 14% dengan daging babi. Adapun daftar lengkap 126 puncak senyawa hasil interpretasi kromatogram disajikan pada Lampiran 11. Tiga senyawa dengan persentase luas area relatif tertinggi adalah asam *cis*-vaksenat (Puncak 107, RT 32,313 menit; 4,09%), asam n-heksadekanoat (Puncak 95, RT

26,082 menit; 2,04%), dan asam oleat (total tiga puncak: Puncak 104, 105, 106; 1,89%). Selain ketiga senyawa dominan tersebut, sejumlah senyawa lain yang menjadi hanya muncul pada ekstrak sampel disajikan pada Tabel 4.3. Senyawa-senyawa ini mencakup golongan asam lemak, aldehida rantai panjang, dan sterol yang akan dibahas lebih lanjut.

Tabel 3. Senyawa yang Teridentifikasi dalam Ekstrak Sampel Daun Ndusuk 14%

No	Nama Senyawa	Luas Area Relatif (%)	Rumus Molekul	Golongan Senyawa
1	<i>cis</i> -Vaccenic acid	4,09	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	MUFA
2	n-Hexadecanoic acid	2,04	C ₁₆ H ₃₂ O ₂	SFA
3	Oleic Acid	1,89	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	MUFA
4	9,12-Octadecadienoic acid (Z,Z)-	1,51	C ₁₈ H ₃₂ O ₂	PUFA
5	Nonanal	1,12	C ₉ H ₁₈ O	Aldehida alifatik
6	Nonanoic acid	0,51	C ₉ H ₁₈ O ₂	SFA
7	Tetradecanoic acid	0,28	C ₁₄ H ₂₈ O ₂	SFA
8	trans-9-Octadecenoic acid, pentyl ester	0,26	C ₂₃ H ₄₄ O ₂	Asam lemak trans (ester)
9	(E)-Hexadec-9-enoic acid	0,25	C ₁₆ H ₃₀ O ₂	MUFA
10	trans-13-Octadecenoic acid	0,23	C ₁₈ H ₃₄ O ₂	Asam lemak trans
11	Cholesterol	0,19	C ₂₇ H ₄₆ O	Sterol
12	4-Nonenal, (E)-	0,14	C ₉ H ₁₆ O	Aldehida alifatik
13	Hexanal	0,11	C ₆ H ₁₂ O	Aldehida alifatik
14	9-Hexadecenoic acid	0,07	C ₁₆ H ₃₀ O ₂	MUFA
15	Hexadecanoic acid, hexyl ester		C ₂₂ H ₄₄ O ₂	Ester asam lemak
16	Heptanal		C ₇ H ₁₄ O	Aldehida alifatik
17	Octanal	0,04	C ₈ H ₁₆ O	Aldehida alifatik

Keterangan: SFA = Saturated Fatty Acid; MUFA = Monounsaturated Fatty Acid; PUFA = Polyunsaturated Fatty Acid

Selain senyawa-senyawa spesifik yang tercantum pada Tabel 3, analisis keseluruhan 126

puncak senyawa yang teridentifikasi pada ekstrak sampel menunjukkan distribusi golongan

metabolit sebagai berikut. Komposisi ekstrak sampel secara nyata didominasi oleh lipid dan senyawa turunannya, dengan asam lemak sebagai fraksi utama. Asam lemak tak jenuh tunggal (MUFA) menempati porsi terbesar, yaitu 6,41%, yang terutama berasal dari asam *cis*-vaksenat (4,09%), asam oleat (1,89%), serta dua isomer asam palmitoleat (masing-masing 0,25% dan 0,04%). Golongan asam lemak jenuh (SFA) mencakup 3,19% dari total komposisi dan didominasi oleh asam palmitat (2,04%), diikuti oleh asam tetradekanoat (0,28%), asam nonanoat (0,51%), dan asam dodekanoat (0,11%). Asam lemak tak jenuh ganda (PUFA) diwakili oleh asam linoleat dengan persentase luas area relatif 1,51%, sedangkan asam lemak trans yang terdiri dari asam trans-13-oktadecenoat (0,36%) dan trans-9-oktadecenoat pentil ester (0,29%) tercatat sebesar 0,65%.

Golongan aldehida volatil yang terbentuk melalui oksidasi lipid tercatat sebesar 1,46%, dengan nonanal sebagai komponen paling dominan (1,12%), diikuti oleh (E)-4-nonenal (0,14%), heksanal (0,11%), heptanal (0,05%), dan oktanal (0,04%). Sterol diwakili oleh kolesterol (0,19%), sedangkan ester dan monogliserida hadir dalam total 0,79%, meliputi sn-2-monopalmitat (0,31%), isopropil palmitat (0,08%), dan glisidil palmitoleat (0,07%). Senyawa epoksi, terutama Z-(13,14-epoksi) tetradecenol asetat (0,37%), turut melengkapi fraksi lipid yang terekstrak.

Berbanding terbalik dengan ekstrak kontrol yang hanya mengandung lipid dalam jumlah terbatas (total asam lemak dan lipid sekitar 4,76%) serta didominasi oleh karbohidrat dan produk termalnya, ekstrak sampel justru memperlihatkan lonjakan lipid hingga sekitar 14,57%. Sebaliknya, golongan karbohidrat menyusut drastis menjadi hanya sekitar 0,06%, berupa sisa melezitosa dan monosakarida dalam jumlah sangat kecil. Sementara itu, golongan furan, piranon, fenolik, dan fenilpropanoid yang sebelumnya terdeteksi pada kontrol tidak lagi ditemukan pada ekstrak sampel karena telah bereaksi atau terikat dalam matriks selama perebusan.

Senyawa Eksklusif Sampel Daun Ndusuk 14%

Ekstrak sampel memperlihatkan kemunculan eksklusif asam tetradekanoat

(C14:0; 0,28%) dan asam nonanoat (C9:0; 0,51%). Asam tetradekanoat merupakan salah satu asam lemak jenuh yang umum ditemukan pada jaringan adiposa babi (Cho *et al.*, 2025; Duan *et al.*, 2024). Oleh karena itu, kemunculannya pada ekstrak sampel diduga berkaitan dengan masuknya komponen lipid daging ke dalam media perebusan. Sebaliknya, asam nonanoat lebih sering dilaporkan sebagai produk degradasi oksidatif asam lemak tidak jenuh selama pemanasan pangan. Kehadirannya pada ekstrak sampel mengindikasikan kemungkinan telah terjadi transformasi lipid selama perebusan, meskipun penelitian ini tidak mengukur produk oksidasi lipid seperti hidroperoksida, bilangan peroksida, maupun TBARS sehingga mekanisme tersebut belum dapat dipastikan secara langsung (Fu *et al.*, 2022).

Asam Lemak Jenuh (SFA)

Ekstrak sampel memperlihatkan kemunculan eksklusif asam tetradekanoat (C14:0; 0,28%) dan asam nonanoat (C9:0; 0,51%). Asam tetradekanoat merupakan salah satu asam lemak jenuh yang umum ditemukan pada jaringan adiposa babi (Cho *et al.*, 2025; Duan *et al.*, 2024). Oleh karena itu, kemunculannya pada ekstrak sampel diduga berkaitan dengan masuknya komponen lipid daging ke dalam media perebusan. Sebaliknya, asam nonanoat lebih sering dilaporkan sebagai produk degradasi oksidatif asam lemak tidak jenuh selama pemanasan pangan. Kehadirannya pada ekstrak sampel mengindikasikan kemungkinan telah terjadi transformasi lipid selama perebusan, meskipun penelitian ini tidak mengukur produk oksidasi lipid seperti hidroperoksida, bilangan peroksida, maupun TBARS sehingga mekanisme tersebut belum dapat dipastikan secara langsung (Fu *et al.*, 2022).

Asam Lemak Tak Jenuh Tunggal (MUFA)

Ekstrak sampel menunjukkan kemunculan tiga Asam oleat (C18:1 n-9) dengan luas area relatif total 1,89% serta dua isomer asam palmitoleat hanya terdeteksi pada ekstrak sampel. Ketiga senyawa tersebut merupakan komponen utama lipid daging babi yang secara konsisten dilaporkan sebagai penyusun dominan trigliserida dan fosfolipid jaringan hewan (Cho *et*

al., 2025; Duan *et al.*, 2024). Kemunculannya pada ekstrak sampel diduga mencerminkan kontribusi lipid daging ke dalam media perebusan. Namun demikian, berdasarkan data GC-MS tidak dapat dipastikan apakah peningkatan tersebut disebabkan oleh pelepasan lipid akibat hidrolisis, perubahan kelarutan selama pemanasan, atau kombinasi keduanya.

Asam Lemak Tak Jenuh Ganda (PUFA)

Asam linoleat (9,12-octadecadienoic acid; C18:2 n-6) hanya ditemukan pada ekstrak sampel dengan luas area relatif 1,51%. Senyawa ini merupakan salah satu PUFA utama pada daging babi (Cho *et al.*, 2025; Duan *et al.*, 2024). Karena PUFA memiliki dua ikatan rangkap, senyawa ini diketahui lebih rentan mengalami oksidasi dibandingkan MUFA maupun SFA selama proses pemasakan. Literatur menunjukkan bahwa oksidasi asam linoleat dapat menghasilkan berbagai aldehida volatil, termasuk heksanal, yang berkontribusi terhadap pembentukan aroma khas produk daging (Domínguez *et al.*, 2019). Akan tetapi, hubungan tersebut dalam penelitian ini masih bersifat inferensial karena produk oksidasi lipid tidak dianalisis secara kuantitatif.

Asam Lemak Trans

Asam linoleat (9,12-octadecadienoic acid; C18:2 n-6) hanya ditemukan pada ekstrak sampel dengan luas area relatif 1,51%. Senyawa ini merupakan salah satu PUFA utama pada daging babi (Cho *et al.*, 2025; Duan *et al.*, 2024). Karena PUFA memiliki dua ikatan rangkap, senyawa ini diketahui lebih rentan mengalami oksidasi dibandingkan MUFA maupun SFA selama proses pemasakan. Literatur menunjukkan bahwa oksidasi asam linoleat dapat menghasilkan berbagai aldehida volatil, termasuk heksanal, yang berkontribusi terhadap pembentukan aroma khas produk daging (Domínguez *et al.*, 2019). Akan tetapi, hubungan tersebut dalam penelitian ini masih bersifat inferensial karena produk oksidasi lipid tidak dianalisis secara kuantitatif.

Aldehida Alifatik

Lima aldehida alifatik, yaitu heksanal, heptanal, oktanal, nonanal, dan (*E*)-4-nonenal, hanya ditemukan pada ekstrak sampel. Aldehida

tersebut merupakan senyawa volatil yang banyak dilaporkan sebagai produk degradasi oksidatif asam lemak tidak jenuh selama pengolahan termal daging (Wang *et al.*, 2016; Fu *et al.*, 2022). Heksanal umumnya dikaitkan dengan oksidasi asam linoleat, sedangkan nonanal dan (*E*)-4-nonenal lebih sering dikaitkan dengan degradasi asam oleat. Oleh karena itu, kemunculan aldehida tersebut konsisten dengan kemungkinan terjadinya transformasi lipid selama perebusan. Namun, penelitian ini tidak mengukur tingkat oksidasi lipid sehingga keberadaan aldehida belum dapat digunakan sebagai bukti langsung bahwa oksidasi lipid berlangsung dengan intensitas tertentu.

Sterol – Kolesterol

Kolesterol (0,19%) hanya terdeteksi pada ekstrak sampel dan tidak ditemukan pada ekstrak kontrol. Sebagai sterol utama membran sel hewan, kolesterol memang merupakan penanda khas bahan pangan asal hewani dan secara alami tidak terdapat pada jaringan tumbuhan (Cho *et al.*, 2025). Oleh karena itu, kemunculan kolesterol pada ekstrak sampel mengindikasikan adanya kontribusi komponen daging babi ke dalam media perebusan. Namun demikian, karena penelitian ini menggunakan pendekatan metabolomik non-target, hasil tersebut belum dapat digunakan untuk menentukan jumlah kolesterol yang berpindah dari daging ke ekstrak maupun perubahan kandungannya selama proses pemasakan.

Secara keseluruhan, kemunculan empat belas senyawa eksklusif pada ekstrak sampel menunjukkan bahwa perebusan daun Ndujuk bersama daging babi menghasilkan perubahan komposisi metabolit yang tidak dijumpai pada ekstrak daun saja. Perubahan tersebut kemungkinan dipengaruhi oleh kombinasi migrasi komponen lipid dari daging, degradasi termal, oksidasi lipid, dan transformasi senyawa selama pemasakan. Akan tetapi, karena penelitian ini hanya menggunakan pendekatan GC-MS eksploratif, mekanisme tersebut masih bersifat hipotesis yang didasarkan pada karakteristik metabolit dan literatur. Penelitian lanjutan menggunakan analisis lipid target, pengukuran produk oksidasi lipid (misalnya TBARS dan bilangan peroksida), serta metabolomik berbasis LC-MS/MS diperlukan untuk mengonfirmasi mekanisme pembentukan

metabolit tersebut secara lebih komprehensif.

Senyawa yang Ada pada Kedua Perlakuan dan Mengalami Perubahan

Hasil analisis GC-MS menunjukkan bahwa sejumlah senyawa mengalami peningkatan/penurunan persentase luas area relatif yang signifikan antara ekstrak kontrol dan ekstrak sampel. Perubahan ini mencerminkan

dua proses utama yang berlangsung secara bersamaan selama perebusan, yaitu kontribusi senyawa baru yang berasal dari lipid daging babi yang mengalami hidrolisis dan oksidasi termal, serta konsumsi senyawa asal daun Nduduk sebagai substrat dalam reaksi Maillard yang dipicu oleh kehadiran protein daging babi pada suhu tinggi.

Tabel 4. Perbandingan Senyawa Teridentifikasi pada Ekstrak Kontrol dan Sampel

Nama Senyawa	Kontrol (%)	Sampel (%)	Δ (%) Sampel – Kontrol	Status
Asam Lemak Tak Jenuh Tunggal (MUFA)				
<i>cis</i> -Vaccenic acid (C18:1 n-7)	0,02	4,09	↑ +4,07	Meningkat
Z-8-Methyl-9-tetradecenoic acid	0,04	0,01	↓ -0,03	Menurun
Asam Lemak Jenuh (SFA)				
n-Hexadecanoic acid (C16:0)	0,12	2,04	↑ +1,92	Meningkat
Dodecanoic acid (C12:0)	0,08	0,11	↑ +0,03	Meningkat
Dodecanoic acid, 3-hydroxy-	0,02	0,06	↑ +0,04	Meningkat
Lipid / Ester Lemak				
Z-(13,14-Epoxy)tetradecenol acetate	0,01	0,37	↑ +0,36	Meningkat
Monogliserida				
Hexadecanoic acid, 2-hydroxy-1-(hydroxymethyl)ethyl ester	0,14	0,31	↑ +0,17	Meningkat
Karbohidrat				
Melezitose	2,86	0,06	↓ -2,80	Menurun
Poliol				
Glycerin	0,80	0,07	↓ -0,73	Menurun

Catatan: Untuk senyawa dengan lebih dari satu puncak, total persentase luas area relatif dijumlahkan. Meningkatkan = hadir di ke dua kelompok, sampel lebih tinggi Menurun = hadir di kedua kelompok, sampel lebih rendah.

Asam Lemak Tak Jenuh Tunggal (MUFA)

Asam *cis*-vaccenic acid (C18:1 n-7) mengalami peningkatan persentase luas area relatif dari 0,02% pada ekstrak kontrol menjadi 4,09% pada ekstrak sampel (Δ +4,07%). Peningkatan ini diduga berkaitan dengan kontribusi lipid daging babi selama proses perebusan karena *cis*-vaccenic acid merupakan salah satu asam lemak tidak jenuh utama yang secara alami terdapat pada jaringan mamalia, termasuk daging babi (Cho *et al.*, 2025; Duan *et al.*, 2024). Selama pemanasan, trigliserida dan fosfolipid dapat mengalami hidrolisis sehingga meningkatkan keberadaan asam lemak bebas dalam matriks rebusan (Fu *et al.*, 2022). Namun demikian, penelitian ini tidak mengukur kadar lipid total maupun laju hidrolisis, sehingga peningkatan *cis*-vaccenic acid hanya menunjukkan adanya perubahan profil metabolit yang konsisten dengan kemungkinan kontribusi lipid daging babi selama perebusan.

Sebaliknya, Z-8-methyl-9-tetradecenoic acid menurun dari 0,04% menjadi 0,01%. Penurunan ini diduga disebabkan oleh stabilitas termal yang lebih rendah atau transformasi senyawa selama proses pemanasan. Asam lemak tak jenuh diketahui lebih rentan mengalami oksidasi dibandingkan asam lemak jenuh sehingga komposisinya dapat berubah selama pemasakan (Domínguez *et al.*, 2019). Akan tetapi, penelitian ini tidak mengevaluasi produk oksidasi lipid sehingga mekanisme tersebut masih bersifat hipotesis.

Asam Lemak Jenuh (SFA)

Asam palmitat meningkat dari 0,12% menjadi 2,04%, sedangkan asam laurat meningkat dari 0,08% menjadi 0,11%. Peningkatan kedua senyawa tersebut menunjukkan bahwa ekstrak sampel mengandung proporsi asam lemak jenuh yang lebih tinggi dibandingkan ekstrak kontrol.

Kondisi ini diduga berkaitan dengan masuknya komponen lipid dari daging babi ke dalam media perebusan, mengingat asam palmitat merupakan salah satu asam lemak utama pada jaringan babi (Cho *et al.*, 2025; Duan *et al.*, 2024). Namun demikian, karena penelitian ini menggunakan persentase luas area relatif GC-MS, perubahan tersebut tidak dapat diinterpretasikan sebagai peningkatan kadar absolut asam lemak.

Asam 3-hidroksidodekanoat juga meningkat dari 0,02% menjadi 0,06%. Senyawa ini dalam berbagai penelitian dilaporkan dapat terbentuk melalui transformasi oksidatif asam lemak selama pemanasan (Domínguez *et al.*, 2019). Meskipun demikian, penelitian ini tidak mengukur hidropersida maupun produk oksidasi lipid lainnya sehingga keberadaan senyawa tersebut hanya dapat digunakan sebagai indikasi adanya kemungkinan transformasi kimia selama perebusan.

Ester Lipid (Epoksi)

Z-(13,14-Epoxy) tetradecenol acetate meningkat dari 0,01% menjadi 0,37%. Senyawa epoksi umumnya dilaporkan sebagai produk transformasi asam lemak tak jenuh selama proses oksidasi termal (Domínguez *et al.*, 2019). Oleh karena itu, peningkatan senyawa ini diduga berkaitan dengan perubahan lipid yang terjadi selama perebusan daging babi. Namun demikian, penelitian ini tidak mengevaluasi indikator oksidasi lipid seperti peroxide value, TBARS, atau malondialdehid sehingga hubungan tersebut belum dapat dipastikan secara langsung.

Monogliserida

Hexadecanoic acid, 2-hydroxy-1-(hydroxymethyl) ethyl ester meningkat dari 0,14% menjadi 0,31%. Monogliserida diketahui merupakan produk antara hidrolisis trigliserida pada berbagai sistem pangan yang dipanaskan (Fu *et al.*, 2022). Oleh karena itu, peningkatan senyawa ini diduga berkaitan dengan perubahan lipid selama perebusan. Namun demikian, karena penelitian ini hanya menganalisis profil metabolit menggunakan GC-MS, keberadaan monogliserida belum dapat digunakan untuk membuktikan bahwa proses lipolisis berlangsung secara langsung.

Karbohidrat

Melezitosa mengalami penurunan paling

besar, yaitu dari 2,86% menjadi 0,06% ($\Delta -2,80\%$). Penurunan tersebut kemungkinan disebabkan oleh kombinasi beberapa mekanisme. Pertama, pemanasan dapat menyebabkan degradasi atau transformasi karbohidrat kompleks menjadi senyawa dengan bobot molekul lebih rendah, termasuk turunan furan seperti 5-HMF. Kedua, keberadaan protein daging babi memungkinkan berlangsungnya reaksi Maillard sehingga gula hasil degradasi karbohidrat berpotensi menjadi prekursor pembentukan produk Maillard (Han *et al.*, 2024). Ketiga, masuknya metabolit dari daging babi juga dapat mengubah proporsi relatif metabolit sehingga persentase luas area melezitosa menjadi lebih rendah. Karena penelitian ini tidak mengukur produk Maillard maupun kadar gula secara kuantitatif, mekanisme tersebut masih merupakan interpretasi yang didukung oleh literatur.

Poliol

Gliserol menurun dari 0,80% menjadi 0,07%. Penurunan tersebut diduga berkaitan dengan transformasi kimia selama pemanasan maupun perubahan proporsi metabolit akibat bertambahnya komponen yang berasal dari daging babi. Dalam sistem pangan yang dipanaskan, gliserol dapat mengalami oksidasi menjadi senyawa karbonil yang selanjutnya berpotensi berpartisipasi dalam reaksi Maillard (Han *et al.*, 2024). Namun demikian, penelitian ini tidak mengidentifikasi gliseraldehid maupun produk turunannya sehingga keterlibatan gliserol dalam reaksi tersebut belum dapat dipastikan. Oleh karena itu, perubahan gliserol pada penelitian ini lebih tepat diinterpretasikan sebagai perubahan profil metabolit yang kemungkinan dipengaruhi oleh transformasi termal dan perubahan komposisi matriks selama perebusan.

Secara keseluruhan, perubahan metabolit yang diamati menunjukkan bahwa perebusan daun Ndusuk bersama daging babi menghasilkan perubahan komposisi metabolit yang kemungkinan dipengaruhi oleh kombinasi migrasi senyawa dari daging ke media perebusan, degradasi termal metabolit daun, transformasi lipid, serta reaksi Maillard. Namun demikian, karena penelitian ini hanya menggunakan pendekatan GC-MS non-target, mekanisme tersebut masih bersifat inferensial.

Penelitian lanjutan menggunakan analisis lipid terarah, pengukuran produk oksidasi lipid (TBARS, peroxide value), aktivitas antioksidan, serta metabolomik berbasis LC-MS/MS diperlukan untuk mengonfirmasi mekanisme perubahan metabolit tersebut. Dengan demikian, hasil penelitian ini lebih tepat dipandang sebagai dasar metabolomik yang mendukung pemahaman ilmiah terhadap praktik tradisional masyarakat Manggarai dalam penggunaan daun Ndusuk pada masakan babi, tanpa secara langsung membuktikan mekanisme biokimia yang mendasarinya.

Implikasi dan Potensi Pengembangan Daun Ndusuk

Perbedaan jumlah senyawa antara ekstrak kontrol (118 senyawa) dan sampel yang direbus bersama daging babi (126 senyawa) menunjukkan bahwa proses perebusan memodifikasi profil metabolit daun Ndusuk. Perubahan ini diduga dipengaruhi oleh degradasi termal, oksidasi, hidrolisis lipid, serta transformasi kimia selama pemanasan. Hilangnya sepuluh senyawa khas kontrol dan munculnya empat belas senyawa baru berkorelasi dengan perbaikan mutu sensoris, terutama berkurangnya lapisan lemak dan meningkatnya kejernihan air rebusan.

Pengamatan organoleptik menunjukkan bahwa peningkatan konsentrasi daun Ndusuk secara bertahap memperbaiki tampilan rebusan. Pada konsentrasi 6–8%, lapisan lemak masih banyak dan kuah sangat keruh, sedangkan pada konsentrasi 10–12% jumlah lemak mulai berkurang. Perlakuan 14% menghasilkan lapisan lemak yang sangat sedikit dan kuah menjadi lebih jernih. Sementara itu, kontrol tanpa daging menghasilkan rebusan paling jernih tanpa lapisan lemak. Hasil ini mendukung praktik tradisional masyarakat Manggarai yang menggunakan daun Ndusuk dalam jumlah relatif tinggi saat memasak daging babi.

Analisis GC-MS menunjukkan bahwa daun Ndusuk tidak mengurangi kandungan lemak secara kuantitatif karena asam lemak, kolesterol, dan aldehida volatil tetap terdeteksi pada ekstrak sampel. Perbaikan tampilan diduga terjadi melalui tiga mekanisme. Pertama, senyawa fenolik dan DDMP bertindak sebagai antioksidan yang menghambat oksidasi lipid sehingga pembentukan aldehida penyebab aroma

tengik berkurang (Bao *et al.*, 2020; Chen *et al.*, 2021). Kedua, senyawa fenolik berinteraksi dengan lipid dan protein membentuk kompleks fenolik–protein yang tetap berkontribusi terhadap stabilitas lipid meskipun tidak lagi terdeteksi sebagai senyawa bebas pada analisis GC-MS (Zhang *et al.*, 2024). Ketiga, gula pereduksi daun berpartisipasi dalam reaksi Maillard sehingga menghasilkan senyawa aroma yang menyeimbangkan persepsi lemak dan meningkatkan karakter sensoris masakan (Kato *et al.*, 2022; Uceda *et al.*, 2024). Ketiga mekanisme tersebut diduga bekerja secara sinergis dan paling optimal pada konsentrasi daun 14%.

Temuan ini didukung oleh penelitian Suharyanto *et al.*, (2020) Suharyanto *et al.*, (2022); Suharyanto *et al.*, (2025) yang menunjukkan bahwa ekstrak maupun bubuk *Melastoma malabathricum* mampu meningkatkan aktivitas antioksidan, menekan oksidasi lipid, serta memperbaiki kualitas fisik produk daging dengan efektivitas yang sebanding dengan BHT sintetis (Suharyanto *et al.*, 2020; Suharyanto *et al.*, 2022; Suharyanto *et al.*, 2025). Hasil tersebut memperkuat potensi daun Ndusuk sebagai bahan tambahan pangan alami untuk meningkatkan mutu produk olahan daging.

Profil metabolit yang diperoleh juga membuka peluang pengembangan daun Ndusuk sebagai sumber antioksidan alami, pengawet pangan, maupun bahan tambahan masakan fungsional yang berbasis kearifan lokal *Ute Saung Ndusuk*. Namun, penelitian ini masih bersifat eksploratif dan hanya mengidentifikasi metabolit secara tentatif menggunakan GC-MS. Oleh karena itu, mekanisme yang diusulkan masih memerlukan konfirmasi melalui identifikasi menggunakan standar autentik, analisis kuantitatif, uji aktivitas biologis, serta uji toksisitas dan penelitian praklinis sebelum dapat dikembangkan menjadi produk pangan fungsional atau fitofarmaka. Selain itu, karakterisasi metabolit ini menjadi dasar bagi penelitian lanjutan mengenai pengaruh agroklimat khas Manggarai terhadap variasi senyawa bioaktif daun Ndusuk serta pengembangan pemanfaatannya secara berkelanjutan.

Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini terbatas pada analisis profil metabolit hasil perebusan daun Ndusuk dengan dan tanpa daging babi menggunakan metode GC-MS, sehingga hasil yang diperoleh hanya menunjukkan perbedaan komposisi senyawa yang terdeteksi pada masing-masing perlakuan. Perubahan keberadaan maupun kelimpahan senyawa yang diamati belum dapat menjelaskan secara pasti mekanisme interaksi yang terjadi selama proses perebusan. Penelitian ini belum mengukur kadar lemak, aktivitas antioksidan, maupun mengidentifikasi senyawa menggunakan standar autentik. Selain itu, penelitian ini belum melakukan pengujian aktivitas biologis terhadap senyawa yang teridentifikasi, sehingga potensi peran senyawa tersebut dalam mendukung pemanfaatan tradisional daun Ndusuk masih memerlukan penelitian lanjutan.

Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa perebusan daun Ndusuk (*Melastoma malabathricum* L.) bersama daging babi memodifikasi profil metabolit dibandingkan perebusan daun tanpa daging. Analisis GC-MS mengidentifikasi 118 senyawa pada ekstrak kontrol dan 126 senyawa pada ekstrak sampel. Ekstrak kontrol didominasi oleh golongan karbohidrat, furan, fenolik, fenilpropanoid, dan DDMP, dengan sepuluh senyawa yang hanya ditemukan pada kontrol. Sebaliknya, ekstrak sampel didominasi oleh golongan lipid, terutama monounsaturated fatty acids (MUFA), saturated fatty acids (SFA), dan polyunsaturated fatty acids (PUFA), serta memiliki empat belas senyawa eksklusif berupa asam lemak, aldehida volatil, dan kolesterol. Perubahan utama ditandai oleh peningkatan cis-vaksenat (+4,07%) dan asam palmitat (+1,92%), serta penurunan melezitosa (-2,80%) dan gliserol (-0,73%).

Perubahan profil metabolit tersebut mengindikasikan terjadinya hidrolisis lipid, oksidasi termal, interaksi senyawa fenolik dengan lipid dan protein, serta reaksi Maillard selama proses perebusan. Meskipun identifikasi senyawa masih bersifat tentatif karena didasarkan pada analisis GC-MS tanpa standar autentik, hasil penelitian ini memberikan dasar ilmiah yang mendukung praktik kearifan lokal

Ute Saung Ndusuk dan menunjukkan potensi daun Ndusuk sebagai bahan tambahan pangan alami untuk meningkatkan kualitas sensoris olahan daging. Penelitian lanjutan menggunakan standar autentik, analisis kuantitatif, dan uji aktivitas biologis diperlukan untuk mengonfirmasi mekanisme yang diusulkan.

Ucapan Terima Kasih

Terima kasih kepada Program Studi Farmasi, Fakultas Kedokteran dan Kedokteran Hewan, Universitas Nusa Cendana yang telah membantu dan memfasilitasi penelitian ini sehingga dapat diselesaikan dengan baik.

Referensi

- Alina, A. R., Nurul Farah Sakinah, A., Shazamawati, Z. H., Thema Juhana, M. J., Siti Mashitoh, A., Ummi Syuhada, H. S., Nurul Mawaddah, A. H., & Nurulhuda, S. (2012). Effect of grilling and roasting on formation of Cholesterol Oxidation Products (COPs) in chicken and mutton. *World Applied Sciences Journal*, 17(SPL.ISS1), 21–24.
- Anantharamkrishnan, V., Hoye, T., & Reineccius, G. A. (2020). Covalent Adduct Formation between Flavor Compounds of Various Functional Group Classes and the Model Protein β -Lactoglobulin. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68(23), 6395–6402.
<https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c01925>
- Andi Wijaya, & Noviana. (2022). Penetapan Kadar Air Simplisia Daun Kemangi (*Ocimum Basilicum* L.) Berdasarkan Perbedaan Metode Pengeringan. *Jurnal Riset Kefarmasian Indonesia: Vol.4 (2)* (Vol. 4, Issue 2). *Jurnal Riset Kefarmasian Indonesia*, 4(2), 2022.
- Bao, Y., Zhu, Y., Ren, X., Zhang, Y., Peng, Z., & Zhou, G. (2020). Formation and inhibition of lipid alkyl radicals in roasted meat. *Foods*, 9(5), 1–9.
<https://doi.org/10.3390/foods9050572>
- Chen, Z., Liu, Q., Zhao, Z., Bai, B., Sun, Z., Cai, L., Fu, Y., Ma, Y., Wang, Q., & Xi, G. (2021). Effect of hydroxyl on antioxidant properties of 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-

- methyl-4: H -pyran-4-one to scavenge free radicals. *RSC Advances*, 11(55), 34456–34461. <https://doi.org/10.1039/d1ra06317k>
- Cho, E. J., Kim, H. C., & Lee, J. H. (2025). Comparative analysis of lipid profiles in different pork cuts before and after boiling. *Food Science and Preservation*, 32(2), 190–204. <https://doi.org/10.11002/fsp.2025.32.2.190>
- Delvion, E. B. S., Mada, G. S., Dethan, N. K. F., & Tefa, A. Y. (2021). Pendampingan Penerapan Teknologi Jaringan Irigasi Tetes Pada Kelompok Tani Mutis Cemerlang Desa Noepesu Kecamatan Miomaffo Barat. *Jurnal Pasopati*, 3(4), 202–208.
- Dinas Kesehatan Provinsi Aceh. (2023). Profil kesehatan Aceh 2023. In *Kementrian Kesehatan Republik Indonesia*.
- Domínguez, R., Pateiro, M., Gagaoua, M., Barba, F. J., Zhang, W., & Lorenzo, J. M. (2019). A comprehensive review on lipid oxidation in meat and meat products. *Antioxidants*, 8(10), 1–31. <https://doi.org/10.3390/antiox8100429>
- Duan, S., Tian, Z., Zheng, X., Tang, X., Li, W., & Huang, X. (2024). Characterization of flavour components and identification of lipid flavour precursors in different cuts of pork by phospholipidomics. *Food Chemistry*, 458, 1–35. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2024.139422>
- Fu, Y., Cao, S., Yang, L., & Li, Z. (2022). Flavor formation based on lipid in meat and meat products: A review. *Journal of Food Biochemistry*, 46(12), 1–20. <https://doi.org/10.1111/jfbc.14439>
- Han, D., Zhang, C. H., & Fauconnier, M. L. (2021). Effect of seasoning addition on volatile composition and sensory properties of stewed pork. *Foods*, 10(1), 1–30. <https://doi.org/10.3390/foods10010083>
- Hermalena, L., & Salihat, R. A. (2018). Analisis Senyawa Kimia Padang Bakso Ikan Tetelan Merah Tuna Dengan Penambahan Jamur Tiram Putih (*Pleurotus ostreatus*) Dengan Metode GC-MS. *Menara Ilmu*, 12(79), 124–127.
- Hikmat, M., Hati, D. P., Pratamaningsih, M. M., & Sukarman, S. (2023). Kajian Lahan Kering Berproduktivitas Tinggi di Nusa Tenggara untuk Pengembangan Pertanian. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 16(2), 119. <https://doi.org/10.21082/jSDL.v16n2.2022.119-133>
- Irnowati, Ruslin, Susilowati, P. E., & Zaeni, A. (2021). Autentikasi halal: aplikasi spektroskopi FTIR kombinasi kemometrika untuk analisis lemak babi dalam campuran biner dengan lemak sapi. *Indonesian Journal of Chemometrics and Pharmaceutical Analysis*, 1(2), 102–109.
- Iswandono, E., Kurniawan, M., & Tengko, P. Ch. P. (2018). *Tumbuhan Obat Orang Manggarai Sekitar Taman Wisata Alam Ruteng*.
- Iswandono, E., Zuhud, M. E. A., Hikmat, A., & Kosmaryandi, N. (2015). The Ethnobotany Knowledge of Manggarai Tribe and the Implication Utilization of Forest Plants in The Mountains of Ruteng. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 20(3), 171–181. <https://doi.org/10.18343/jipi.20.3.171>
- Kang, S., Gang, G., & Go, G. woong. (2024). Ambivalence towards pork belly: exploring its significance and contradictions from the perspectives of the food industry and nutritional science. *Food Science and Biotechnology*, 33(1), 23–31. <https://doi.org/10.1007/s10068-023-01429-4>
- Karonen, M. (2022). Insights into Polyphenol–Lipid Interactions: Chemical Methods, Molecular Aspects and Their Effects on Membrane Structures. *Plants*, 11(14). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/plants11141809>
- Kartina, Agang, M. W., & Adiwena, M. (2019). Karakterisasi Kandungan Fitokimia Estrak Daun Karamunting (*Melastoma malabathricum* L.) Menggunakan Metode Gas Chromatography Mass Spectrometry (GC-MS). *Biota : Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*, 4(1), 16–23. <https://doi.org/10.24002/biota.v4i1.2363>
- Kato, K., Shinohara, Y., Nakayoshi, T., Kurimoto, E., Oda, A., & Ishikawa, Y. (2022). Computational quantitation of the aldehyde forms of aldohexoses and disaccharides composed of D-glucose: Predictions of their reactivities in the Maillard reaction. *Computational and Theoretical Chemistry*, 1209, 1–27.

- <https://doi.org/10.1016/j.comptc.2022.113605>
- Kementrian Kesehatan RI. (2018). *Profil Penanggulangan Krisis Kesehatan Kabupaten / Kota Rawan Bencana Kabupaten Manggarai*.
- Lingga, S. M., Rosa, Y., & Suryasin. (2025). Pengaruh Tempat Tumbuh Terhadap Kandungan Metabolit Sekunder Tanaman Daun Sungkai (*Parenema canescens* Jack). *Jurnal Kesehatan : Jurnal Ilmiah Multi Sciences*, XV(1), 72–80.
- Liu, P., Li, Y., Gao, L., Zhou, X., Ma, P., & Wang, Q. (2020). Effect of different carbohydrates on the functional properties of black rice glutelin (BRG) modified by the maillard reaction. *Journal of Cereal Science*, 93(January), 102979. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2020.102979>
- Nath, P., & Thakur, R. (2024). GC-MS based metabolite profile, assessment of in vitro antioxidant and anticoagulant properties of *Melastoma malabathricum* L. extracts. *Journal of Bioresources*, 12(1)(September), 15–24. <https://doi.org/Doi:https://doi.org/10.5281/zenodo.14800455>
- Nishimura, T., Yamaguchi, C., Miyazaki, K., & Chikaraishi, R. (2024). The Role of Lipids in Enhancing the Koku Perception of Pork Sausage. *Journal of Oleo Science*, 73(4), 503–508. <https://doi.org/10.5650/jos.ess23220>
- Nurhayati, F., & Wijayanti, E. (2023). Inventarisasi Tumbuhan Survival Di Lereng Gunung Ungaran Kawasan. *Jurnal Pecinta Alam Dan Lingkungan*, 1(1), 1–10.
- Ou, J., Zheng, J., Huang, J., Ho, C. T., & Ou, S. (2020). Interaction of Acrylamide, Acrolein, and 5-Hydroxymethylfurfural with Amino Acids and DNA. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 68(18), 5039–5048. <https://doi.org/10.1021/acs.jafc.0c01345>
- Riskesdas 2018. (2018). Laporan Nasional Riskesdas 2018. In *Laporan Nasional Riskesdas 2018* (Vol. 44, Number 8).
- Sophiya, P., Kirankumar, B., Lohith, N. S., Ali, F., Sathisha, A. D., & Dharmappa, K. K. (2021). GC-MS Analysis, Adme Toxicity and in silico Studies Of Some Isolated Compounds From *Melastoma malabathricum* Leaves Against SPLA2 Inhibition. *Applied Biological Research*, 23(1), 26–36. <https://doi.org/10.5958/0974-4517.2021.00004.5>
- Suharyanto, Nuraini, H., Suryati, T., Arief, I. I., & Sajuthi, D. (2022). Antioxidant, Antimicrobial and Physicochemical Properties of Beef Sausages Enriched with an Aqueous Extract of Senduduk (*Melastoma malabathricum* L.) Leaf. *International Journal of Food Studies*, 11(2), 320–334. <https://doi.org/10.7455/ijfs/11.2.2022.a6>
- Suharyanto, S., Nuraini, H., Suryati, T., Arief, I. I., & Sajuthi, D. (2020). Aqueous Leaf Extract of Senduduk (*Melastoma malabathricum* L.) Could Improve the Physicochemical Properties of Beef Sausage Dough. *Jurnal Ilmu Dan Teknologi Hasil Ternak*, 15(2), 86–96. <https://doi.org/10.21776/ub.jitek.2020.015.02.4>
- Suharyanto, S., Warnoto, W., Banjarnahor, T. L., Timoti, I., & Hajrawati, H. (2025). Improving beef meatball properties by adding senduduk (*Melastoma malabathricum* L.) leaf powder. *International Journal of Agricultural Technology*, 21(1), 299–316.
- Wiriansya, E. P., & Indarwati, R. P. (2023). Pengaruh Terapi Bekam Terhadap Kadar Kolesterol Total Pada Pasien Hiperkolesterolemia di Klinik Hamdalah Makassar. *Fakumi Medical Journal: Jurnal Mahasiswa Kedokteran*, 3(8), 563–572. <https://doi.org/10.33096/fmj.v3i8.295>
- Uceda, A. B., Mariño, L., Casasnovas, R., & Adrover, M. (2024). An overview on glycation: molecular mechanisms, impact on proteins, pathogenesis, and inhibition. *Biophysical Reviews*, 16(2), 189–218. <https://doi.org/10.1007/s12551-024-01188-4>
- Upadhyay, R., Patel, K., & Upadhyay, D. U. (2023). A Review Article on Advancements in GC-MS. *International Journal of Pharmaceutical Research and Applications*, 8(2), 54. <https://doi.org/10.35629/7781-08025459>
- Wang, R. H., Jiang, W. Z., Wang, Q., Chen, J. C., Ye, X. Q., & Liu, D. H. (2016). Effects of different cooking methods on lipid

- oxidation and volatile compound profile of pork. *Modern Food Science and Technology*, 32(1). <https://doi.org/10.13982/j.mfst.1673-9078.2016.1.028>
- Zhang, K., Huang, J., Wang, D., Wan, X., & Wang, Y. (2024). Covalent polyphenols-proteins interactions in food processing: formation mechanisms, quantification methods, bioactive effects, and applications. *Frontiers in Nutrition*, 11(March), 1–15. <https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1371401>
- Zhou, X., Guan, Q., Wang, Y., Lin, D., & Du, B. (2022). Effect of Different Cooking Methods on Nutrients, Antioxidant Activities and Flavors of Three Varieties of *Lentinus edodes*. *Foods*, 11(17). <https://doi.org/https://doi.org/10.3390/foods11172713>